

INSTITUT INTERNATIONAL DE RECHERCHES BETTERAVIÈRES
INTERNATIONAL INSTITUTE FOR BEET RESEARCH
INTERNATIONALES INSTITUT FÜR RÜBENFORSCHUNG

PROCEEDINGS OF PAPERS
COMPTE RENDU DES COMMUNICATIONS
TAGUNGSBEITRÄGE

73RD CONGRESS
14-15 FEBRUARY 2012
BRUSSELS, B

73^E CONGRÈS
14-15 FÉVRIER 2012
BRUXELLES, B

73. KONGRESS
14.-15. FEBRUAR 2012
BRÜSSEL, B

CONTENTS – CONTENU – INHALTSVERZEICHNIS

ORAL CONTRIBUTIONS – CONTRIBUTIONS ORALES – VORTRÄGE.....	1
SESSION 1: OPENING SESSION – SESSION INAUGURALE – ERÖFFNUNGSSITZUNG ..	1
Joao Pacheco	1
The CAP and the long-term sustainability of the sugar beet sector in the EU	
AC et la durabilité à long-terme du secteur sucrier de l'UE	
Die GAP und die langfristige Sicherung der Nachhaltigkeit des Zuckersektors in der EU	
Niels Pörksen	3
Sustainability – an integrated part of the beet sugar industry from customer to grower	
Durabilité – pour l'industrie sucrière partie intégrante de la relation entre client et producteur	
Nachhaltigkeit als integraler Bestandteil der Zuckerindustrie zwischen Kunde und Anbauer	
Olaf Christen.....	5
Sustainable sugar beet production between science and politics	
Production durable de betteraves sucrières prise entre la science et la politique	
Nachhaltige Zuckerrübenproduktion zwischen Wissenschaft und Politik	
Hubert Boizard.....	7
Sustainability of cultivation of sugar beet: current state and perspectives	
La betterave, facteur de durabilité des systèmes de grande culture du Nord de la France	
Nachhaltigkeit des Anbaus von Zuckerrüben: Ist-Zustand und Perspektiven	
SESSION 3: PRODUCTION AND SUSTAINABILITY – PRODUCTION ET DURABILITE –	
PRODUKTION UND NACHHALTIGKEIT	9
Keith W. Jaggard <i>et al.</i>.....	9
The yield gap in some sugar beet producing countries	
L'écart de rendement dans les pays producteurs de betterave sucrière	
Die Kluft zwischen dem potenziellen und dem tatsächlichen Ertrag (yield gap) in einigen Zuckerrüben anbauenden Ländern	
Björn Windfäll.....	15
Internet goes social – new possibilities for grower communication that can contribute to a sustainable development	
Internet goes social – de nouvelles voies de communication avec les agriculteurs pouvant contribuer à un développement durable	
Internet goes social – neue Kommunikationswege mit Landwirten als Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung	
SESSION 4: HARVEST AND STORAGE – RECOLTE ET STOCKAGE –	
ERNTE UND LAGERUNG	21
Guy Legrand, André Wauters	21
New experiments on long term storage of sugar beets: effect of different storage temperatures according to the thermal time and effect of the harvesting time according to different varieties	
Nouvelles expérimentations sur le stockage à long terme des betteraves sucrières : Effet de différentes températures de stockage selon le temps thermique et effet de la date d'arrachage selon différentes variétés	
Neue Versuche zu Langzeitlagerung von Zuckerrüben: Einfluss unterschiedlicher Lagerungstemperatur auf die Temperatursumme und Einfluss des Erntezeitpunktes bei unterschiedlichen Sorten	

SESSION 5: OPEN SESSION – SESSION OUVERTE – OFFENE SEKTION	29
Elma Raaijmakers.....	29
Sustainable methods to control <i>Heterodera betae</i>	
Méthodes durables pour contrôler <i>Heterodera betae</i>	
Nachhaltige Methoden zur Kontrolle von <i>Heterodera betae</i>	
Rémy Duval.....	37
Evaluation of pure and associated legumes cover-crops as a Nitrogen source for the following crop	
Légumineuses comme plantes de couverture en période d'interculture: Une source d'azote pour la culture de betterave	
Die Bedeutung des Anbaus von Leguminosenzwischenfrüchten in Rein- und Mischkultur als Stickstoffquelle für die Folgefrucht	
SESSION 6: INTEGRATED PEST MANAGEMENT – LUTTE INTEGREE – INTEGRIERTER PFLANZENSCHUTZ	54
Franco Cioni <i>et al.</i>	54
A new Integrated Pest Management (IPM) model for cercospora leaf spot of sugar beets in the Po river valley	
Un nouveau modèle de maîtrise intégrée de la maladie (IPM) pour la cercosporiose de la betterave à sucre dans la Vallée du Pô	
Ein neues Integriertes Pflanzenschutz (IPS)-Modell zur Cercospora-Blattfleckenkrankheit an Zuckerrüben in der Poebene	
SESSION 2: POSTER SESSION	65
1.1 Bert Smit, Kees de Bont.....	65
Effects of a new sugar regime reform on triple-P aspects of sugar (beet) production in different parts of the world	
Effets d'un nouveau régime du marché sucrier sur les aspects triple-P, dans différentes régions du monde	
Die Auswirkungen einer neuen Zuckermarktordnung auf Triple-P-Aspekte der Zucker(rüben)-produktion in verschiedenen Regionen der Welt	
1.4 Aiming Qi, Keith Jaggard.....	73
Sugar beet yield in England under an extreme climate change scenario	
Le rendement de la betterave sucrière en Angleterre selon un scénario de changement climatique extrême	
Zuckerrübenenertrag in England unter dem Szenario eines extremen Klimawandels	
1.5 Pascal Kremer <i>et al.</i>	81
Possible impacts of the climate change on the sugar beet crop yields in Rhenish Hesse and the Palatinate	
L'influence potentielle du changement climatique sur le rendement de betteraves sucrières en Hesse Rhénane et du Palatinat	
Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Zuckerrübenenerträge in Rheinhessen und der Pfalz	
1.7 Michel Cariolle, Amelie Viard.....	95
'NO GAS': Measurements and modelling of N ₂ O in main crops under French conditions	
"NO GAS": mesures et modélisation du N ₂ O en grandes cultures dans les conditions françaises	
"NO GAS": Messungen und Modellierung von N ₂ O der Hauptfeldfrüchte unter französischen Bedingungen	
2.1 Bruno Richard	99
How sustainability is taken in account in French official trials for variety registration	
Prise en compte de la durabilité dans les essais officiels pour l'homologation des variétés en France	
Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in den offiziellen französischen Sortenversuchen	

3.7 Fred Fürstenfeld <i>et al.</i>	110
Evaluation of nitrogen from intercrops for sugar beets Evaluation de l'azote issu de l'interculture pour la betterave à sucre Die Bewertung von Stickstoff aus Zwischenfrüchten für die Zuckerrübe	
3.8 Thomas Appel <i>et al.</i>	116
Boron availability for sugar beets as related to boron fertilization, liming and the carbonate content of soils Disponibilité du bore pour la betterave à sucre selon l'apport de bore, le chaulage et la teneur en carbonate dans le sol Bor-Verfügbarkeit für die Zuckerrübe in Abhängigkeit von der Bor-Düngung, der Kalkung und dem Carbonatgehalt der Böden	
3.9 Herbert Eigner <i>et al.</i>	128
Organic soil matter as characteristic parameter of Austrian sugar beet areas La matière organique du sol comme donnée caractéristique des régions de culture de la betterave à sucre en Autriche Der Humusgehalt als charakteristisches Merkmal österreichischer Zuckerrübenanbauggebiete	
4.1 Friedrich Kempl <i>et al.</i>	132
Effects of Triazols and Strobilurins on the spreading of cercospora Influences de triazols et de strobilurins sur la propagation de la Cercosporiose Auswirkungen von Triazolen und Strobilurinen auf die Ausbreitung von Cercospora	
4.2 Gerhard Sigl <i>et al.</i>	137
Effects of different soil management systems on yield and quality of sugar beet in a long-term trial Essai à long terme examinant les influences de différents systèmes de gestion du sol sur le rendement et la qualité des betteraves sucrières Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf Zuckerrübenertrag und –qualität im Langzeitversuch	
4.7 Guy Legrand, André Wauters	141
Early sowing of sugar beets in Belgium: possibilities of application and yield response Semis précoces de betteraves en Belgique : Possibilités de réalisation et gain de rendement Frühaussaat von Zuckerrüben in Belgien: Anwendungsmöglichkeiten und Ertragsreaktion	
5.1 Guy Legrand	147
Sugar beet clamp covering in Belgium: possibilities of protection by heavy frost Bâchage de tas de betteraves en Belgique : possibilités de protection contre le gel intense Abdeckung von Zuckerrübenmieten in Belgien: Schutzmöglichkeiten bei starkem Frost	
5.2 Herbert Eigner <i>et al.</i>	154
Storability of different sugar beet varieties Stockage de variétés différentes de betteraves sucrières Lagerung verschiedener Zuckerrübensorten	
5.3 Zivko Curc <i>et al.</i>	157
Effect of interaction between harvest date and sugar beet varieties on root yield and sugar content L'effet de l'interaction entre la date de la récolte et la variété de betterave sucrière sur le rendement des betteraves et sur la teneur en sucre Einfluss der Interaktion von Erntezeitpunkt und Zuckerrübensorten auf Rübenertrag und Zuckergehalt	
5.4 Walter Hein	162
Comparison of models for the prediction of the technological beet quality Comparaison de modèles pour déterminer à l'avance la qualité technique de betteraves sucrières Vergleich von Modellen zur Vorhersage der technischen Qualität von Zuckerrüben	

6.9 Cédric Royer	167
Possibilities to reduce the use of chemical herbicides by using complementary mechanical tools in sugar beet crop	
Moyens de réduire l'emploi d'herbicides chimiques dans la culture de betteraves sucrières par un contrôle complémentaire mécanique, effectué par outils agricoles	
Möglichkeiten der Reduktion des Einsatzes chemischer Herbizide im Zuckerrübenanbau durch ergänzende mechanische Kontrolle	
6.10 Riza Kaya	173
Possibilities of reducing herbicide use in weed control of sugar beet	
Possibilité de réduction de l'emploi d'herbicides dans la lutte contre les adventices sur betteraves sucrières	
Möglichkeiten der Herbizidreduktion bei der Unkrautkontrolle im Zuckerrübenanbau	
7.4 Friedrich Kempl <i>et al.</i>	183
Organically grown beets? A growing segment in the Austrian sugar production	
Betteraves en culture biologique – un secteur économique en pleine croissance dans la production sucrière autrichienne	
Biorüben – ein expandierender Wirtschaftszweig in der österreichischen Zuckerproduktion	
7.6 Giovanni Campagna <i>et al.</i>	187
Monitoring Cercospora Leaf Spot in eastern Po Valley during 2011	
Monitoring de la cercosporiose (CLS) dans la Vallée du Pô orientale en 2011	
Monitoring der Cercospora-Blattfleckenkrankheit in der östlichen Po-Ebene im Jahr 2011	
7.15 Vera Stojšin <i>et al.</i>	195
Sugar beet root rot in Serbia	
Pourriture des racines sur betteraves sucrières en Serbie	
Wurzelfäule bei Zuckerrüben in Serbien	
8.1 Swenja Liesenfeld <i>et al.</i>	203
The significance of winter rape seed for the propagation of <i>Heterodera schachtii</i>	
L'importance du colza automnale pour la reproduction de <i>Heterodera schachtii</i>	
Die Bedeutung von Winterraps für die Vermehrung von <i>Heterodera schachtii</i>	
8.2 Ellen Hartmann <i>et al.</i>	210
Results and consequences of the nematode monitoring in southwestern Germany	
Résultats et conséquences du monitoring de nématodes dans le sud-ouest de l'Allemagne	
Ergebnisse und Konsequenzen des Nematoden-Monitorings in Südwestdeutschland	
8.3 Swenja Liesenfeld <i>et al.</i>	216
Nematode propagation in sugar beet varieties with varying resistance and tolerance	
Reproduction de nématodes sur des variétés de betteraves sucrières de résistance et tolérance différentes	
Nematodenvermehrung bei Zuckerrübensorten mit unterschiedlicher Resistenz und Toleranz	
8.6 Gerhard Sigl <i>et al.</i>	223
Are nematode tolerant varieties drought tolerant too?	
Les variétés résistantes aux nématodes le sont-elles également à la sécheresse ?	
Sind nematodentolerante Sorten auch tolerant gegenüber Trockenheit?	

ORAL CONTRIBUTIONS – CONTRIBUTIONS ORALES – VORTRÄGE

SESSION / SESSION / SITZUNG 1: OPENING SESSION – SESSION INAUGURALE – ERÖFFNUNGSSITZUNG

JOAO PACHECO

Deputy Director General, DG AGRI, rue de la Loi, 130-8/116, B – Brussels

THE CAP AND THE LONG-TERM SUSTAINABILITY OF THE SUGAR BEET SECTOR IN THE EU

ABSTRACT

The successive reforms of the CAP have aimed to underpin changes in EU agriculture towards more market orientation while improving its environmental impact. Over the years, farmers have shown a good deal of reactivity to these policy changes by increasingly basing their decisions on economic and agronomic considerations. While the sugar regime has somehow lagged behind in this process, the 2006 reform marked a fundamental milestone that led the sector to a deep restructuring process. As a result, the EU sugar sector today is smaller but considerably more competitive than in the past and the gap in production costs with other international suppliers has narrowed very substantially. The process is however not yet finished. In its recent proposals for a new CAP reform, the Commission has confirmed the termination of the sugar quota regime at the end of marketing year 2014/15. With extended outlets for sugar but also the emergence of new competing products, the EU sugar market is becoming more competitive and sophisticated than ever. Challenges and opportunities alike are waiting ahead in the way. In this context, research on sugar beet is meant to play an essential role in supporting the EU sugar sector in its stake to compete successfully in future both in the EU and the world market.

LA PAC ET LA DURABILITE A LONG-TERME DU SECTEUR SUCRIER DE L'UE

RESUME

Les réformes successives de la PAC ont pour but de soutenir l'agriculture de l'Union européenne dans son effort de s'orienter davantage vers le marché tout en améliorant son impact environnemental. Durant ces dernières années, les agriculteurs ont fait preuve d'une grande capacité de réaction à ces changements politiques en fondant leurs décisions progressivement sur une réflexion économique et agronomique. Bien que le régime sucrier ait été par moments un peu en retard dans ce processus, sa réforme de 2006 marque le tournant décisif à partir duquel tout le secteur est entré dans un processus de restructuration profonde. Comme conséquence, le secteur sucrier est plus petit, mais largement plus compétitif que dans le passé, et l'écart au niveau des coûts de production qui existait jusqu'à présent par rapport aux fournisseurs internationaux, s'est amoindri considérablement. Toutefois, ce processus n'est pas encore terminé. Récemment, dans ses propositions pour une nouvelle réforme de la PAC, la Commission a confirmé l'abolition du système de quotas sucriers pour la fin de l'année commerciale 2014/2015. Avec l'élargissement des débouchés pour le sucre, mais aussi avec l'émergence de produits concurrentiels nouveaux, le secteur sucrier de l'UE est plus compétitif et mieux développé que jamais. Il faut s'attendre à des défis autant qu'à des chances sur la route vers l'avenir. Dans ce contexte, la recherche dans le domaine des betteraves sucrières prend un rôle essentiel pour soutenir le marché sucrier de l'Union européenne et pour préserver ses intérêts à l'avenir aussi bien dans l'UE que sur le marché mondial.

DIE GAP UND DIE LANGFRISTIGE SICHERUNG DER NACHHALTIGKEIT DES ZUCKERSEKTORS IN DER EU

KURZFASSUNG

Die sukzessiven Reformen der GAP haben zum Ziel, die Landwirtschaft der EU bei ihrer Veränderung zu einer stärkeren Marktorientierung unter gleichzeitiger Verbesserung ihrer Umweltwirkungen zu unterstützen. In den letzten Jahren haben die Landwirte ein gutes Maß an Reaktionsfähigkeit auf diese politischen Veränderungen gezeigt, indem sie ihre Entscheidungen zunehmend auf ökonomische und agronomische Überlegungen basieren. Obwohl die Zuckermarktordnung in diesem Prozess zeitweilig etwas im Rückstand war, stellt die Reform der Zuckermarktordnung im Jahr 2006 einen entscheidenden Meilenstein dar und hat den Sektor in einen tiefgreifenden Restrukturierungsprozess geführt. In der Konsequenz ist der Zuckersektor heute kleiner, aber wesentlich konkurrenzstärker als in der Vergangenheit, und die Kluft, die bisher hinsichtlich der Produktionskosten im Vergleich zu anderen internationalen Zulieferern bestand, ist deutlich geringer geworden. Der Prozess ist jedoch noch nicht beendet. Die Kommission hat in ihren kürzlichen Vorschlägen für eine neue Reform der GAP die Abschaffung des Systems der Zuckerquoten zum Ende des Handelsjahres 1014/15 bestätigt. Mit den erweiterten Absatzmärkten für Zucker, aber auch dem Aufkommen neuer konkurrierender Produkte wird der EU-Zuckersektor konkurrenzfähiger und besser entwickelt als je zuvor. Herausforderungen wie Chancen sind auf dem Weg in die Zukunft zu erwarten. In diesem Zusammenhang kommt der Zuckerrübenforschung eine essentielle Rolle dabei zu, den EU-Zuckersektor bei seinem Ziel zu unterstützen, seine Interessen in Zukunft in der EU wie auch auf dem Weltmarkt erfolgreich wahrzunehmen.

NIELS PÖRKSEN

Nordzucker AG, Beet Procurement, Küchenstr. 9, D – 38100 Braunschweig

SUSTAINABILITY – AN INTEGRATED PART OF THE BEET SUGAR INDUSTRY FROM CUSTOMER TO GROWER

ABSTRACT

An introduction to the sustainability requirements from the sugar, feed and bio-energy markets and the challenge to integrate this in the ongoing product development, process efficiency and delivery of sugar beet. Key stakeholders in the supply chain are addressed – going from customers, local community, the employees – to the sugar beet grower's delivery of raw material. The environmental challenges are evident – lots have been improved already within the areas of energy, water use, pollution, various foot prints etc. but the pressure is continuously on to fulfill even more requirements. Research and innovation are key elements in reaching new and higher levels. The overall objective will be sustainable competitiveness to keep and secure an economically viable sugar and food sector in the future. The basis for this is very firm – in virtually no other agro-industrial sector is the co-operation between growers and industry as close as in the sugar sector. Examples of valuable improvements will be shown with emphasis on the biggest challenges to be overcome and what direction we anticipate for the future.

DURABILITE – POUR L'INDUSTRIE SUCRIERE PARTIE INTEGRANTE DE LA RELATION ENTRE CLIENT ET PRODUCTEUR

RESUME

En partant des marchés du sucre, des fourrages et de la bioénergie, cette contribution se veut une introduction aux critères de durabilité et elle présente le défi que constitue son intégration dans le développement continu des produits, dans l'efficacité des processus et dans le transport des betteraves sucrières. Elle s'adresse aux principales parties intéressées de la chaîne de livraison : clients, espace public, personnel employé – et jusqu'au cultivateur de betteraves sucrières en tant que fournisseur de la matière première. Les défis de la protection de l'environnement auxquels nous sommes confrontés, sont bien évidents. Mainte amélioration a été réalisée, p.e. dans les domaines de l'énergie, de l'utilisation de l'eau, de la pollution des eaux et en ce qui concerne diverses empreintes écologiques. Mais la pression persiste à satisfaire à des exigences supplémentaires. La recherche et les innovations sont les éléments-clés pour atteindre l'objectif principal : arriver à un niveau de durabilité nouveau et supérieur à la fois tout en développant une compétitivité durable qui, à l'avenir, assurera et sécurisera le maintien économique des secteurs sucrier et fourrager. Les bases pour une telle évolution sont très solides – dans aucun autre secteur de l'industrie agro-alimentaire le lien entre les producteurs et l'industrie est aussi étroit que dans le secteur sucrier. Dans le cadre de cet exposé sera montré, à titre d'exemple, quelles améliorations dans la création de plus-values ont déjà été réalisées, quels défis restent à être surmontés et quelles tendances sont prévisibles pour l'avenir.

NACHHALTIGKEIT ALS INTEGRALER BESTANDTEIL DER ZUCKERINDUSTRIE ZWISCHEN KUNDE UND ANBAUER

KURZFASSUNG

Dieser Beitrag gibt ausgehend von den Zucker-, Futtermittel- und Bioenergie-Märkten eine Einführung in Kriterien der Nachhaltigkeit und schildert die Herausforderung, diese Nachhaltigkeitskriterien in die laufende Produktentwicklung, Prozesseffizienz und Lieferung von Zuckerrüben zu integrieren. Angesprochen werden die wesentlichen Interessensvertreter der Lieferkette: Kunden, die Öffentlichkeit, Mitarbeiter – bis hin zum Zuckerrübenanbauer als dem Rohstofflieferanten. Die Herausforderungen, die sich uns im Umweltschutz stellen, sind offensichtlich – vieles wurde bereits verbessert, z.B. in den

Bereichen Energie, Wassernutzung und -verschmutzung, hinsichtlich diverser Footprints usw., weiterhin bleibt jedoch der Druck bestehen, zusätzliche Anforderungen zu erfüllen. Forschung und Innovationen sind hier Schlüsselemente, um ein neues und höheres Niveau an Nachhaltigkeit zu erreichen. Übergeordnetes Ziel ist eine nachhaltige Konkurrenzfähigkeit, durch die der Zucker- und Futtermittelsektor auch in Zukunft wirtschaftlich tragfähig erhalten und gesichert wird. Die Grundlage hierfür ist sehr solide – kein anderer landwirtschaftlich-industrieller Bereich ist so eng mit den Anbauern und der Industrie verknüpft wie der Zuckersektor. Im Rahmen des Vortrags werden Beispiele aufgezeigt, welche wertschöpfenden Verbesserungen bereits erzielt wurden, welches die Herausforderungen sind, die es schwerpunktmäßig zu überwinden gilt, und welche Zukunftstrends wir vorhersehen.

OLAF CHRISTEN

Agronomy and Organic Farming, Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, D – 06108 Halle

SUSTAINABLE SUGAR BEET PRODUCTION BETWEEN SCIENCE AND POLITICS

ABSTRACT

The concept of sustainable development has implications for almost all areas of society and economy. The targets, however, might be quite diverse. Politics and bureaucracy normally focus on control and administration, whereas in agricultural production and within the value-chain process optimisation is the major focus. Additionally results of such assessments might be used for transparent production and communication purposes.

Most concepts currently used in agricultural production focus on single crops only. The reason for this limitation is due to the easier communication and the current guidelines for the production of renewable energy. The complexity of agricultural production is not accounted for in such an approach. Given the example of sugar-beet production it is obvious that questions of fertilisation, soil tillage and weed infestation must be dealt with on the crop rotation level. In order to include the social and economic dimension of sustainable production it is recommended to even move to the farm level.

Agricultural enterprises are often characterized by a diverse production system with a number different crops and different value chains. In order to avoid an information overload due to the demands of bureaucracy, retailers etc. In the context of sustainable production an assessment and certification systems should be used, which focus on the farm level, but also includes sufficient information for the various value chains.

PRODUCTION DURABLE DE BETTERAVES SUCRIERES PRISE ENTRE LA SCIENCE ET LA POLITIQUE

RESUME

Aujourd'hui, la conception d'un développement durable a gagné presque tous les secteurs de la société et de l'économie. Les objectifs, cependant, sont fort différents. Alors que la politique et l'administration mettent la priorité sur le contrôle et la gestion, l'agriculture et la chaîne de création de valeurs donnent la première place à l'optimisation du flux des processus. Les résultats ainsi obtenus peuvent servir en même temps dans la communication et la publicité en rendant la production transparente.

Dans l'agriculture, en raison d'un maniement plus facile, la plupart des conceptions visent seulement une culture. Tout en offrant des avantages de communication, cette orientation semble répondre à des exigences politiques portant sur la production des énergies durables sur la base de matières premières renouvelables. Mais cette priorité ne tient pas suffisamment compte des complexités de la production agricole. L'exemple de la culture de betteraves sucrières illustre clairement que les questions relatives au travail du sol, à la fumure de fond et à la lutte contre les adventices doivent être considérées au moins dans le cadre de la succession culturale. Toutefois, afin de pouvoir évaluer de façon adéquate les dimensions économique et sociale du développement durable, il conviendrait d'y associer également la dimension de l'entreprise agricole.

Les entreprises agricoles sont caractérisées par une multitude de productions différentes. Pour éviter toute surcharge bureaucratique due aux exigences du commerce, de la transformation industrielle et de la politique envers une production durable, il faudrait essayer d'utiliser des systèmes d'évaluation et de certification qui partent du niveau de l'entreprise, mais qui mettent en même temps à disposition les informations nécessaires aux chaînes de création de valeurs spécifiques.

NACHHALTIGE ZUCKERRÜBENPRODUKTION ZWISCHEN WISSENSCHAFT UND POLITIK

KURZFASSUNG

Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung umfasst heute nahezu alle Gesellschafts- und Wirtschaftsbereiche. Die Zielsetzungen sind allerdings recht unterschiedlich. Während seitens Politik und Administration die Schwerpunkte auf Kontrolle und Verwaltung legen, steht in der Landwirtschaft und der Wertschöpfungskette selbst die Optimierung von Prozessabläufen im Vordergrund. Daneben sind die Ergebnisse aber auch im Rahmen einer transparenten Produktion in der Kommunikation und Werbung nutzbar.

In der Landwirtschaft sind die meisten Konzepte auf Grund der einfacheren Handhabung auf einzelne Kulturarten bezogen. Neben den Vorteilen bei der Kommunikation dürfte die Ursache hierfür auch in den politischen Vorgaben bei der Produktion von erneuerbaren Energien auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen liegen. Diese Schwerpunktsetzung wird allerdings der Komplexität der landwirtschaftlichen Produktion nur unzureichend gerecht. Am Beispiel der Zuckerrübenproduktion wird deutlich, dass die Fragen der Bodenbearbeitung, der Grunddüngung und der Unkrautbekämpfung zumindest auf der Ebene der Fruchtfolge betrachtet werden müssen. Um die ökonomische und soziale Dimension der nachhaltigen Entwicklung sachgerecht beurteilen zu können, wäre sogar mindestens die Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes einzubeziehen.

Landwirtschaftliche Betriebe sind durch eine Vielzahl unterschiedlicher Produktionsrichtungen gekennzeichnet. Damit es auf Grund der Anforderungen von Handel, Verarbeitung und Politik für eine nachhaltige Produktion nicht zu einer bürokratischen Überforderung kommt, sollte versucht werden Beurteilungs- und Zertifizierungssysteme zu nutzen, die auf der Betriebsebene orientiert sind, gleichzeitig aber die notwendigen Informationen für die spezifischen Wertschöpfungsketten bereitstellen.

HUBERT BOIZARD

INRA, Centre de Lille, Unité de service Agro-Impact, Site d'Estrées-Mons, 2 chaussée Brunehaut, Estrées-Mons BP 50136, F – 80203 Péronne cedex

SUSTAINABILITY OF CULTIVATION OF SUGAR BEET: CURRENT STATE AND PERSPECTIVES

ABSTRACT

Sugar beet crop is facing several challenges at the global level: the need to produce enough food to meet the growing world population and satisfy new non food usages, need to reduce environmental impacts and to take into account climate change. During the same period a downward trend in the price of sugar beet was observed in France. At the same time, the yield of sugar beet has made significant progress between 1980 and 2010 and the competitiveness of the crop increased. In terms of environment, the energy balance of sugar beet is favorable: it produces an energy potential over 16 times higher than the energy used in cultivation and as inputs. The low nitrogen requirement of the crop and the reduction of inputs have several effects: N₂O emissions are limited by the low input of nitrogen fertilizer and correspond on average with the standard IPCC, mineral N pool after harvesting is the lowest of all the major crops. The preservation of soil quality remains a major concern with the risk of erosion on bare soil in spring and the risk of deep compaction greatly underestimated. The reduction of pesticides is also an issue, but some possibilities exist such as row till or spray and diversification of rotations. In conclusion sugar beet is a productive crop and has a rather balance sheet in terms of environmental impacts, but it is necessary to jointly pursue the reduction of production costs and environmental impacts. Improvements can be by genetics, good integration into cropping systems and implementation of innovations. But a main difficulty is the reduction of labor on farms, which limits the implementation of new practices likely to increase the sustainability of the crop.

LA BETTERAVE, FACTEUR DE DURABILITE DES SYSTEMES DE GRANDE CULTURE DU NORD DE LA FRANCE

RESUME

La culture de la betterave doit faire face à plusieurs enjeux au niveau global : nécessité de produire suffisamment pour satisfaire l'accroissement mondial de la population et satisfaire de nouveaux usages ; nécessité de produire avec des bilans favorables au niveau des impacts environnementaux et de prendre en compte le changement climatique. Durant la même période une baisse tendancielle du prix de la betterave a été observée en France. En parallèle le rendement de la betterave a augmenté rapidement entre 1980 et 2010 et la compétitivité de la culture a globalement progressé. Au niveau de l'environnement, le bilan énergétique de la betterave est favorable : elle produit un potentiel d'énergie estimé à plus de 16 fois l'énergie utilisée pour les façons culturales et sous forme d'intrants. Le faible besoin en azote de la culture et la réduction des apports ont plusieurs effets : les émissions de N₂O sont limitées grâce à des apports de fertilisants azotés faibles et correspondent en moyenne à la norme IPCC ; les reliquats après culture sont les plus faibles de toutes les grandes cultures. La préservation de la qualité des sols reste une préoccupation importante avec le risque d'érosion sur sol nu au printemps et le risque de tassement profond largement sous-estimé. La réduction des produits phytosanitaires représente également un enjeu, mais des marges de manœuvre existent avec la localisation sur le rang de certaines opérations et la mise en œuvre de rotations diversifiées. En conclusion la betterave est une culture productive avec un bilan plutôt favorable au niveau des impacts environnementaux, mais il est nécessaire de poursuivre conjointement l'abaissement des coûts de production et l'amélioration des bilans en termes d'impacts environnementaux. Des marges de manœuvre existent passant par la génétique, une bonne intégration dans les systèmes de culture et la mise en œuvre d'innovations. Mais un point de blocage important concerne la diminution de la main d'œuvre sur les exploitations agricoles, qui rend difficile la mise en œuvre de certaines pratiques permettant d'augmenter la durabilité de la culture.

NACHHALTIGKEIT DES ANBAUS VON ZUCKERRÜBEN: IST-ZUSTAND UND PERSPEKTIVEN

KURZFASSUNG

Die Zuckerrübe sieht sich aus globaler Sicht mehreren Herausforderungen gegenüber: Der Anforderung, genügend Nahrung zur Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung zu produzieren und neue Möglichkeiten der Non-food-Nutzung zu schaffen, der Anforderung, Umweltwirkungen zu reduzieren und den Klimawandel zu berücksichtigen. Im gleichen Zeitraum war in Frankreich ein Trend zu sinkenden Preisen für Zuckerrüben zu verzeichnen. Gleichzeitig sind jedoch zwischen 1980 und 2010 die Erträge und die Konkurrenzfähigkeit der Zuckerrübe signifikant gestiegen. Im Hinblick auf den Umwelteinfluss über ihre Energiebilanz ist die Zuckerrübe im Vorteil: Das Energiepotential der Zuckerrübe ist über 16 mal höher als die für Anbau und andere Inputfaktoren aufgewandte Energie. Der geringe Stickstoffbedarf der Zuckerrübe und die Reduzierung der Inputs haben verschiedene Auswirkungen: Niedrige N₂O-Emissionen durch die niedrigen Stickstoffdüngergaben, die im Mittel den Standardangaben des IPCC entsprechen, den niedrigsten Mineral-N-Pool nach der Ernte von allen Hauptfeldfrüchten. Der Erhalt der Bodenqualität bleibt ein wichtiger Faktor, das Risiko von Erosionen auf dem unbestellten Boden im Frühjahr und die Verdichtung des Unterbodens wird stark unterschätzt. Die Verringerung von Pflanzenschutzmitteln ist ebenfalls ein Thema, aber hier bieten sich Reihenbodenbearbeitung oder -spritzung und eine Erweiterung der Fruchtfolge als Möglichkeiten an. Zusammenfassend ist die Zuckerrübe eine produktive Frucht und weist in Bezug auf ihre Umweltwirkungen ein ausgewogenes Verhältnis auf, es bleibt aber notwendig, gemeinsam eine Reduzierung der Produktionskosten und der Umweltwirkungen zu erreichen. Verbesserungen können über die Genetik der Rübe, ihre gute Integration in Fruchtfolgen und die Einführung von Innovationen erzielt werden. Ein wesentlicher Punkt bleibt jedoch die Verringerung der Handarbeit in den Betrieben, die die Umsetzung innovativer Methoden begrenzt, die mit großer Wahrscheinlichkeit die Nachhaltigkeit der Feldfrucht Zuckerrübe erhöhen können.

SESSION / SESSION / SITZUNG 3: PRODUCTION AND SUSTAINABILITY – PRODUCTION ET DURABILITE – PRODUKTION UND NACHHALTIGKEIT

KEITH W. JAGGARD¹, HEINZ-JOSEF KOCH, JUAN M. ARROYO SANZ, ALLAN CATTANACH, RÉMY DUVAL, HERBERT EIGNER, GUY LEGRAND, ROBERT OLSSON, AIMING QI, JENS N. THOMSEN, NOUD VAN SWAAIJ, NICOLA MINERVA

¹Jaggard Consultancy, Norton, Bury St Edmunds, IP31 3LJ, UK

THE YIELD GAP IN SOME SUGAR BEET PRODUCING COUNTRIES

ABSTRACT

The efficiency of an arable crop production system can be expressed as the yield gap, defining the difference between the potential and the actual yield; the larger the gap the less efficient the system. One way to assess the yield gap for sugar beet production is to compare the delivered yield with the yield produced without any farmer-imposed constraint, where the yield of the crop is limited only by the availability of heat, sunlight and water. Official trials designed to produce lists of recommended varieties usually suffer few if any constraints. The Plant and Soil Group of IIRB have collected national yield and recommended variety performance data for a range of beet producing countries over the last decade. These data show that yields are increasing in all countries, some more rapidly than others. They also show that the yield gap is stable in most countries while it is getting wider in others. It is only in the USA that the agronomy seems to be getting more efficient. These results will be discussed in relation to the protocols used for the variety trials and in relation to national yield statistics.

L'ÉCART DE RENDEMENT DANS LES PAYS PRODUCTEURS DE BETTERAVE SUCRIERE

RESUME

L'efficacité d'un système de production de culture arable peut être associée à l'écart de rendement ; au plus l'écart est important, au moins le système est efficace. Une des manières d'évaluer l'écart de rendement de la production de betteraves sucrières est de comparer le rendement livré par les producteurs avec le rendement produit sans aucune contrainte imposée au cultivateur, c'est-à-dire un rendement d'une culture uniquement limitée à l'apport de chaleur, de lumière du jour et d'eau. Des essais officiels désignés pour produire des listes de variétés recommandées souffrent généralement peu de ces contraintes. Au cours de la dernière décennie, le « Plant and Soil Group » a recueilli les rendements nationaux et les données de performance de variétés recommandées, pour de nombreux pays producteurs de betterave. Ces données montrent que les rendements ont augmenté partout, dans certains pays plus rapidement que dans d'autres. Elles montrent également que l'écart de rendement est stable dans la plupart des pays alors qu'il s'accroît pour d'autres. De plus, il n'y a qu'aux Etats-Unis que l'efficacité de l'agronomie semble augmenter. Ces résultats seront présentés par rapport aux protocoles utilisés pour les essais variétaux et aux statistiques de rendement national.

DIE KLUFT ZWISCHEN DEM POTENZIELLEN UND DEM TATSÄCHLICHEN ERTRAG (YIELD GAP) IN EINIGEN ZUCKERRÜBEN ANBAUENDEN LÄNDERN

KURZFASSUNG

Die Effizienz eines Ackerbausystems kann als die Kluft zwischen dem potenziellen und dem tatsächlichen Ertrag einer Feldfrucht (yield gap) ausgedrückt werden; je größer das yield gap, desto weniger

effizient ist das System. Eine Art und Weise, das yield gap im Zuckerrübenanbau festzustellen, ist der Vergleich des Ertrags aus Fabriklieferungen mit dem ohne praxisbedingte Einschränkungen erzielten Ertrag, der nur durch die Verfügbarkeit von Wärme, Licht und Wasser begrenzt wird. Offizielle Sortenversuche unterliegen üblicherweise nur wenigen oder gar keinen Limitierungen. Die IIRB-Arbeitsgruppe Pflanze und Boden hat Ertragsdaten der nationalen Anbaustatistik und aus Sortenversuchen einer Reihe von Ländern mit Zuckerrübenanbau aus der letzten Dekade zusammengetragen. Diese Daten zeigen, dass die Erträge in allen Ländern ansteigen, in einigen schneller als in anderen. Sie zeigen auch, dass das yield gap in den meisten Ländern stabil ist, während es in anderen größer wird. Nur in den USA scheint der Anbau effizienter zu werden. Diese Ergebnisse werden in Relation zu den Anbauprotokollen der Sortenversuche und der nationalen Ertragsstatistik diskutiert.

INTRODUCTION

Researchers are continually being pressed to find ways to increase yields, or to reduce production costs, or both. Two commonly-quoted methods for this are to increase the productive potential of the varieties and to increase the quality of the farmers' agronomic practice. The Plant and Soil Group within IIRB decided to investigate how these features of modern beet production are changing.

To assess the potential productivity of an area, as determined by the soil texture and the weather, is difficult: there are two possibilities. First, the productive potential of any particular location, with its unique combination of soil and weather, could be estimated with a simulation from a crop growth model. However, this approach requires a model that is well tuned to today's varieties and agronomic practices, plus a huge amount of detailed weather data. Although this approach might be a possibility for a very limited range of locations, it would be difficult and expensive to use across a large proportion of the world's beet-growing area. The second possibility is to use data from official trials designed to assess a variety's performance. Almost every country has an official protocol that is used for this purpose. Invariably, only trials that exhibit near-perfect agronomic practice are used. Therefore, we decided to compare the changes in farmers' performance (as assessed from national/company delivered yield data) with the changes in yields in variety trials. This paper describes that analysis and discusses the results.

DATA SOURCES

Members of the Plant and Soil Group were invited to submit the average delivered yield data for their area of interest for the campaign years 2000/01 to 2009/10. They were also invited to submit data for the same seasons for the average yields of the control/recommended varieties in all official variety trials in their countries/regions. Data was available for the places listed in Table 1. In most cases the data are presented as sugar yield per hectare: the exceptions are Germany, where yield is estimated white sugar yield. In the cases of Spain and Italy there has been major restructuring of the industry during the last decade, and predominantly the data are from today's type of crop i.e. spring sowings in northern Spain and from the North of Italy.

The data were simply analysed by fitting simple linear regression equations to the variety trial and delivered yields and then tabulating the rates of change and the gaps between variety and delivered yield.

RESULTS

A typical result is shown in Figure 1, where the data came from The Netherlands.

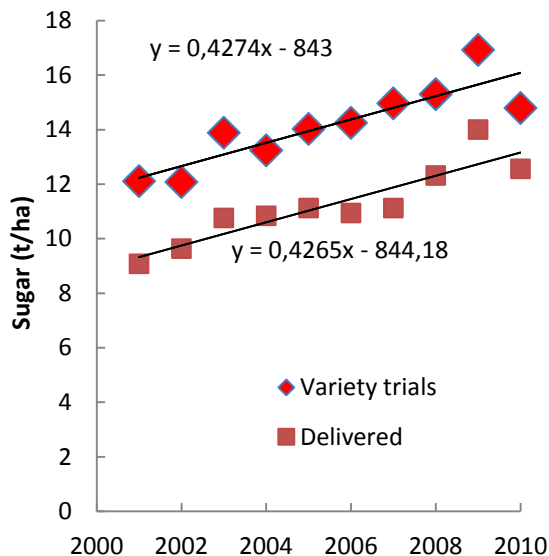


Figure 1: Sugar yield changes in variety trials and beet deliveries to factories in The Netherlands: 2001-2010.

The linear regression provides a good description of the data, variety trial and delivered yields have been increasing rapidly (0.43 t/ha per year) and the yield gap between trial and delivered yields is small (2.8 t/ha) and almost constant.

The pattern in The Netherlands contrasts strongly with the graphs for some other countries. Figure 2 shows examples from Denmark, England and the Red River Valley of N. Dakota and Minnesota, USA.

In the case of Denmark, variety trial yields appear to be increasing slowly, and the yields are more variable than in The Netherlands. The slow rise in variety trial yields is ascribed to a change in the policy for dates of harvest of these trials. Early in the decade they were harvested throughout the campaign, now they are harvested early. Variety trial yields appear to be increasing slowly in the Red River Valley too, although the reason for this is not clear. It could be that the change to rhizomania tolerance and glyphosate resistance has slowed progress to increase sugar yield. In fact, it would be surprising if this were not so. In contrast, delivered yields seem to be increasing slowly in England: in part this is because yield was low due to widespread and unusually early freezing losses in the most recent year in the analysis. If this year is omitted the rate of yield change increases from 0.197 to 0.31 t/ha/year.

In the Red River Valley the trial and delivered yields have become almost equal in recent years. There are several reasons why there seems to be no yield gap in this area. The harvest period is short (about 1 month) and lifting the variety trials and commercial crop is almost coincident. Yield is assessed within hours of harvest, so storage losses do not affect the data. There are no area measurement biases: the area harvested for yield assessment in variety trials is always known precisely, but in Europe the crop area often includes non-crop portions of the field. American Crystal's policy is to precisely measure the area of every field with GPS and then to deduct any area of crop that fails, for example due to flooding.

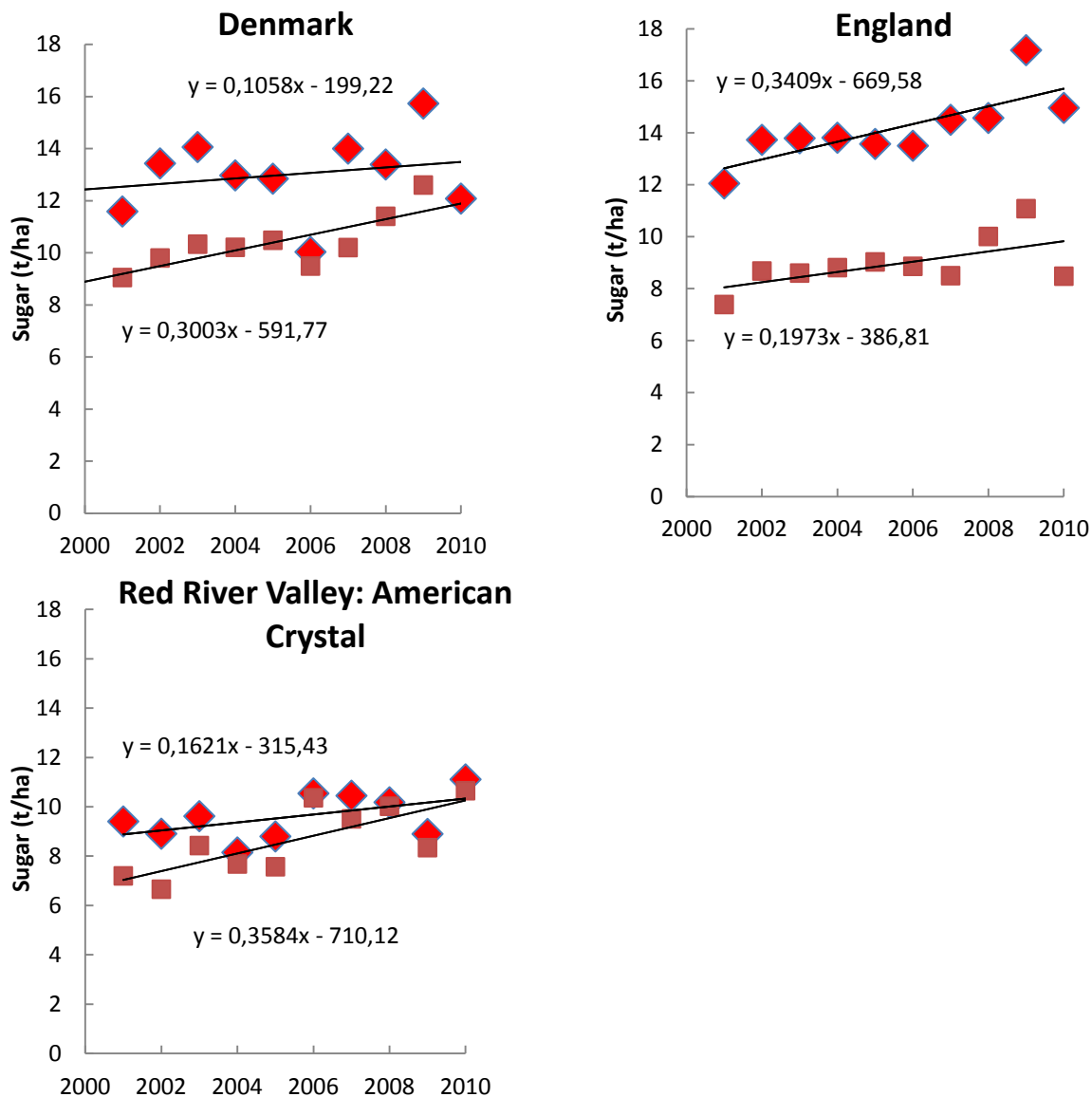


Figure 2: Sugar yield changes in variety trials and beet deliveries to factories in Denmark, England and in the Red River Valley, USA: 2001-2010

The average sugar yields in 2006 – 2010 in the variety trials and of deliveries to factories are given in Table 1. Variety trial yields are largest in Spain and Austria and tend to decrease in a northerly direction. Trial yields are least in the Red River Valley, where the growing season is shortest. Delivered yields are largest in Spain and France and relatively small in Sweden, England, Italy and the Red River Valley. Sweden and England tend to have cool springs, England has losses due to drought on a large proportion of its area (sandy soil), Italy battles against cercospora and the growing season is short in the Red River.

Table 1: Average sugar yield (t/ha) in various European countries and in the area contracted to American Crystal Sugar Co-operative: 2006-2010

	Variety trials	Delivered	Mean gap
Sweden	13.01	9.21	3.8
Denmark*	13.29	10.92	2.37
Netherlands	15.2	12.2	3
Belgium	16.02	12.28	3.74
England	14.94	9.39	5.55
France	15.99	13.32	2.67
Germany**	15.77	10.11	5.66
Austria	17.12	10.81	6.31
Italy	14.55	9.1	5.45
Spain	19.99	15.03	4.96
Red River Valley, USA	10.22	9.77	0.45

* 2006-2009 ** White sugar yield

The annual rates of change of sugar yield in variety trials and across whole study areas during the last decade is shown in Table 2. Variety trial yields have increased most rapidly in The Netherlands, and at similar rates elsewhere in Western Europe, except Denmark (see above). It is not clear why the rates were slow in Spain and Austria, but these countries have larger trial yields than elsewhere. The averages of all yields delivered to factories are generally increasing more slowly than trial yields: Delivered yields are increasing most rapidly in The Netherlands, France, Germany and the Red River Valley; in each case the increase is more than 0.3 t/ha of sugar per year. England joins this group if the severe losses due to freezing in 2010 are omitted. The small increases were in Sweden and Austria.

Table 2: Annual sugar yield increase (t/ha) of variety trials and deliveries to factories in various regions.

Country	Variety trial	Delivered
Sweden	0.29	0.21
Denmark	0.11	0.30
Netherlands	0.43	0.43
Belgium	0.38	0.28
England	0.34	0.20
France	0.30	0.37
Germany	0.37	0.32
Austria	0.14	0.18
Italy (N)	0.27	0.29
Spain (spring)	0.11	0.27
Red River Valley, USA	0.16	0.36

The linear regression equations were used to estimate the size of the yield gap at the beginning and end of the decade (Table 3). In most cases the gaps are stable or are increasing slightly, indicating that the industry's efficiency is remaining stable. Large reductions in the gap have occurred in France, Spain and American Crystal's area in the Red River Valley. The gap appears to have decreased in Denmark too, but this is probably a consequence of the change in harvest time for the variety trials. In England the gap has become much larger, suggesting a decrease in agronomic efficiency. In reality this is probably the result of further increases in the length of the campaign which are associated with earlier start to harvest and prolonged periods of post-harvest storage.

Table 3: Sugar yield gaps estimated from linear regression equations for 2001 and 2009.

Country	Sugar yield gaps (t/ha)	
	2001	2009
Sweden	3.57	4.24
Denmark	3.36	1.80
Netherlands	2.80	2.81
Belgium	3.04	3.80
England	4.65	5.80
France	3.54	2.88
Germany	3.32	3.76
Austria	5.15	4.98
Italy (N)	5.66	5.44
Spain (spring)	5.90	4.58
Red River Valley, USA	1.90	0.30

DISCUSSION

Beet and sugar yields are increasing everywhere: this is certainly not the case with all crops, and probably the yield of no other crop is increasing as fast as the yield of beet. The increases recorded in the variety trials show some of the progress that is being made by the plant breeders, but not all of their efforts can be directed simply to increasing yield where the agronomy is near-perfect: they must breed for improved disease resistance too. Unfortunately, this study has highlighted the fact that the patterns recorded in the variety trials may not reflect changes in yield potential, they also reflect changes in the way the trials are conducted.

The plant breeders cannot claim all of the yield improvement recorded in the trials. Our climate has been getting progressively warmer and this has had a beneficial impact on yields of sugar beet (JAGGARD *et al.*, 2007): this impact will differ from region to region and this has not been studied.

The yield gap does not represent agronomic efficiency alone. In indeterminate crops like beet it reflects the time of harvest, and this is often determined by 'whole industry' efficiencies. For example, it may seem inefficient to start beet harvest early, but this often provides an opportunity to start the next crop early, so increasing its yield. Likewise, in the UK beet may be stored for several weeks prior to delivery: this decreases yield but increases the efficiency of the whole industry.

The Plant and Soil Group conducted this study in the hope that it would provide strong evidence for the changes in agronomic efficiency that have occurred. Unfortunately, that has not happened, the differences in the way the variety trials are conducted and the way these differences change over time means that the data are not sufficiently uniform to provide accurate estimates of potential sugar yield. That can probably only be provided by mathematical models that are

- well calibrated for the area where they are used and
- are up-to-date.

Unfortunately, most of the world's crop growth models need to be recalibrated for today's varieties (Rotter *et al.*, 2011).

REFERENCES

- 1 JAGGARD, K.W., QI, A., SEMENOV, M.: The impact of climate change on sugarbeet yields in the UK. *J. Agr. Sci.* 145: 367-375, 2007.
- 2 ROTTER, R.P., CARTER, T.E., OLESEN, E.J., PORTER, J.R.: Crop-climate models need an overhaul. *Nature Climate Change*, 1, 157-177, 2011.

BJÖRN WINDFÄLL

Nordic Sugar A/S, Langebrogade 1, DK – 1001 Kopenhagen K

INTERNET GOES SOCIAL – NEW POSSIBILITIES FOR GROWER COMMUNICATION THAT CAN CONTRIBUTE TO A SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT

In the late 20th century when Internet became “common”, having a homepage was an easy and fast way of publishing information. But it was mainly a one-way communication, with only limited possibilities to give feed-back and very low interaction with others. This has changed rapidly during the last years when Internet was developing to social networking, involving users and their attitudes and knowledge. Several platforms and services are available for sharing information, such as Twitter, Facebook and YouTube. Used in the right way, those tools can contribute to a sustainable development in beet growing since they facilitate networking where ideas and knowledge are shared in an easier and faster way than ever before.

INTERNET GOES SOCIAL – DE NOUVELLES VOIES DE COMMUNICATION AVEC LES AGRICULTEURS POUVANT CONTRIBUER A UN DEVELOPPEMENT DURABLE

RESUME

À la fin du 20^{ème} siècle, alors qu'Internet était devenu un outil « commun », posséder une page d'accueil était le moyen le plus simple et le plus rapide de publier des informations. Mais il s'agissait d'une communication essentiellement unilatérale, n'offrant que des possibilités de retour limitées et très peu d'interactions avec les utilisateurs. Les choses ont évolué rapidement au cours de ces dernières années, notamment avec l'essor des réseaux sociaux, impliquant davantage les utilisateurs, leurs attitudes et leurs connaissances. Plusieurs plates-formes et services permettent aujourd'hui de partager des informations, par exemple Twitter, Facebook et YouTube. Utilisés de manière adéquate, ces outils peuvent contribuer à un développement durable de la culture de la betterave en favorisant la création de réseaux sur lesquels le partage d'idées et d'expériences n'aura jamais été aussi simple et rapide. Le secteur sucrier européen a déjà fait ses premiers pas sur ces « médias sociaux » sur Internet ; plusieurs exemples et expériences sont présentés ici.

INTERNET GOES SOCIAL – NEUE KOMMUNIKATIONSWEGE MIT LANDWIRTEN ALS BEITRAG ZU EINER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

KURZFASSUNG

Als Ende des 20. Jahrhunderts das Internet zum gängigen Medium wurde, war eine Homepage eine einfache und schnelle Möglichkeit Informationen zu verbreiten. Allerdings war dies vor allem ein einseitiger Kommunikationsweg, der nur eingeschränkt ein Feed-Back und nur in sehr geringem Maße Interaktionen zwischen den einzelnen Internetnutzern ermöglichte. Mit der Weiterentwicklung des Internets hin zu sozialen Netzwerken, die den Nutzer mitsamt seiner Einstellungen, Meinungen und seinem Wissen einbinden, hat sich dies in den letzten Jahren rapide verändert. Zum Informationsaustausch stehen dem Nutzer heute diverse Plattformen und Dienstleistungen wie etwa Facebook, Twitter oder YouTube zur Verfügung. Auf die richtige Art und Weise eingesetzt können diese Plattformen zu einer nachhaltigen Entwicklung im Rübenanbau beitragen, denn sie ermöglichen den Aufbau von Netzwerken, in denen Ideen und Wissen, auf eine einfachere und schnellere Art als jemals zuvor, miteinander geteilt werden können. Innerhalb des europäischen Zuckersektors wurden die ersten Schritte unternommen solche Art „social media“ im Internet zu nutzen. Einige Beispiele und Erfahrungen werden an dieser Stelle vorgestellt.

INTRODUCTION

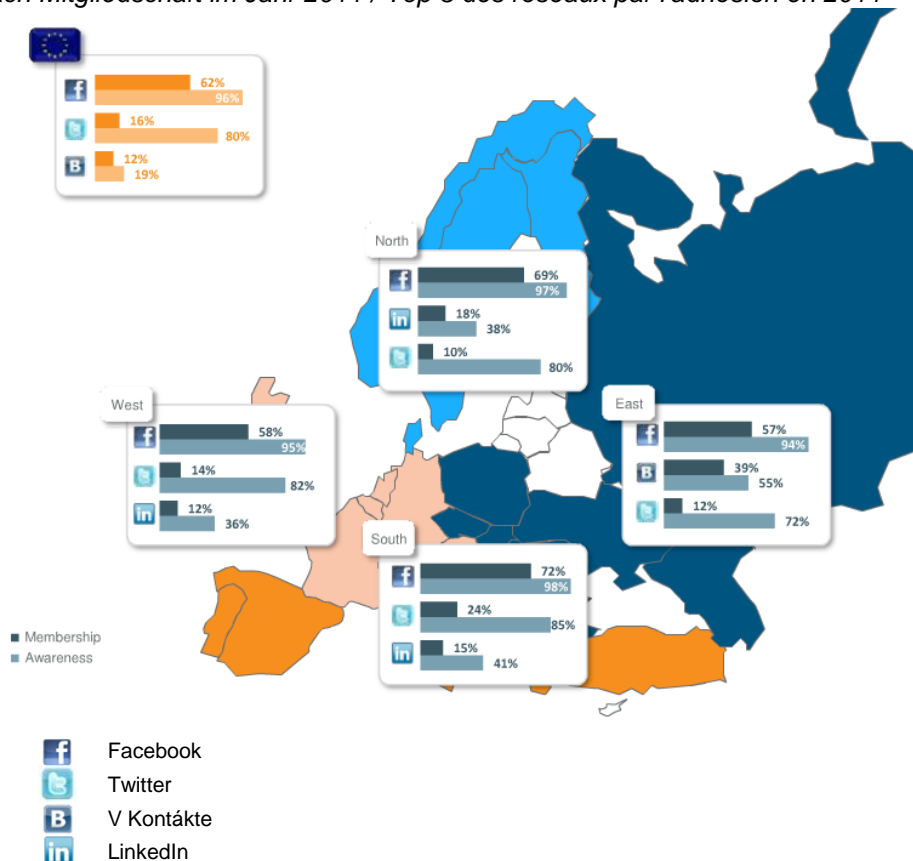
When Internet became “common” in the late 20th century, having a homepage was an easy and fast way of publishing information. Compared to the time and costs for producing and sending e.g. newsletters and magazines this was a major step forward. But the communication mainly remained a one-way communication, just like the newsletters and magazines had been. The important dialogue with target groups continued to occur at different kinds of grower meetings, at farms, in fields and agricultural fairs. During the last years, however, internet has turned social thanks to a group of Internet-based applications that allow the creation and exchange of user-generated content, usually called “social media”. Those media allow us to have a conversation on-line where anyone can participate at any time and anywhere there is Internet access.

The social media can be categorized into different groups based on their purpose where the major three are (examples in brackets):

- Publishing (Wikis and blogs)
- Networking (Facebook and LinkedIn)
- Sharing (YouTube and Flickr)

The awareness and membership of publishing and networking tools in Europe 2011 has been investigated (VAN BELLEGHEM 2011) and the Top 3 networks by membership are presented in figure 1.

Figure 1: Top 3 networks by membership in 2011 (VAN BELLEGHEM, 2011, p 46) / Top 3 Netzwerke nach Mitgliedschaft im Jahr 2011 / Top 3 des réseaux par l'adhésion en 2011



Facebook is by far the most used networking tool, followed by Twitter and V Kontakte. The latter is big in Eastern Europe where it has 55% awareness and 39% penetration. V Kontakte translates to English as "In Contact" or "In Touch" and is very similar to Facebook in functionality, but with a Russian origin. The second largest network tool in Northern Europe, and third largest in Western and Southern Europe is LinkedIn. It is mainly used for professional networking where marketing and finding jobs, people and business opportunities are in focus.

EUROPEAN SUGAR SECTOR EXAMPLES

Facebook

Facebook is a social networking service with more than 845 million active users (WIKIPEDIA, 2012). Users register a personal profile, add other users as friends, and exchange messages and notifications. Additionally, users can create and join interest groups or "like pages" (called "fan pages" until April 19th 2010), often managed by an organization or company.

BETA Italia uses Facebook in two complementary ways: through the Beta Italia Facebook page (<http://www.facebook.com/pages/Beta-Italia/218206708222403>) and through some social plugins on its web site www.betaitalia.it.

BETA Italia uses its Facebook page to inform "likers" (before friends and fans) about news and events. By Facebook it is possible to link to Beta's web site for receiving more information. Through Facebook, Beta Italia currently reaches over 1,000 contacts; farmers, advisors and sales men in the agricultural business, students, universities, technical institutes etc. They are mostly from Italy, but there some from Argentina, USA, Greece, Turkey, France, Spain and UK as well.

BETA Italia plans to develop a Decision Support System (DSS) for sugar beet cultivation, available on the web for registered users. This system, probably, will be realized through an application integrated with Facebook and in this way it will be possible to use instruments and graphic of this social network to create a sugar beet growers' community.

Twitter

Twitter is a microblogging service that enables its users to send and read text-based posts of up to 140 characters, known as "tweets". Users can tweet via the Twitter website, compatible external applications (for smartphones), or by SMS (available in some countries). Users may subscribe to other users' tweets – this is known as following and subscribers are known as followers.

The Netherlands are a European "hot spot" when it comes to Twitter (FISCHER, 2011) and nearly 25% of the adult population has a Twitter account (MarketingMonday 2011).

IRS in the Netherlands has been active on Twitter since 2010, starting out with a pilot case connected to the harvesting event BeetEurope 2010 (MAASSEN, 2011). Later on (since Jan 31st 2011) IRS is using Twitter as a regular communication channel where many of the employees are actively involved. Twitter is for IRS a way to:

- connect and network with others in the sugar and agricultural business
- monitor what is being said about sugar beet crop and IRS
- get a steady stream of ideas, content, links, resources, and tips.

YouTube

YouTube is a video-sharing website, on which users can upload, view and share videos up to 15 minutes in duration. YouTube is the world's largest video distributing site and has now also become the second largest search engine globally.

A video has many advantages compared to written texts and photos. A video allows you to explain things "hands-on", and in a more engaged way since the viewer can see, hear and experience the topic. And since almost any mobile phone nowadays can record and upload video, it has become a powerful tool for sharing experiences in daily life.

An example where YouTube helped spreading news and ideas is from Denmark during the strong winter of 2010. Many unharvested beet fields got covered by a thick layer of snow which needed to be removed before the beets could be harvested. New technical solutions of how this could be performed were developed by growers and the ideas were recorded and uploaded at YouTube. An example of that is available at: <http://www.youtube.com/watch?v=sB2sZUb7gOU>.

RESULTS AND DISCUSSION

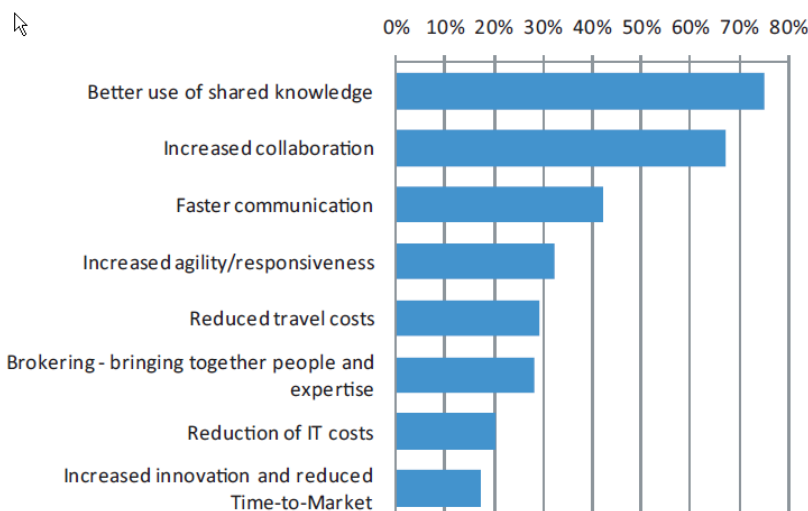
The first steps using "social media" at Internet have already been taken among the European sugar sector. The experiences are that it is an easy way of reaching the increasingly number of growers being present in social networks and include them in a dialogue. At the same time you will reach other,

secondary, target groups such as students, researchers and journalists, who also can contribute to a sustainable development - at least in a more long-term perspective.

Another experience is that when you are being present in social media it is important to “listen and learn”. It is not about broadcasting, it is about having a dialogue. And that takes time – at Internet just like in real life. A regular activity in the chosen channels is also important for being recognized as a long-term partner and for stimulating your likers/followers to contribute with input.

Key drivers for using social media in working life has been investigated in a global context by *A/IS – Find, Control, and Optimize Your Information* (MILES, 2009). In a survey conducted among the AIIM's community of 65,000 members, people were asked about the main reasons for their organization/company to use social media (91% of participants origin from North America or Europe), and the results are shown in figure 2.

Figure 2: Key drivers for using social media (MILES, 2009) / Haupt-Beweggründe für den Einsatz sozialer Medien / Principaux moteurs de l'utilisation des médias sociaux



A successful example of “Increased innovation and reduced Time-to-Market” via Social media is Starbucks, the largest coffeehouse company in the world with more than 17,000 stores in 55 countries (WIKIPEDIA, 2012). They are involving their customers in the process of finding and evaluating new business ideas. At www.mystarbucksidea.com anyone can register an idea of how Starbucks could improve and add value to the customers. At the web site you can also vote on other people's ideas and follow the actualization of ideas Starbucks decides to implement. Will we see something similar in the European sugar sector? Growers suggesting and commenting new areas for trials and development of growing and machinery techniques? I wouldn't be surprised!

CONCLUSION

Based on the experiences so far of using social media within the European sugar sector – as well as globally, my conclusion is that Yes, social media can contribute to a sustainable development. By facilitating networking where ideas and knowledge are shared in an easier and faster way than ever before, we can speed up the dialogue, increase the collaboration and make use of the entire knowledge within the sector. The challenge for companies and organizations will be to:

- choose the right social media channels that add mutual value to the participants
- commit enough resources to carry out the dialogue.

REFERENCES

- 1 FISCHER, E.: Eric Fischer's photostream. Available: <http://www.flickr.com/photos/walkingsf/6276642489>, 2011 [2012 Jan 14th].
- 2 MAASSEN, J.: IRS @ # Social Media. Presentation at IIRB Study group meeting in Communication Techniques, Sept 7th 2011.
- 3 Marketingmonday: Social Power Play – Hoe social media marketing en communicatie ingrijpend zal veranderen. Versie 1.0 – update: 2011 June 18th.
- 4 MILES, D.: Collaboration and Enterprise 2.0. Available: www.aiim.org/PDFDocuments/36789.pdf, 2009 [2012 Jan 25th].
- 5 VAN BELLEGHEM, S.: Social Media around the world 2011. Available: <http://www.slideshare.net/stevenvanbelleghem/social-media-around-the-world-2011>, 2011 [2012 Jan 17th].
- 6 Wikipedia: Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page [2012 Feb 12th].

SESSION / SESSION / SITZUNG 4: HARVEST AND STORAGE – RECOLTE ET STOCKAGE – ERNTE UND LAGERUNG

GUY LEGRAND, ANDRÉ WAUTERS
IRBAB, Molenstraat. 45, B – 3 300 Tirlemont

NEW EXPERIMENTS ON LONG TERM STORAGE OF SUGAR BEETS: EFFECT OF DIFFERENT STORAGE TEMPERATURES ACCORDING TO THE THERMAL TIME AND EFFECT OF THE HARVESTING TIME ACCORDING TO DIFFERENT VARIETIES

ABSTRACT

Every year, the Belgian Institute on Sugar beet Research (IRBAB) is carrying out experiments relative to the long term storage of sugar beets after harvest. These trials are made in respirometry room, in climatic rooms and at outside temperature (frost-free shelter). The beets are stored in barrels and in covered boxes. These trials have shown that the recorded losses during the storage period were caused, in a first time, by the cicatrisation of the harvesting injuries and by the respiration of the sugar beets themselves. Later on, they are caused by the development of storage moulds which increases the root weight and the sugar weight losses. The losses due to the storage moulds can be exponential from a threshold of 270-300 degree days.

New experimentations were made at several constant storage temperatures, and for different levels of degree days. Other series of trials have compared different trial fields or different harvesting times. Every time, these trials were made with the same varieties. They show that different constant storage temperatures have no effect on the sugar weight storage losses level for a same level of degree days. On the other hand, the harvesting time interferes with the level of losses. The later the harvesting time, the more important is the level of losses and increases in function of the variety susceptibility to the long term storage period.

NOUVELLES EXPERIMENTATIONS SUR LE STOCKAGE A LONG TERME DES BETTERAVES SUCRIERES : EFFET DE DIFFERENTES TEMPERATURES DE STOCKAGE SELON LE TEMPS THERMIQUE ET EFFET DE LA DATE D'ARRACHAGE SELON DIFFERENTES VARIETES

RESUME

Chaque année, l'IRBAB met en place de nombreux essais relatifs à la conservation à long terme des betteraves après récolte. Ces essais sont effectués en chambre de respirométrie, en chambre climatisée et en conditions extérieures, dans un hangar à l'abri du gel. Les betteraves sont stockées en fûts ou en bacs couverts. Ces essais ont montré que les pertes observées pendant la période de stockage sont dans un premier temps produites par la cicatrisation des blessures induites lors de l'arrachage et par la respiration des betteraves elles-mêmes. Elles sont ensuite produites par le développement de moisissures de stockage qui entraînent des pertes supplémentaires en poids racines et en poids sucre. Les pertes causées par les moisissures de stockage peuvent devenir exponentielles au-delà d'un seuil de conservation équivalent à 270-300 degrés jours.

Des nouvelles séries d'essais ont été réalisés à différentes températures constantes de conservation, et pour différents niveaux de degrés jours. D'autres essais ont comparés différents sites d'essais ou différentes dates d'arrachage. Ces essais ont été réalisés à chaque fois avec des variétés identiques. Il apparaît que différentes températures constantes de stockage n'ont pas d'effet sur le niveau des pertes en poids sucre, pour un même niveau de degrés jours. Par contre, la date d'arrachage interfère avec le niveau de pertes. Au plus l'arrachage est tardif, au plus le niveau de perte est important et s'amplifie en fonction de la sensibilité variétale à l'égard de la période de conservation à long terme.

NEUE VERSUCHE ZU LANGZEITLAGERUNG VON ZUCKERRÜBEN: EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER LAGERUNGSTEMPERATUR AUF DIE TEMPERATURSUMME UND EINFLUSS DES ERNTEZEITPUNKTES BEI UNTERSCHIEDLICHEN SORTEN

KURZFASSUNG

Das Belgische Institut für Zuckerrübenforschung (IRBAB) führt jedes Jahr Versuche zur Langzeitlagerung von Zuckerrüben nach der Ernte durch. Für diese Versuche werden in Klimakammern und bei Außentemperaturen unter frostfreien Bedingungen Respirationsmessungen durchgeführt. Die Rüben werden dabei in Fässern und abgedeckten Kisten gelagert. Die Versuche haben gezeigt, dass die aufgezeichneten Verluste während der Lagerungsperiode anfänglich auf die Vernarbung von Ernteverletzungen und auf die Veratmung der Rübe selbst zurückzuführen sind. Später sind diese auf die Entwicklung von Schimmelpilzen zurückzuführen, die das Rübengewicht sowie die Zuckergewichtsverluste erhöhen. Der durch Schimmelpilze bedingte Verlust kann sich exponentiell ab einem Schwellenwert von 270 – 300 Grad-Tagen entwickeln.

Neue Experimente wurden bei mehreren konstanten Lagerungstemperaturen sowie bei verschiedenen Grad-Tagen durchgeführt. Weitere Versuchsserien verglichen unterschiedliche Feldversuche sowie unterschiedliche Erntezeitpunkte. Die Sortenwahl war in allen Versuchen einheitlich. Es zeigte sich, dass verschiedene konstante Lagerungstemperaturen keinen Effekt auf die Höhe des Zuckergewichtsverlustes bei gleichem Niveau an Grad-Tagen haben. Andererseits besteht ein Zusammenhang zwischen Erntzeitpunkt und der Höhe des Verlustes. Je später der Erntezeitpunkt, desto wichtiger ist die Höhe des Verlustes und es steigt der Einfluss der Sortenanfälligkeit im Hinblick auf die Langzeitlagerung.

INTRODUCTION

Since several years, especially from 2007, the IRBAB has carried out numerous experiments relative to the study of long term storage of sugar beets after harvest. On this occasion, some experiments were carried out in collaboration with ITB (Institut Technique de la Betterave industrielle, Paris) (BLOCAILLE *et al*, 2010) or with other beet institutes, grouped in the IIRB (VAN SWAAIJ and HUIJBREGTS, 2010).

During storage, sugar weight losses (= loss in sugar amount) inherent to the natural respiration of the sugar beets are observed and can be measured. Greater sugar weight losses are observed during the very first days of the storage period. They are inherent to the phase of cicatrisation of injuries as a direct result of harvesting.

After a certain period of time, depending on the storage period, but also the storage temperature, additional sugar weight losses are observed. These losses are mainly related to the development of storage moulds. These moulds cause losses all the more important as they also induce root weight losses and lower sugar content, due to the presence of rotten parts.

The losses due to the development of moulds are variable and may, after a certain period of time, become exponential. The beet lifting conditions and the aggressiveness of the beet cleaning before the clamping (broken root tips, lateral injuries, too deep topping) are the most favourable elements for the development of storage mould.

According to their degree of development, the presence of storage moulds is detrimental for the quality of the delivered goods, whether for the presence of a larger waste tare for the beet grower or for a more difficult extraction of the sugar in the factory.

The experiments carried out by the IRBAB confirmed the existence of a conservation threshold beyond which storage moulds begin to develop. This threshold takes into account simultaneously the storage time and the storage temperature. It is expressed in degree days (= thermal time, base 0) and corresponds to 270 degree days if one takes the reference temperature outside the clamp. It corresponds to 300-350 degree days if one takes the reference temperature inside a beet clamp (Anonyme, 2009 ; RAPP, 2009).

At this level of degree days, there are about 2% losses of weight of rotten parts and less than 5% losses of sugar weight (= loss in sugar amount) for beets who are properly topped and slightly injured during the lifting. The amount of sugar lost can quickly be amplified beyond this threshold.

The threshold of 270 degree days corresponds to a storage period of about 58 days for a harvesting made in Belgium on November 20th (= delivery on January 17th), in a climatological normal year (LEGRAND and WAUTERS, 2009).

In harvesting conditions that are weakly harmful to the beets, there are little differences between the commercialized varieties in Belgium, until the threshold of 270 degree days (BLOCAILLE *et al*, 2010).

The work described in this paper aimed to:

- verify the validity of the threshold of 270 degree days, at different constant storage temperatures (5°C, 10°C, 15°C or 20°C), for the same amount of degree days,
- verify if a field effect or an effect of harvesting date interferes with the experiments of long term storage of sugar beets,
- verify if the losses of sugar weight are equivalent between the different types of storage (covered boxes, bags placed inside a clamp, a whole clamp),
- determine the varieties of beets that would present less losses of sugar amount during a very long term storage (> 270 degree days).

MATERIALS AND METHODS

The experiments were conducted in a respirometry room at constant temperature (between 10°C and 15°C), in sealed barrels (25 kg of beets) where a draught circulates in which the measurement of CO₂ produced by the respiration is performed continuously. The experiments are also conducted under controlled conditions, in covered boxes (50 kg of beets), placed in climatic rooms or sheds in frost-free conditions (semi-real conditions). These systems are used to test a large number of modalities, relative to the storage experiments carried out with bags, placed in real conditions, inside a sugar beet clamp. Every experimental sample comes from a field plot of IRBAB trials (10 m² = ± 100 kg of beets) of which ± 50 kg are analysed immediately after being harvested, to determine the accurate sugar content of the corresponding sample before being stored. Most often, the beets are both defoliated and harvested manually, or mechanically, with the harvesting system of IRBAB. They are all topped manually. After storage, the main measurements consist of determining the losses of sugar weight (= loss in sugar amount) established on beets of which the rotten parts are not removed before analysis. The losses of sugar weight are expressed either as a percentage of the amount of sugar established at the beginning of storage, either in g / ton of beet / day.

Effect of the storage temperature

Samples of 50 kg of beets, from two field trials of IRBAB (Nivelles, Franc-Waret) were set in storage, in covered boxes, in climatic rooms, at a constant temperature of 5°C, 10°C, 15°C and 20°C. At these temperatures, the different samples were stored for about 200, 300, 400 and 500 degree days. The variety Balthazar was analysed in this experiment, each time in 2 replications. The beets were mechanically harvested, with the harvesting system of IRBAB.

The present moulds depending on the reached degree days were identified at genus level, for each lot.

Field effect

Samples of 50 kg of beets (variety Zanzibar) from three field trials were set in storage in covered boxes. These samples were mechanically harvested, with the harvesting system of IRBAB, at different dates, either on 01/10/2010 (Lierde), on 19/10/2010 (Isnes) and on 21/10/2010 (Kortrijk). The beet samples were analysed in 2, 3 or 4 replications, between 100 and 650 degree days.

Harvesting date effect

Samples of 25 kg of beets from 6 varieties (Baloo, Bernadetta, Husky, Kassia, Muse, Rosalinda) and of the same field trial (Eghezée) were harvested and topped manually on 15/09/2011, on 11/10/2011 and on 03/11/2011. To simulate the effect of the intensity of a mechanical harvesting, the beet samples have then been placed in a cleaning turbine with two cleaning intensities (40 or 60 rounds per minute) during 10 seconds, before being putted in storage. These samples were placed, in 2 replications, in a respirometry room for at least 35 days at 15.5°C, or 550 degree days equivalent to the temperature inside the clamp, or 450 degree days established at outside temperature. The evolution of the amount of CO₂ produced has been established for each lot throughout the experiment. The losses in sugar weight are then expressed in g sugar/ton beets/day (results not shown in this paper).

Effect of the storage mode

Samples of 50 kg of beets from the same 6 varieties of the field trial of Eghezée have been stored, in 3 replications in covered boxes. These samples were defoliated, harvested and topped mechanically, on 03/11/2011, with the harvesting system of the grower (two phase system). The lots of the beets stored in covered boxes were analysed after 285 and 460 degree days (equivalent to the outside temperature). During the harvesting of the experimental plot (experiment in bands), a beet clamp (width : 8m; height : ± 2.50 m) was made with lots of about 15 tons/variety, poured one after the other into respective and distinct lots (separations performed with Toptex fleece). When making the clamp of beets, net bags of ± 25 kg (4 replications) for each variety were placed within the area corresponding to the variety in the clamp. These procedures were designed to verify the consistency of results between the storage experiments in covered boxes in semi-real conditions in a shed, bags stored in real conditions in a clamp and with a whole beet clamp equivalent to the conditions of practice.

It should be noted that the months of November and December 2011 and January 2012 were warmer than the standard in Belgium (Legrand, 2012). Under the conditions of the experiment in clamp (conditions of practice), the threshold of 270 degree days was reached after 36 days, or on December 9th, 2011.

The clamp was loaded on 09/01/2012, or after 67 days of storage and 400 degree days for the average of the clamp or 435 degree days for the bags, placed in the centre of the clamp (degree days established equivalent the outside temperature). Each lot of beets, corresponding to 6 varieties constituting the beet clamp, has been charged separately to determine the actual losses in root weight and sugar content. There have been no frost periods causing frost damage for the duration of the experiment. For each modality of storage mode, the losses in sugar weight are expressed in per cent relative to the quantity determined at the beginning of storage.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of the storage temperature

It is observed that the percentage of the sugar weight losses evolves similarly to the same level of degree days reached under different constant temperatures of storage (Figure 1).

The observed moulds belong mainly to the genera *Penicillium* and *Botrytis*. These storage moulds are visible from 150 degree days, whether the beets are stored at 5°C, 10°C, 15°C or 20°C. About 70% of the beets are contaminated at 450 degree days.

The genus *Trichoderma* was observed at 10°C. The genus *Rhizoctonia* is present at 15°C and 20°C. The genus *Fusarium* is present at 15°C. There were no significant differences in the frequency of the moulds between the two fields.

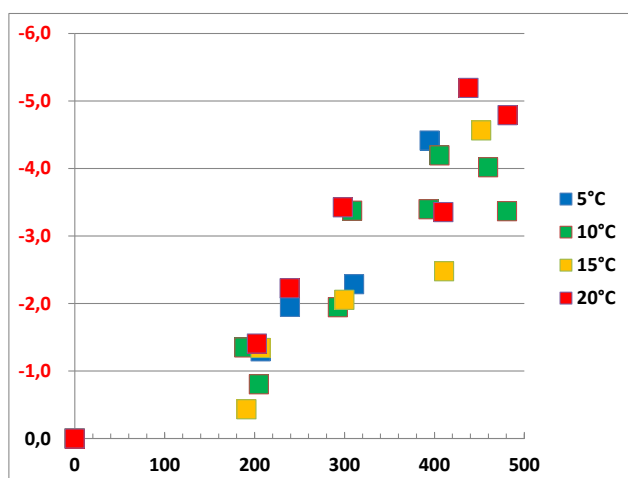


Figure 1: Sugar weight losses at different constant temperatures of storage (5°C, 10°C, 15°C and 20°C) for the variety Balthazar (average of 2 field trials). Vertical axis: percentage of sugar weight losses compared to the initial sugar weight. Horizontal axis: degree days.

Field effect

It is observed that the percentage of sugar weight losses evolves differently for the same level of degree days, depending on the field, acknowledging that the harvesting dates are not really similar (Figure 2). The differences between the fields are small up to 400 degree days. The sugar weight losses are strongly amplified after 400 degree days for the field of Kortrijk.

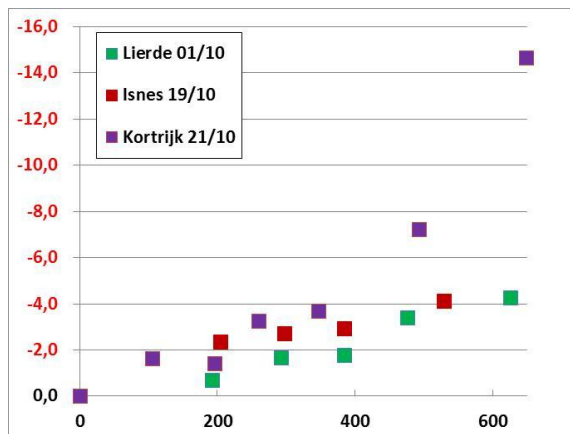


Figure 2: Sugar weight losses for beet samples from 3 different field trials (harvesting date between 01/10 and 21/10, variety Zanzibar, average of 2 to 4 replications depending on the field), at different levels of degree days. Vertical axis: percentage of sugar weight losses compared to the initial sugar weight. Horizontal axis: degree days.

Harvesting date effect

It is observed that the sugar weight losses are based on the intensity of cleaning for the 6 varieties. At 450 degree days the losses from a cleaning carried out at 40 rounds per minute are close to 6%, for all the varieties, on average. The losses are 10%, on average for all the varieties and all the harvesting dates, after a cleaning carried out at 60 rounds per minute (Figure 3). The loss levels do not really differ according to different harvesting dates, all varieties confounded. The varieties Baloo and Kassia (double tolerant rhizomania - nematode varieties) are, among the 6 selected varieties, those with the lowest loss in the experimental conditions.

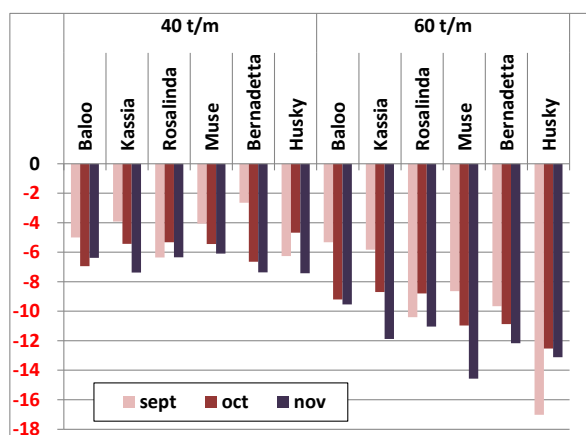


Figure 3: Sugar weight losses from beet samples (6 varieties, average of 2 replications of 25 kg) from the same experimental field (Eghezée), manually harvested and cleaned at two cleaning turbine intensities (40 or 60 rounds per minute during 10 seconds) for 3 harvesting dates (15 September, 11 October, 3 November). The beets were stored in a respirometry room to an equivalent of 450 degree days at outside temperature. Vertical axis: percentage of sugar weight losses compared to the initial sugar weight.

Effect of the storage mode

The sugar weight losses determined for the various storage modalities (in boxes, in bags in the clamp or the clamp itself) are presented in Figure 4, for the 6 varieties. It is observed that the percentage of the sugar weight losses amplifies between varieties, when the threshold of 270 degree days is exceeded.

While stored in boxes, at 285 degree days, the weight losses are generally below 5%, except for the variety Husky. At 460 degree days, they vary between 9.35% (variety Kassia) and 15.10% (variety Husky).

The data from the storage in bags in the clamp or the clamp itself are quite similar to the data obtained by the storage in boxes for the varieties Baloo and Kassia. Sometimes they are close to one or the other situation, with the other varieties.

The root weight losses measured for each load of beets (± 15 tones/variety) varied little between the 6 varieties. They ranged between 2.6% and 2.9% (average 2.7%). The sugar weight losses varied more. The varieties Baloo and Kassia (double tolerant rhizomania - nematode varieties) showed 6.5% of sugar weight losses. The sugar weight losses were greater for the other varieties and varied between 8.5% (Bernadetta) and 12.5% (Husky). The variety Husky presented, at the time of loading of the clamp, many beets in the centre of the clamp with densely colonized zones by storage moulds. The varieties Baloo and Kassia presented almost no moulds.

In the clamp, in the bags or in the boxes, larger amounts of top regrowth were also observed on some varieties and especially on the variety Husky.

As in the experiment concerning the determination of the effect of the harvesting date, the varieties Baloo and Kassia (double tolerant rhizomania - nematode varieties) are among the 6 selected varieties, those with the lowest losses in the conditions of these other test series.

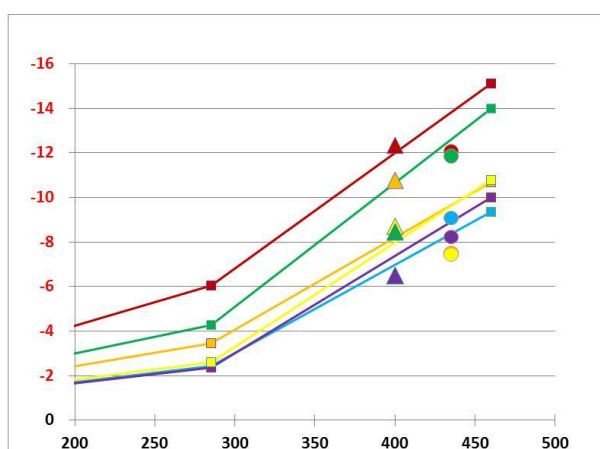


Figure 4: Sugar weight losses for the beet samples (6 varieties) from the experimental field of Eghezée, harvested and topped mechanically on 3/11/2011 and stored in different storage modes.

Legend: storage in boxes (3 replications of 50 kg): lines and square markers; storage in bags in the clamp (4 replication of 25 kg): round markers; storage in clamp (1 x 15 tons): triangular markers. Varieties: Baloo: purple; Kassia: blue; Rosalinda: orange; Muse: yellow; Bernadetta: green; Husky: brown. Vertical axis: percentage of sugar weight losses compared with the initial sugar weight. Horizontal axis: degree days.

By comparing the data of the obtained sugar losses between the manual harvesting at Eghezée (experiment on effect of the harvesting date) and the harvesting made with the harvesting system of the grower (experiment on effect of storage mode), it was found that the aggressiveness of the used harvesting system was closer to the intensive cleaning conditions in turbine (60 rounds per minute for 10 seconds) than to those of the less aggressive cleaning (40 rounds per minute for 10 seconds), despite the ideal harvesting conditions (dry weather, low level of soil moisture).

CONCLUSIONS

From these different series of experiments, it appears that:

- When the harvesting conditions are slightly aggressive, there are few differences between the sugar weight losses according to the tested varieties, until the threshold of 270 degree days (losses lower than 5% in sugar weight). The harvesting conditions (root breakage, lateral injuries, topping too deep) and the aggressiveness of the cleaning system are crucial for the storage of the beets, all varieties confounded, especially beyond the threshold of 270 degree days.
- The temperature used in the storage experiments may be constant (climatic room) or semi-real (frost-free shelter) provided that the temperature variations are not higher than those observed in practical conditions. The levels of the sugar losses established for the same amount of degree days are quite close, regardless of the combination time and temperature, until the threshold of 270 degree days. The differences between combination modalities or for the same storage modality are amplified beyond this threshold.
- The storage moulds grow already at 5°C.
- The level of sugar losses can be influenced by the origin of the samples (field effect). The differences between fields are weak until the threshold of 270 degree days. They can grow beyond and very variable (exponential evolution).

- The level of sugar losses is little influenced by the time of sampling (effect harvesting date). Beyond the threshold of 270 degree days, the level of the sugar losses determined by the experiments conducted in covered boxes, with bags in a clamp or with the whole clamp, can vary even more between the storage modalities, that the variety is more sensitive to the very long time storage conditions. The most suitable varieties for the very long time storage (beyond the threshold of 270 degree days) show the lowest variation between the storage modalities.
- The double resistant varieties (rhizomania - nematode) used in the trials show lower losses in sugar weight, when the threshold of 270 degree days is exceeded. In this case and for other varieties, the sugar losses are higher. They may be more variable depending on the used storage method (exponential evolution and more random).

A test of varietal susceptibility to storage for a (very) long time can be achieved in a standardized manner. One should in the case use:

- beets preferentially harvested manually at the end of the season (although it appears not to have any effect of the harvesting date),
- at least two cleaning densities with a cleaning turbine,
- at least two levels of storage according to the degree days, one on a threshold of 270 degree days, the other on a higher level (e.g. 400 to 450 degree days),
- the storage technique in covered boxes which allows more flexibility in the management of samples.

In this case many parameters must be standardized perfectly to limit the variability between the results. The storage tests in a respirometry room (constant measuring of CO₂ produced) are equally revealing for testing varietal sensibility on a (very) long storage.

This work was carried out as part of a research project partly funded by the Walloon Public Service, Ministry of Agriculture, DGARNE- Development Service.

REFERENCES

- 1 Anon. : Bien gérer la conservation des betteraves pour préserver le rendement. *AgroInfos, La lettre d'information agronomique de Téréos*, septembre 2009, 3-5, 2009.
- 2 BLOCAILLE, S., LEGRAND, G., WAUTERS, A.: Éléments influençant les pertes pendant le stockage longue durée des betteraves sucrières. *Proceedings of the 72rd IIRB Congress*, Copenhagen, Danemark, 22-24/06/2010, 19-28, 2010.
- 3 LEGRAND, G.: Bilan de l'année betteravière 2011 : 14,4 t/ha sucre et de nombreux autres records ! *Le Betteravier*, mars 2012, 5-10, 2012.
- 4 LEGRAND, G., WAUTERS, A. : Stockage à long terme des betteraves. Expérimentations IRBAB 2008. *Le Betteravier*, juillet 2009, 7-10, 2009.
- 5 RAPP, A.: Conservation : Téréos compte en degrés-jours. *Cultivar*, octobre 2009, 44-46, 2009.
- 6 VAN SWAAIJ, N., HUIJBREGTS, T.: Long-term storability of different sugar beet genotypes – Results of a joint IIRB study. *Zuckerindustrie* 135/11, 661-667, 2010.

SESSION / SESSION / SITZUNG 5: OPEN SESSION – SESSION OUVERTE – OFFENE SEKTION

ELMA RAAIJMAKERS

IRS (Institute of Sugar Beet Research), P.O. Box 32, NL – 4600 AA Bergen op Zoom

SUSTAINABLE METHODS TO CONTROL *HETERODERA BETAE*

ABSTRACT

In the Netherlands the yellow beet cyst nematode (*Heterodera betae*) causes yield losses on sandy soils. A high infestation can even result in plant losses. In the south eastern and north eastern part of the Netherlands *H. betae* occurs on 18% and 5% of the fields, respectively. In recent years, more and more growers encounter problems with this nematode. From the SUSY-project, it was concluded that *H. betae* was one of the most important factors explaining low sugar yield on sandy soils. Since hardly any sustainable methods are available to control *H. betae*, research was done in order to investigate the host status of different green manure crops. White mustard (*Sinapis alba*) and oil seed radish (*Raphanus sativus* spp. *oleiferus*) were included in the experiments, since resistant varieties are known to be able to reduce infection levels of the white beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*). Results from the climate room trial in 2007 and the field trial in 2008 show that *H. betae* larvae multiply on susceptible white mustard and susceptible oil seed radish. However, they do not multiply on resistant white mustard and resistant oil seed radish. Therefore, these resistant cruciferous green manure crops are a good tool for growers in the control of this nematode. The results gave rise to the question whether sugar beet varieties resistant or tolerant to *H. schachtii* might also be resistant or tolerant to *H. betae*. This was tested in climate room experiments in 2009, 2010 and 2011 and field trials in 2010 and 2011. Varieties with resistance genes from *Beta procumbens* or *B. maritima* were not totally resistant to *H. betae*, but did limit the multiplication of the nematode in comparison with susceptible varieties. Only the varieties with resistance genes from *B. maritima* resulted in higher yields in comparison with susceptible varieties on the field trials with *H. betae*.

METHODES DURABLES POUR CONTROLER *HETERODERA BETAE*

RESUME

Aux Pays-Bas, le nématode à kystes jaunes de la betterave (*Heterodera betae*) provoque des pertes de rendement en sols sablonneux. Une forte infestation peut même entraîner des pertes de plantes. Dans les régions Sud-Est et Nord-Est des Pays-Bas, *H. betae* apparaît respectivement dans 18 % et 5 % des champs. Ces dernières années, de plus en plus de cultivateurs rencontrent des problèmes avec ce nématode. Une des conclusions du projet SUSY a été que *H. betae* est un des facteurs les plus importants expliquant le faible rendement en sucre en sols sablonneux. Depuis que pratiquement aucune méthode durable n'est disponible pour contrôler *H. betae*, une recherche a été effectuée afin d'étudier le niveau de plante-hôte de différentes cultures d'engrais vert. La moutarde blanche (*Sinapis alba*) et le radis oléagineux (*Raphanus sativus* spp. *oleiferus*) ont été inclus dans les essais, car les variétés résistantes de ces espèces sont connues pour être en mesure de réduire les niveaux d'infestation par le nématode à kystes blancs de la betterave (*Heterodera schachtii*). Les résultats de l'essai en chambre climatisée en 2007 et l'essai en champ en 2008 montrent que les larves de *H. betae* se multiplient sur la moutarde blanche sensible et sur le radis oléagineux sensible. Cependant, ils ne se multiplient pas sur la moutarde blanche résistante, ni sur le radis oléagineux résistant. Par conséquent, ces cultures d'engrais verts de type crucifères sont un bon outil pour les cultivateurs pour contrôler ce nématode. Les résultats ont donné lieu à la question de savoir si les variétés de betterave sucrière tolérantes ou résistantes à *H. schachtii* pourraient également être résistantes ou tolérantes à *H. betae*. Cela a été testé dans des essais en chambre climatisée en 2009, 2010 et 2011 et dans des essais en champ en 2010 et 2011. Des variétés avec des gènes de résistance de *Beta procumbens* ou *B. maritima* n'étaient pas totalement résistantes à *H. betae*, mais ont limité la multiplication du nématode en comparaison avec des variétés sensibles. Seules les variétés avec des gènes de résistance de *B. maritima* ont présenté des rendements plus élevés en comparaison avec des variétés sensibles sur les essais en plein champ avec *H. betae*.

NACHHALTIGE METHODEN ZUR KONTROLLE VON *HETERODERA BETAE*

KURZFASSUNG

In den Niederlanden verursacht der Gelbe Rübenzystennematode (*Heterodera betae*) Ertragsverluste auf sandigen Böden, ein starker Befall kann sogar zu Pflanzenverlusten führen. In den süd- und nord-östlichen Teilen der Niederlande tritt *H. betae* auf 18 bzw. 5 % der Flächen auf. In den vergangenen Jahren verursachte dieser Nematode bei immer mehr Landwirten Probleme. Aus dem SUSY-Projekt wurde geschlossen, dass ein Befall mit *H. betae* einer der wesentlichsten Faktoren zur Erklärung eines niedrigen Zuckerertrags auf sandigen Böden ist. Da nahezu keine nachhaltigen Methoden zur Kontrolle von *H. betae* zur Verfügung stehen, wurden Untersuchungen durchgeführt, um den Wirtsstatus verschiedener Gründüngepflanzen zu untersuchen. Weißer Senf (*Sinapis alba*) und Ölrettich (*Raphanus sativus* spp. *oleiferus*) wurden in die Experimente eingeschlossen, da resistente Varianten bekanntermaßen das Befallsniveau des Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) senken können. Ergebnisse eines Klimaschrankversuchs aus dem Jahr 2007 und des Feldversuchs 2008 zeigten, dass sich *H. betae*-Larven auf anfälligem Weißem Senf und anfälligem Ölrettich vermehren, nicht jedoch auf resistentem Weißem Senf und resistentem Ölrettich. Daher stellen diese resistenten, als Gründünger angebauten Kreuziferen für den Landwirt eine gute Maßnahme zur Kontrolle dieses Nematoden dar. Aus den Ergebnissen ergab sich die Frage ob die gegenüber *H. schachtii* resistenten oder toleranten Sorten ebenfalls gegenüber *H. betae* resistent oder tolerant sind. Dies wurde in den Jahren 2009, 2010 und 2011 in Klimaschrankexperimenten und 2011 und 2011 im Feld untersucht. Sorten mit Resistenzgenen aus *Beta procumbens* oder *B. maritima* waren nicht vollständig resistent gegenüber *H. betae*, limitierten aber die Vermehrung des Nematoden im Vergleich zu anfälligen Sorten. In den Feldversuchen mit *H. betae* führte im Vergleich zu anfälligen Sorten nur der Anbau von Sorten mit Resistenzgenen aus *B. maritima* zu höheren Erträgen.

INTRODUCTION

The yellow beet cyst nematode (YBCN), *Heterodera betae*, was first reported in the Netherlands by MAAS and HEIJBROEK (1981) as *Heterodera trifolii* f. sp. *betae*. Twenty years later, it was found to be a distinct species from *H. trifolii* and named *Heterodera betae* (WOUTS *et al.*, 2001). The nematode is reported from Spain, Portugal, France on wild beet (*Beta maritima*) along the coasts (GRACIANNE and FOURNET, pers. comm.), and from Germany (DAUB, pers. comm.), Sweden (ANDERSSON, 1984), Italy (AMBROGIONI *et al.*, 1999), Lithuania (STANELIS, 2004), Switzerland (VALLOTTON, 1985) and Finland (ERONEN, 2008) on sugar beet (*B. vulgaris*).

In the Netherlands *H. betae* causes yield losses on sandy soils. A high infestation can even result in plant losses (MAAS and HEIJBROEK, 1981). In the southeastern and northeastern part of the Netherlands *H. betae* occurs on 18% and 5% of the fields, respectively (KEIDEL *et al.*, 2007). This nematode has a very broad host range. This host range includes species from the families of *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Leguminosae* and *Polygonaceae*, like chickweed (*Stellaria media*), spinach (*Spinacia oleracea*), sugar beet, cabbage (*Brassica oleracea*), common bean (*Phaseolus vulgaris*), broad bean (*Vicia faba*) and curled dock (*Rumex crispus*) (MAAS and HEIJBROEK, 1981). Because the host range of *H. betae* is broader than the host range of *H. schachtii* (white beet cyst nematode) a proper identification is important. *H. betae* can be identified by the length of the cyst (475-1160 µm), the length of the larvae (550-660 µm), the length of the stylet (29.5-33 µm) and the length of the hyaline part of the tail (32-50 µm) (WOUTS *et al.*, 2001). The lengths of these characteristics of *H. schachtii* are smaller (larval length: 430-490 µm; stylet length: 25 µm; length of the hyaline part of the tail: 25-33 µm), except for the length of the cysts (620-980 µm) (BONGERS, 1994; IRS, unpublished data).

The yellow beet cyst nematode can only be controlled by decreasing the frequency of host crops in the rotation, by soil disinfection with metam sodium or the use of nematicides, like oxamyl. Next to decreasing the frequency of host crops in the rotation, no sustainable methods are available to control *H. betae*. Therefore, research was done in order to investigate the host status of different green manure crops. Moreover, research was done in order to investigate whether sugar beet varieties resistant or tolerant to the white beet cyst nematode (*H. schachtii*) might also be resistant or tolerant to *H. betae*.

MATERIALS AND METHODS

Both, climate room trials and field trials with green manure crops and sugar beet varieties were conducted.

Green manure crops

In 2007 a climate room trial was conducted with sugar beet (variety 'Coyote'), forage rape (*Brassica napus* variety 'Sparta'), oilseed radish (*Raphanus sativus* spp. *oleiferus* varieties 'Siletta Nova', 'Corporal' and 'Terranova') and white mustard (*Sinapsis alba* varieties 'Gisilba', 'Achilles' and 'Abraham'). In this trial, larvae of the yellow beet cyst nematode were added to single plants of these crops in 100 repetitions. Sugar beet was taken as a control crop. Plants were sown in small container pots (80 ml). Two weeks after sowing, one milliliter suspension containing about 300 second stage juveniles was added to each single pot. These juveniles were hatched from cysts reared on oilseed rape (*Brassica napus* variety 'Ladoga'). After about three weeks, the number of cysts was counted on total root mass of each plant.

In 2008 a field trial was conducted on a sandy soil in Groesbeek (Netherlands). Before conducting the trial, four soil samples were taken. In these soil samples the number of *H. betae* was counted. Based on these samples, the exact location of the field trial on the field was determined. From all the crops used in the climate room small plots were sown (gross 4 x 6 meter; net 1 x 3 meter), except for white mustard 'Abraham'. Also fallow was taken into account. The trial was conducted in eight repetitions. From each plot a soil sample was taken at sowing (June 2008) and at end of the field trial (October 2008). In these soil samples the number of yellow beet cyst nematodes were counted in 100 ml of soil, according to the method described by BEZOOIJEN (2006). The multiplication (Pf/Pi) was calculated by dividing the final population (Pf) by the initial population (Pi).

Sugar beet varieties

In 2010 and 2011 climate room trials were conducted. In these trials, larvae of the yellow beet cyst nematode were added to single plants of different sugar beet varieties in 25 repetitions. These were susceptible varieties ('Coyote' and 'Fernanda KWS'), varieties resistant to white beet cyst nematode ('Paulina' and 'SY Nematue') (origin of resistance gene: *Beta procumbens*) and varieties tolerant to white beet cyst nematodes ('Bantam', 'Bever', 'Constantina KWS', 'HI 0948', 'SN 362' and 'Theresa KWS') (origin of resistance genes: *B. maritima*). Plants were sown in small container pots (80 ml). Two weeks after sowing, one milliliter suspension containing about 300 second stage juveniles was added to each single pot. These juveniles were hatched from cysts reared on oilseed rape (*Brassica napus* variety 'Ladoga'). After about five weeks, the numbers of cysts were counted in the soil of each single container.

In 2010 and 2011 three field trials were conducted on sandy soils in the northeastern part of the Netherlands. In 2010 a field in Eeserveen was selected with an initial population density of 89 eggs and larvae per 100 ml soil on average. In 2011 a field in Eeserveen and a field in Odoornerveen were selected. These fields had an average initial population density of 62 and 2661 eggs and larvae per 100 ml soil, respectively. On these fields different sugar beet varieties (same as in the climate room trial) were sown in spring on plots of 43.5 m². The field trials were conducted in five repetitions. From each plot one soil sample was taken at sowing and one soil sample at harvest in autumn and nematodes were extracted and counted in 100 ml of soil, according to the method described by BEZOOIJEN (2006). At harvest gross weight of the sugar beets from each plot was measured, and three subsamples of sugar beet were taken. These subsamples were transported to the IRS tare house, where the quality parameters, soil tare and sugar content were determined, according to DE BRUIJN *et al.* (2006). Based upon beet yield and beet quality the financial yield was calculated. Standardized prices were taken for quota beets (35 €/ton) at 16% sugar with a correction for sugar content and beet quality (HUIJBREGTS and TIJINK, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

Green manure crops

In the climate room trial, on the roots of oilseed radish 'Siletta Nova' and white mustard 'Gisilba' more cysts of the yellow beet cyst nematode were counted than on the roots of oilseed radish 'Corporal' and 'Terranova' and white mustard 'Achilles' and 'Abraham' (Figure 1). 'Siletta Nova' and 'Gisilba' are known to be susceptible to the white beet cyst nematode and oilseed radish 'Corporal' and 'Terranova' and white mustard 'Achilles' and 'Abraham' are known to be resistant to the white beet cyst nematode (WANDER, 2008). Forage rape had significantly more cysts than oilseed radish 'Siletta Nova' and the same number of cysts as white mustard 'Gisilba'.

In the field trial, sugar beet, forage rape, oilseed radish 'Siletta Nova' and white mustard 'Gisilba' had a higher Pf/Pi value than fallow (Figure 2). This means that these crops and varieties were all able to multiply yellow beet cyst nematodes in the field. However, oilseed radish 'Corporal' and 'Terranova' and white mustard 'Achilles' had lower Pf/Pi values than fallow and were therefore not able to multiply yellow beet cyst nematodes. These results are consistent with the results from the climate room trial and with the results of the white beet cyst nematode (WANDER, 2008).

These results are also in correspondence with the results of HEIJBROEK (1987) and AMBROGIONI *et al.* (2002). HEIJBROEK (1987) tested the varieties 'Sereno', 'Ramses' and 'Nemex' of oilseed radish and 'Emergo' and 'Maxi' of white mustard. He did not find any arguments that varieties of oilseed radish and white mustard were acting differently for either the yellow or white beet cyst nematode.

Therefore, growers should not use forage rape as a green manure crop, but preferably choose for resistant varieties of oilseed radish and white mustard when yellow beet cyst nematodes are present on their fields, in order to keep infestation levels low.

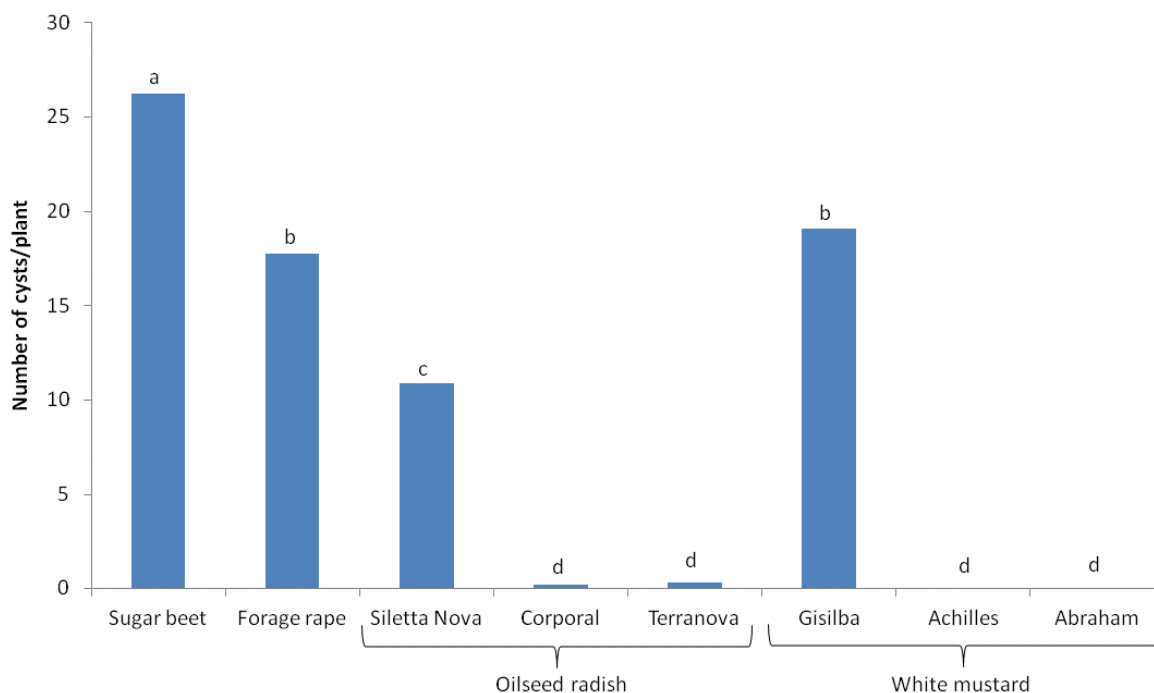


Figure 1: Mean number of cysts of the yellow beet cyst nematode (*H. betae*) on the roots of different crops in the climate room trial (2007).

Sugar beet varieties

In the climate room trials, the number of cysts of the yellow beet cyst nematode per plant was lower for sugar beet varieties resistant and tolerant to white beet cyst nematodes in comparison with the susceptible varieties (Figure 3). Therefore, field trials were conducted in order to investigate the effect of these varieties under field conditions and the potential benefit for farmers.

The resistant varieties had a significant lower financial yield in comparison with the susceptible varieties on the field trials infested with yellow beet cyst nematodes in 2010 and 2011 (Figure 4). However, the tolerant varieties did have a significant higher financial yield than the susceptible and resistant va-

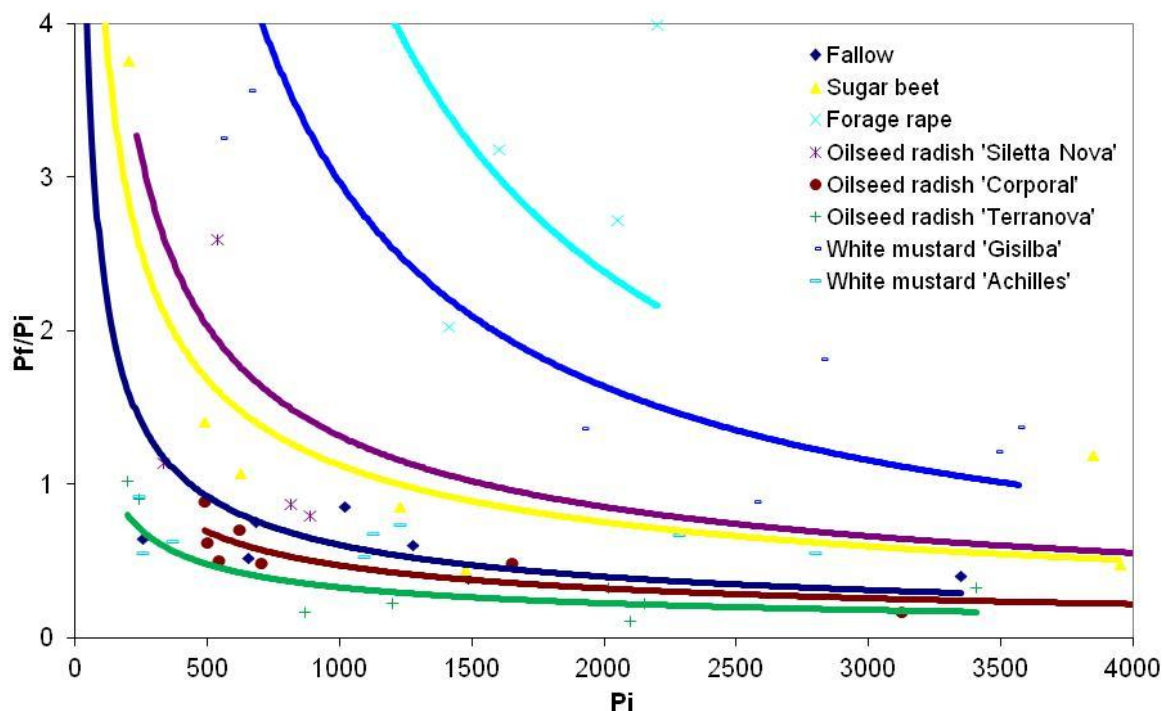


Figure 2: Multiplication rate (Pf/Pi) of the yellow beet cyst nematode (*H. betae*) for fallow, sugar beet and six different green manure crops at different Pi values (eggs and larvae/100 ml soil) in the field trial (2008).

varieties. On the field trial with only 62 eggs and larvae per 100 ml soil (data not shown), the tolerant varieties performed as good as the susceptible varieties. Therefore, growers can economically use these tolerant varieties from a infestation density of at least 62 eggs and larvae per 100 ml soil and higher.

Another advantage of the tolerant varieties is that the population of yellow beet cyst nematodes is limited by tolerant varieties in comparison with susceptible varieties (Figure 5). This is another reason for farmers to use tolerant varieties. The resistant varieties also limited the multiplication of the yellow beet cyst nematode in comparison with susceptible varieties, but did not perform as good on yellow beet cyst nematodes, as they do on white beet cyst nematodes. Out of climate room experiments, STEELE *et al.* (1983) even concluded that resistance of *Beta procumbens* for white beet cyst nematodes did not count for yellow beet cyst nematodes.

Since these tolerant varieties can be used by growers to improve yield on fields, infested with yellow beet cyst nematodes, it is advised to growers to take soil samples from their fields before growing sugar beet to know whether fields are infested or not. Moreover, it is advised to use tolerant varieties when population densities exceed the damage threshold.

CONCLUSION

Forage rape, susceptible oilseed radish and susceptible white mustard do multiply the yellow beet cyst nematode (*H. betae*). However, oilseed radish and white mustard resistant to white beet cyst nematodes (*H. schachtii*) don't. Therefore, growers with soils infected with *H. betae* better sow resistant oilseed radish or white mustard instead of forage rape.

In this research, varieties of sugar beet tolerant to white beet cyst nematodes are found to be partially resistant and tolerant to the yellow beet cyst nematode. These varieties can be used to improve yield, but also to minimize the multiplication (and thus building up of the population) of the yellow beet cyst nematode.

The use of green manure crops and tolerant sugar beet varieties are found to be sustainable methods to control yellow beet cyst nematodes, resulting in higher financial yields.

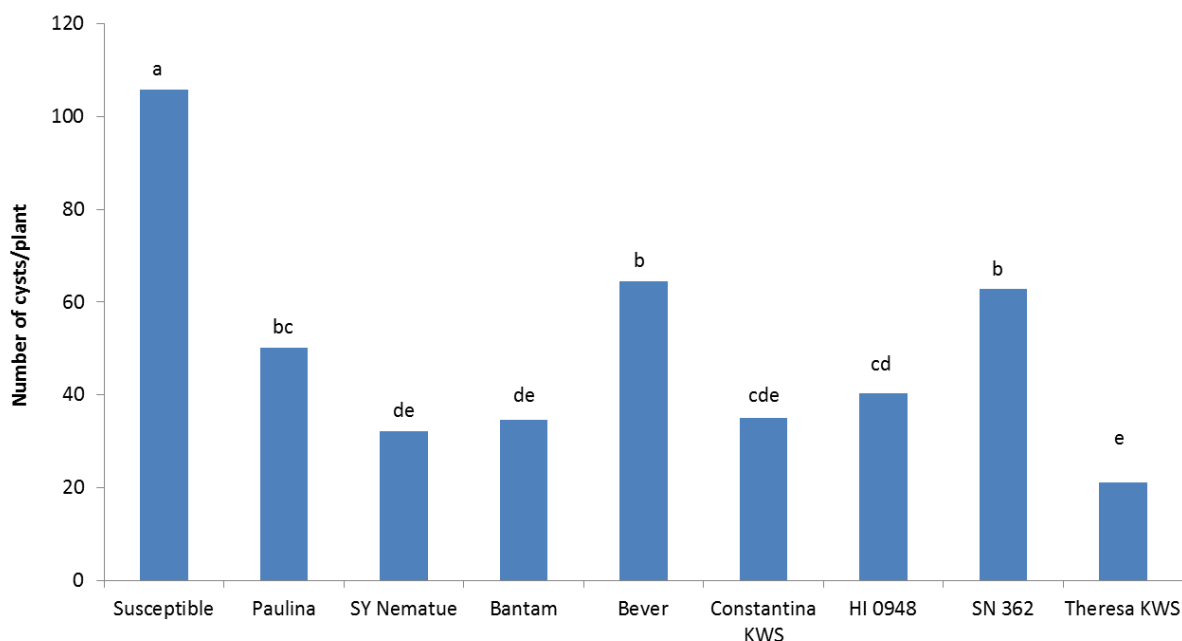


Figure 3: Average number of cysts of the yellow beet cyst nematode (*H. betae*) for each sugar beet variety in the climate rooms trials conducted in 2010 and 2011 ($n=2$). Paulina and SY Nematue are resistant varieties and Bantam, Bever, Constantina KWS, HI 0948, SN 362 and Theresa KWS are tolerant varieties for white beet cyst nematodes.

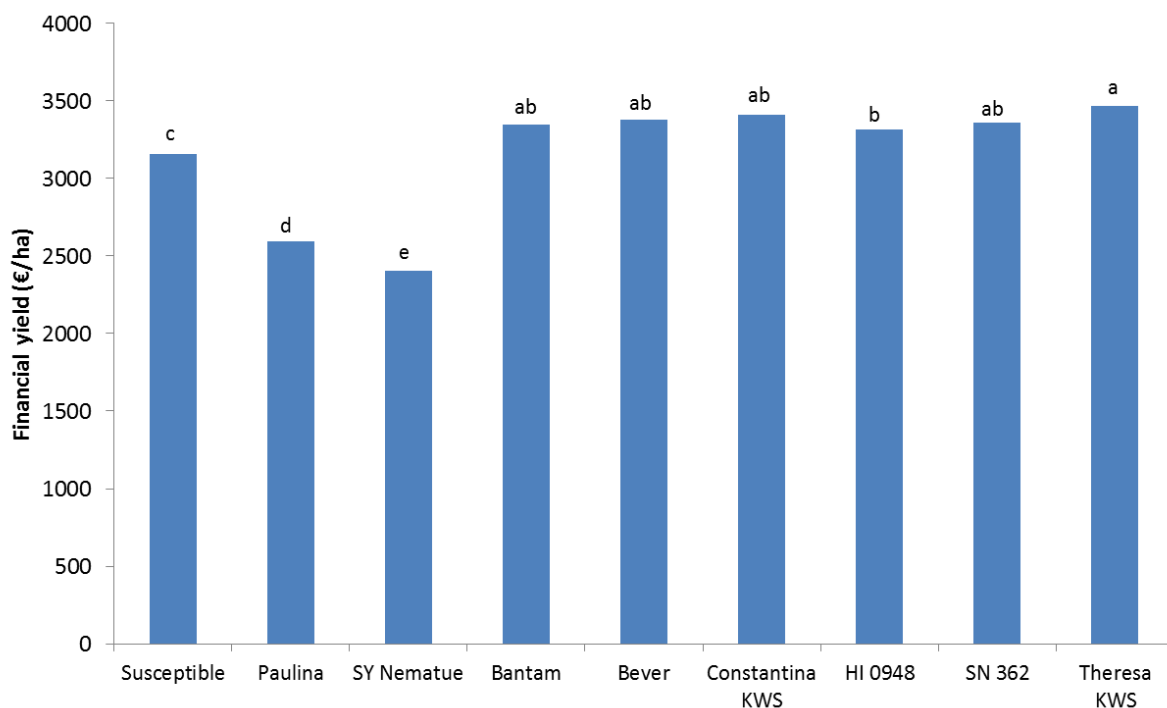


Figure 4: Financial yield (€/ha) of the sugar beet varieties (average of three field trials infested with the yellow beet cyst nematode (*H. betae*) in 2010 and 2011). Paulina and SY Nematue are resistant varieties and Bantam, Bever, Constantina KWS, HI 0948, SN 362 and Theresa KWS are tolerant varieties for white beet cyst nematodes.

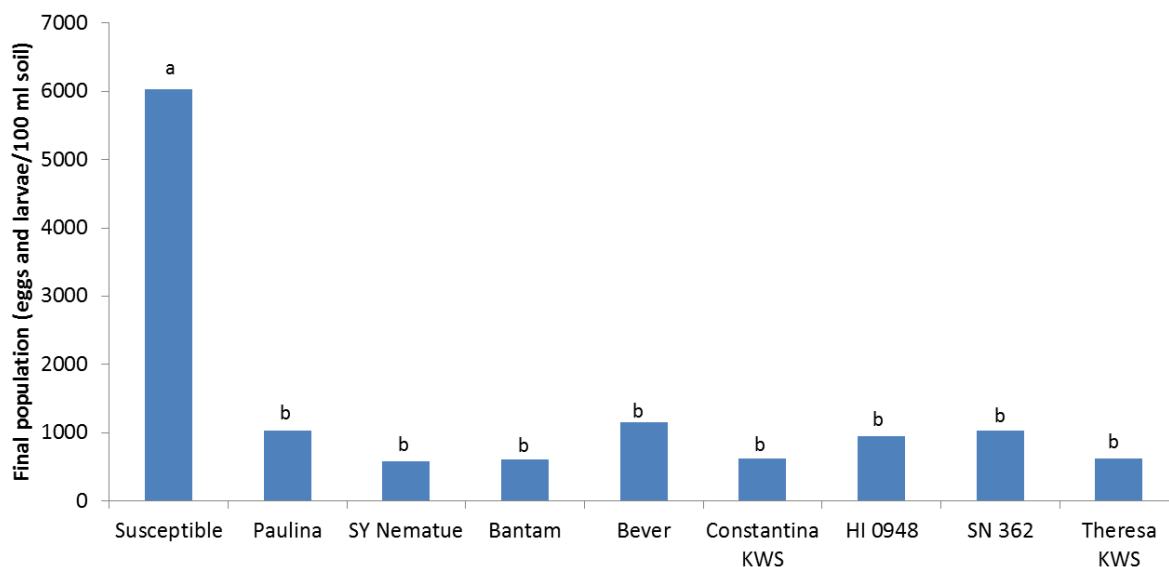


Figure 5: Final population densities (Pf) of yellow beet cyst nematode (*H. betae*) for the different sugar beet varieties (average of three fields in 2010 and 2011). Paulina and SY Nematue are resistant varieties and Bantam, Bever, Constantina KWS, HI 0948, SN 362 and Theresa KWS are tolerant varieties for white beet cyst nematodes.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank the Dutch commodity board for agriculture and the Dutch sugar industry. They financially supported the work on green manure crops and sugar beet varieties, respectively.

Furthermore, I would like to thank Joordens Zaden B.V. (Kessel, Netherlands) for supplying seeds of forage rape variety 'Sparta', oilseed radish variety 'Terranova' and white mustard varieties 'Achilles' and 'Abraham', P.H. Petersen Saatzucht Lundsgaard GmbH & Co. KG (Grundhof, Germany) for oilseed radish variety 'Siletta Nova', Innoseeds B.V. (Kappelle, Netherlands) for oilseed radish variety 'Corporal', SESVANDERHAVE N.V. (Tienen, Belgium) for sugar beet seeds of varieties 'Coyote', 'Bantam', 'Bever' and 'SN 362', KWS SAAT AG (Einbeck, Germany) for sugar beet varieties 'Fernanda KWS', 'Paulina', 'Constantina KWS' and 'Theresa KWS' and Syngenta Seeds AB (Landskrona, Sweden) for sugar beet varieties 'SY Nematue' and 'HI 0948'.

REFERENCES

- 1 AMBROGIONI, L., CAROPPO, S., COTRONEO, A., MORETTI, F.: Field test on the effect of a spring sown field oil radish (*Raphanus sativus* L. ssp. *Oleiformis*) on a population of *Heterodera betae*. *Redia* 85, 77-82, 2002.
- 2 AMBROGIONI, L., COTRONEO, A., MORETTI, F., TACCONI, R., IRDANI T.: First record of the yellow beet cyst nematode (*Heterodera trifolii*) in Italy. *Nematologia mediterranea* 27, 151-158, 1999.
- 3 ANDERSSON, S.: First record of a yellow beet cyst nematode (*Heterodera trifolii*) in Sweden. *Växtskyddsnotiser* 48: 5, 93-95, 1984.
- 4 VAN BEZOOIJEN, J.: Methods and techniques for nematology. *Department of Nematology, Wageningen University, Wageningen*, 2006.
- 5 BONGERS, T.: De nematoden van Nederland. *Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht*, 1994.
- 6 DE BRUIJN, J.M., MOENS, C.J., TIMMERMANS, A.P.G., SIKKEN, G.W., HUIJBREGTS, A.W.M., ELANDS, L.J.W.A.M.: Uniforme methode voor gewichtsbepaling, monsternamen en monsteronderzoek van suikerbieten in Nederland. *Nederlandse Suikerindustrie, Bergen op Zoom*, 2006.

- 7 ERONEN, L.: Inventory of beet cyst nematode on sugar beet farms of three machine rings in inland 2004-2006. *NJF Report 4*: 3, 20, 2008.
- 8 HEIJBROEK, W.: Project No. 10-04. Nematoden. Het beoordelen van bietencystealtjes-resistente kruisbloemige gewassen op hun praktijkwaarde. *IRS Jaarverslag, Bergen op Zoom*, 1986.
- 9 HUIJBREGTS, A.W.M., TIJINK, F.G.J.: Kwaliteit, Oogst (-mechanisatie) en Bewaring. *IRS Betatip*, 3-30, 2008.
- 10 KEIDEL, H., VAN BEERS, T.G., DOORNBOS, J., MOLENDIJK, L.P.G.: Monitoring Nulsituatie. Rapport resultaten meetronde 2005-2006. *Blgg BV, Oosterbeek*, 2007.
- 11 MAAS, P.W.Th., HEIJBROEK, W.: Het geel bietencystealtje, een biotype van *Heterodera trifolii*. *Gewasbescherming*, 12, 205-218, 1981.
- 12 STANELIS, A.: Yellow beet cyst nematode (*Heterodera betae* Wouts *et al.*) (Nematoda: Heteroderidae) a new recorded species for Lithuania. *Acta Zoologica Lithuanica* 14, 62-65, 2004.
- 13 STEELE, A.E., TOXOPEUS, H., HEIJBROEK, W.: Susceptibility of plant selections to *Heterodera schachtii* and a race of *H. trifolii* parasitic on Sugarbeet in The Netherlands. *Journal of Nematology* 15 (2): 281-288, 1983.
- 14 VALLOTTON, R.: Première observation en Suisse de la <<forma specialise Betterave>> du nematode à kyste *Heterodera trifolii*. *Revue Suisse d'Agriculture* 17, 137-140, 1985.
- 15 WANDER, J.: Rassenbulletin bladrammenas en gele mosterd (stoppelgewassen) 2008. *DLV Plant, Wageningen*, 2008.
- 16 WOUTS, W.M., Rumpfenhorst, H.J., STURHAN, D.: *Heterodera betae* sp. n., the yellow beet cyst nematode (Nematoda: Heteroderidae). *Russian Journal of Nematology* 9 (1), 33-42, 2001.

RÉMY DUVAL
ITB, 45 rue de Naples, F – 75008 Paris

EVALUATION OF PURE AND ASSOCIATED LEGUMES COVER-CROPS AS A NITROGEN SOURCE FOR THE FOLLOWING CROP

ABSTRACT

Catch crops in intercrops before sugar beet are compulsory on more than 80% of surfaces in France, in application of the European nitrate directive. If catch crops are efficient for reducing nitrate lixiviation, it doesn't mean that they reduce N mineral fertiliser need for the following crop. The idea is here to introduce legumes in intercrops, in order to release more nitrogen for the main crop, and lower N fertiliser supply in spring. Legumes were tested as pure cover or associated cover crops. Annual field trials were driven from 2006 to 2011 (most of them with sugar beet as following crop, and some with spring barley) in a collaborative work including ITB, ARVALIS, and the technical committee FDGEDA Aube (Champagne region). The protocols included a complete range of measurement to give answers to the different questions that were targeted:

- Are legumes able to take up soil mineral nitrogen, or do they have to be associated with a classical catch crop? Is there any risk of N losses by leaching after cover crop destruction?
- What is the quantitative potential of legumes, pure or associated, as Nitrogen providers?
- Which legumes species are adapted to summer sowing and autumn growth?
- Is there an economic benefit for the farmer?

The figures couldn't prove an efficient catch-crop effect of legumes sown alone, though they were able to lower N mineral in soil before winter. Much better efficiency was obtained with associations (legume + non legume), and it was proven that there was no risk of early mineralisation and leaching after destruction. Associated cover crops are able to supply 20 to 40 kg/ha N to the following crop, whereas pure legumes could provide more than 50 kg/ha. The N supply is depending on cover crop development, which demands early sowing in summer and a cautious drilling technique. Many legumes species and legumes-non legumes associations were tested in experimental fields. Some associations could show interesting synergetic effects between species.

LEGUMINEUSES COMME PLANTES DE COUVERTURE EN PERIODE D'INTER-CULTURE: UNE SOURCE D'AZOTE POUR LA CULTURE DE BETTERAVE

RESUME

Les cultures intermédiaires avant betteraves sont obligatoires en France sur plus de 80 % des surfaces, en application de la directive nitrates. Si les cipan sont très efficaces pour limiter le risque de lixiviation hivernale de l'azote nitrique, leur incidence sur la dose d'azote minéral à appliquer sur la culture principale reste faible. Avec l'insertion de légumineuses dans les couverts, le but est d'augmenter la restitution d'azote à la culture pour pouvoir réduire la fertilisation minérale au printemps. Notre étude a permis de tester à la fois des couverts de légumineuses pures et des couverts de légumineuses associées à d'autres espèces non légumineuses. Des essais ont été conduits entre 2006 et 2011 par l'ITB et un comité technique regroupant plusieurs organismes de développement de la région Champagne et ARVALIS-Institut-du-végétal. Les essais s'intéressaient aux intercultures avant betterave sucrière et avant orge de printemps. Le protocole avait été défini afin de répondre le plus complètement possible à un ensemble de questions:

- Quelle est la capacité de piégeage d'azote d'une légumineuse, et doit on les associer obligatoirement à une plante piège à nitrate classique ? Y a-t-il un risque de lixiviation de l'azote du couvert après sa destruction ?
- Quelles sont les quantités d'azote pouvant bénéficier à la culture principale ?
- Peut-on déterminer les espèces légumineuses les plus aptes à la croissance automnale ?
- Quel bilan économique peut-on prévoir pour l'agriculteur ?

Bien que les couverts de légumineuses pures présentent une certaine capacité à réduire le stock d'azote minéral avant drainage hivernal, leur efficacité de piégeage a été jugée insuffisante pour

pouvoir les considérer comme de véritables “pièges à nitrates”. Par contre, les couverts associant une légumineuse et une cipan classique ont une très bonne faculté de piégeage, et il a été montré que ces couverts ne présentaient pas de risque de minéralisation précoce et de lixiviation après destruction.

Les quantités restituées à la culture principale suivant l'interculture ont été de 20 à 40 kg/ha pour des couverts associés, et de 50 kg/ha ou plus pour des couverts de légumineuses pures. Les quantités d'azote restituées sont liées au développement atteint par le couvert. Pour atteindre un niveau de développement suffisant, il est apparu impératif de semer tôt, et d'assurer une bonne qualité de semis. Plusieurs espèces de plantes légumineuses ont été testées pures et en association dans les essais. On a pu constater des effets de synergie entre certaines espèces.

DIE BEDEUTUNG DES ANBAUS VON LEGUMINOSE NZWISCHENFRÜCHTEN IN REIN- UND MISCHKULTUR ALS STICKSTOFFQUELLE FÜR DIE FOLGEFRUCHT

KURZFASSUNG

Zwischenfrüchte sind in Frankreich vor Zuckerrüben entsprechend der EU-Nitratrichtlinie auf 80 % der Flächen verpflichtend anzubauen. Wenn Zwischenfrüchte die Nitratauswaschung reduzieren, heisst das nicht, dass sie damit den für die Folgefrucht benötigten N-Dünger verringern. Der Grundgedanke ist vielmehr, Leguminosen als Zwischenfrüchte einzuführen, um zur Hauptfrucht mehr Stickstoff freizusetzen und die nötigen Stickstoffgaben im Frühjahr zu senken. Leguminosen wurden in Reinkultur oder in Mischkultur mit anderen Zwischenfrüchten getestet. Von 2006 bis 2011 wurden jährliche Feldversuche (zumeist mit Zuckerrüben als Folgefrucht, einige auch mit Frühjahrsgerste) in Zusammenarbeit von ITB, ARVALIS und dem technischen Komitee FDGEDA Aube (Region Champagne) durchgeführt. Diese Untersuchungen sollten Antworten auf folgende Fragestellungen geben:

- Sind Leguminosen in der Lage, mineralischen Stickstoff aus dem Boden aufzunehmen, oder müssen sie mit einer klassischen Zwischenfrucht assoziiert sein? Besteht das Risiko von N-Verlusten durch Auswaschung nach Umbruch der Zwischenfrucht?
- Wie hoch ist das Potential von Leguminosen als Stickstoffversorger in Rein- oder Mischkultur?
- Welche Leguminosenart eignet sich für eine Sommeraussaat und Wachstum im Herbst?
- Besteht ein wirtschaftlicher Vorteil für den Landwirt?

Die Ergebnisse zeigten keinen deutlichen Catch crop-Effekt der Leguminosen allein, obwohl sie den mineralischen Stickstoff im Boden vor Winter reduzieren konnten. Sehr viel effizienter waren Mischkulturen aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen; es konnte gezeigt werden, dass nach ihrem Umbruch kein Risiko einer frühen Mineralisation und Auswaschung bestand. Zwischenfrüchte in Mischkultur können 20 bis 40 kg/ha N für die Folgefrucht liefern, wohingegen reine Leguminosen mehr als 50 kg/ha liefern könnten. Die N-Versorgung ist von der Entwicklung der Zwischenfrucht abhängig und setzt eine frühe Aussaat im Sommer und Sorgsamkeit bei der Aussaat voraus. Viele Leguminosenarten und Leguminosen/Nicht-Leguminosen-Mischungen wurden in Experimenten untersucht. Einige Mischkulturen versprechen interessante synergistische Effekte zwischen den Arten.

INTRODUCTION

Les couverts végétaux en période d'interculture ont été retenus comme une technique prioritaire en France, pour réduire les pertes d'azote par lixiviation, dans les programmes d'application de la directive nitrate en zones vulnérables. Aujourd'hui, la grande majorité des parcelles de betterave sucrière, de pomme de terre, d'orge de printemps, de lin, maïs, ou pois, sont semées et couvertes avec une plante piège à nitrates en fin d'été jusqu'en fin d'automne ou début d'hiver.

La couverture des sols avec des crucifères, phacélie, graminées, a une efficacité reconnue pour limiter les pertes d'azote nitrique vers le sous-sol (1) (2), cependant elle représente un coût pour l'agriculteur qui n'en recueille pas de bénéfice direct. En particulier, on ne peut attendre des “cultures pièges à nitrates” (“cipan”), pour l'essentiel des crucifères, un effet direct à court terme de réduction des doses d'azote minéral à apporter sur la culture principale qui suit. L'introduction de légumineuses en couverture d'automne a été envisagée comme un moyen de favoriser la restitution d'azote à la culture principale, donc de permettre une réduction significative de fertilisation minérale sur celle-ci.

Les légumineuses n'étant pas autorisées comme espèces pièges à nitrates dans les trois premiers programmes d'action, le premier enjeu de notre étude, conduite entre 2006 et 2010, a été de réévaluer la capacité des légumineuses à agir comme pièges d'azote du sol pendant leur croissance, soit en solo, soit en associations. Nous avons par ailleurs essayé d'évaluer leur restitution d'azote à la culture suivante. Enfin, nous avons comparé diverses espèces et variétés, et différents modes de conduite, pour définir celles qui seront le mieux adaptées à une conduite en interculture. Les questions posées et les mesures réalisées pour y répondre sont listées dans le tableau 1.

Tableau 1: Résumé des objectifs et conduite expérimentale proposée pour y répondre

Objectifs des expérimentations	Mesures réalisées correspondant aux objectifs
Quelle est l'efficacité des couverts avec légumineuses vis-à-vis du risque de lixiviation d'azote ?	Mesures d'azote minéral dans le sol à la période de début de drainage hivernal
<i>What is the efficiency of pure legumes cover crops for limiting N lixiviation</i>	<i>Soil mineral N measurements before winter</i>
Cette efficacité est elle comparable à celle d'une crucifère (ou autre cipan conventionnelle) ?	Les dispositifs mettent toujours en référence une cipan classique, en plus d'un objet "sol nu".
<i>Are legumes as efficient as cruciferous or other catch crops ?</i>	<i>Comparison with conventional catch crop</i>
Quelles sont les quantités d'azote mises en jeu par le piégeage et la fixation ?	Les mesures comparatives d'azote minéral dans le sol entre couverts de légumineuses et sol nu donnent une estimation indirecte des quantités d'azote fixées par voie symbiotique.
<i>What are the potentially fixed N amounts for legumes ?</i>	<i>Comparing N in soils under different cover crops allows estimations of N fixed</i>
Quelle est la quantité d'azote restituée après destruction du couvert, et à quelle vitesse ?	Les quantités d'azote minéral du sol sont mesurées à intervalle régulier à partir de la destruction du couvert.
<i>What are N amount released for the following crops by residues of legumes and mixed covers, and at which time ?</i>	<i>Soil mineral N in soil at 0-90 cm depth are measured at several dates after cover destruction and incorporation</i>
Quelle est la quantité d'azote du couvert qui bénéficie à la culture principale ?	Les essais étaient conduits jusqu'à la récolte de la culture suivante, pour établissement de courbes de réponse aux doses d'azote croissantes (sur betterave ou orge de printemps selon le cas).
<i>What is the N supply from residues to the following crop</i>	<i>Response curves were established for the following crop (sugar b. and spring barley)</i>
Quelles sont les espèces (et variétés) adaptées à la période d'interculture ?	Des essais supplémentaires ont été implantés pour comparer espèces pures, et associations.
<i>Which species and varieties are best for an intercrop sowing ?</i>	<i>Some additional trials were focused on species and varieties tests</i>

MATERIEL ET METHODES

Dispositifs expérimentaux

L'étude a été en partie conduite dans le cadre d'un partenariat régional, comité technique (voir an nex 1) mis en place par la chambre d'agriculture de l'Aube, et permettant de regrouper différents acteurs du développement et du conseil agricole pour travailler une thématique selon un protocole partagé. Des dispositifs expérimentaux ont été mis en place dans des parcelles d'agriculteurs des régions Champagne et Picardie après récolte de la culture précédente, blé ou orge pailles incorporées. Le dispositif comprenait plusieurs modalités de couverts végétaux implantés en été sur des surfaces unitaires d'environ 1000m² par couvert, répétées 2 fois. Une surface équivalente était maintenue en sol nu, avec un nettoyage des éventuelles repousses de céréale ou salissement par adventices.

Le nombre de modalités à l'automne varie de 3 (2 types de couverts + sol nu) à 5 (4 types de couverts + sol nu). Les couverts mis en comparaison comprenaient toujours une référence crucifère ou phacélie (cipan conventionnelle), les autres modalités étant dans tous les cas une légumineuse solo (semis pur), et/ou une association simple (2 espèces semées en mélange: Une légumineuse et une non-légumineuse). Les associations multiples n'ont pas été testées. Les premiers essais ont privilégié les légumineuses semées seules, mais les résultats obtenus alors ont orienté la suite de l'étude vers les associations d'espèces, jugées plus aptes à remplir leur fonction environnementale de captage d'azote.

Les semis étaient réalisés après 1 ou 2 passages de déchaumage, avec des semoirs à petites graines (semis en ligne), ou semoirs à céréales à disques. Les doses de semis respectaient les consignes des fournisseurs semenciers, dose pleine en semis solo, et ½ dose en semis associé de 2 espèces.

Les implantations étaient généralement précoces, réalisées rapidement après moisson et déchaumage, afin de bénéficier d'une végétation longue, nécessaire au développement des légumineuses. Quelques sites ont eu des dates d'implantation plus tardives, dues aux contraintes climatiques ou aux contraintes de l'exploitation (Sites de Crenay, Charmont, Craonne, Cramont). Aucun apport d'azote, minéral ou organique, n'était appliqué avant implantation des couverts. Ceux-ci étaient maintenus en place jusqu'en fin d'automne ou début d'hiver, et n'étaient jamais détruits avant la date définie réglementairement du 15/11. Le mode de destruction était mécanique, suivi d'une incorporation.

Au printemps, les parcelles unitaires établies à l'automne étaient redivisées en parcelles expérimentales de 12 rangs x 10 m pour établir des courbes de réponse aux doses croissantes d'azote, selon un dispositif de type Split-plot. Pour chaque modalité de conduite de l'interculture (couverts et sol nu), étaient testées 5 doses d'azote minéral et un témoin sans apport, avec 4 répétitions par dose. L'azote était apporté sous forme de solution azotée avant semis. Un schéma de dispositif est reproduit en annexe 2.

Mesures de l'azote minéral du sol :

Pour chaque site expérimental et chaque modalité d'interculture, une zone était réservée aux mesures d'azote minéral dans le sol. Ces mesures étaient réalisées à pas de temps régulier à partir de l'installation du dispositif et jusqu'au semis de la culture principale. Elles sont effectuées dans des zones réservées à l'intérieur des zones d'implantation des différents couverts (ou sol nu), zones maintenues sans culture principale au printemps pour suivi de la minéralisation des résidus du couvert jusqu'en fin de printemps (sur certains essais, la mesure s'arrête dès la mesure du reliquat sortie hiver RSH). Lorsque ces mesures ont été prolongées jusqu'à l'été suivant, cette zone n'était pas semée en betteraves (maintenue en sol nu). Les sondages sont réalisés sur une profondeur de 0-90 cm, selon 3 horizons de 30 cm, et à raison d'une dizaine de coups de sonde par échantillon. Une marge de plus de 2 m est maintenue en bordure de la zone dédiée, pour éviter toute influence de la culture semée. Le rythme de prélèvement est d'environ une mesure tous les mois ½ ou 2 mois, après destruction du couvert. Les analyses ont toutes été réalisées au laboratoire LDAR (Laon).

Mesures de production et de contenu en azote des couverts :

Ces mesures ont été réalisées en fin d'automne, généralement fin novembre, après croissance complète, et avant effet destruction ou fortes gelées. Les mesures sont réalisées par prises d'échantillons sur une surface unitaire de 1 m² (généralement 2 répétitions par couvert). Les couverts de légumineuses ont été prélevés parties aériennes seules, alors que les crucifères étaient prélevées « plante entière » (avec la racine pivotante). Il en résulte une légère sous estimation de l'azote contenu dans les légumineuses, qui n'a pas été évaluée, mais peut être estimée à environ 10% du contenu azoté des parties aériennes (6). Pour les mélanges, les mesures ont été faites séparément sur chaque espèce. Les teneurs en azote exprimées pour les mélanges correspondent à la moyenne pondérée des valeurs respectives de chacun des couverts associés.

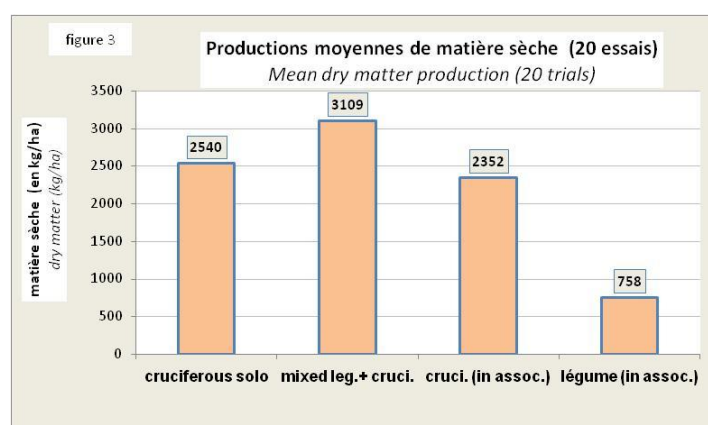
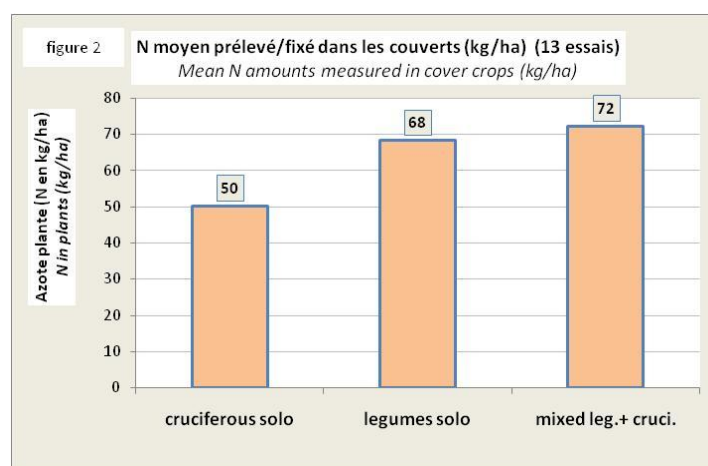
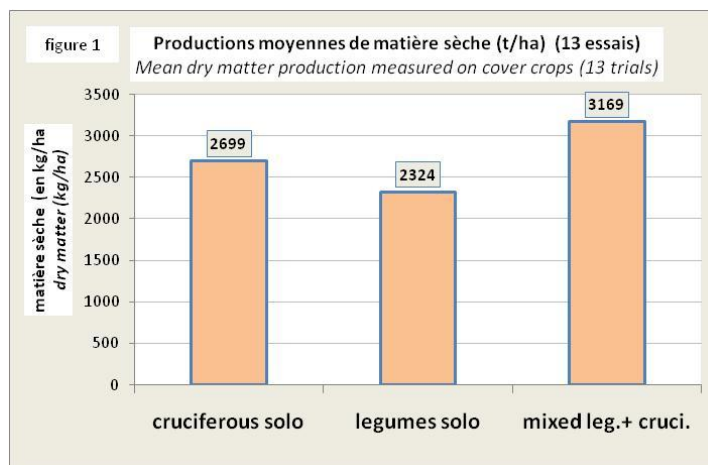
Mesures sur les cultures principales :

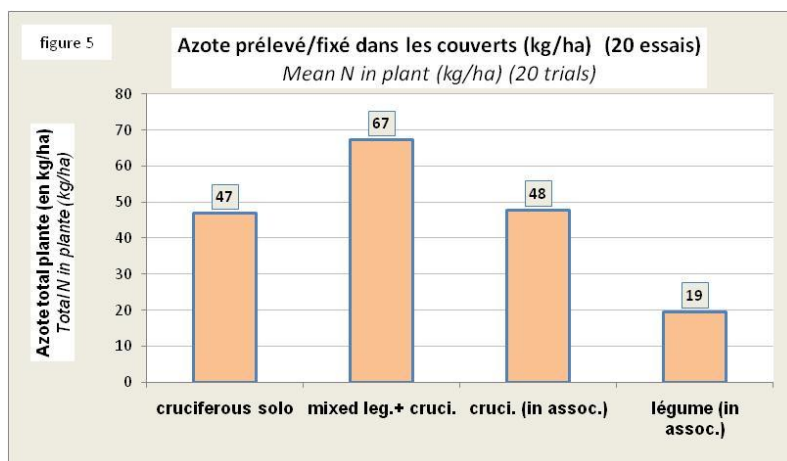
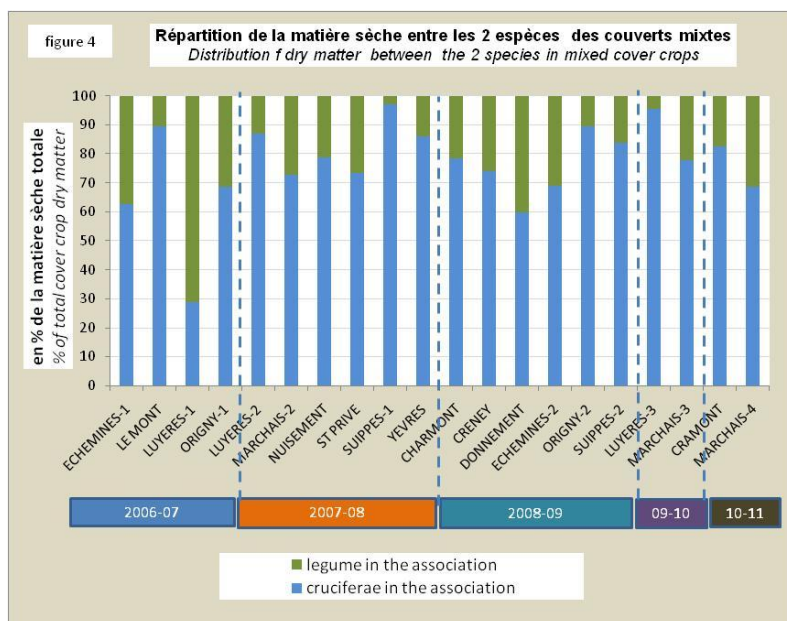
Pour chacune des deux cultures qui pouvaient être implantées comme culture principale sur les dispositifs, le protocole de mise en place et de suivi était conforme aux modes opératoires appliqués habituellement dans des essais de fertilisation azotée (courbes de réponses aux doses croissantes d'azote minéral appliquées avant semis). Sur betterave sucrière, les parcelles étaient divisées en micro parcelles de 6 ou 12 rangs sur 10 m. Pour quelques essais sur betterave sucrière, des mesures d'azote sur plantes récoltées dans les parcelles témoin (sans azote) ont été faites pour corroborer les résultats des courbes de réponse.

RESULTS AND DISCUSSION

Développement des couverts

Même si les conditions de mise en place des couverts de légumineuses sont optimisées (semis précoces, bonnes qualités de mise en terre), les légumineuses testées n'ont pas une vigueur de levée et de croissance équivalente à celle d'une moutarde ou d'un radis. Dans les 13 essais où l'on peut comparer légumineuse, espèce non légumineuse, et association bi-espèce, la production en matière sèche obtenue avec les légumineuses semées seules est en moyenne inférieure à celle des autres couverts (figure 1). Si l'on exprime les résultats en quantités d'azote total mesurées dans les plantes, les légumineuses compensent nettement leur défaut de production et présentent des quantités d'azote supérieures à celles des plantes de couverture classiques (figure 2). Nous avons constaté des différences importantes de développement selon les années d'expérimentation : L'automne 2006 a été la plus favorable, avec conjugaison de pluies conséquentes pendant tout le mois d'août et de températures clémentes jusque fin octobre. Ce contexte optimal a permis d'évaluer le potentiel des légumineuses en période d'interculture, mais les années suivantes, 2007 et 2008, ont montré ensuite la forte dépendance des espèces testées vis-à-vis du climat, et en particulier leur forte sensibilité aux conditions sèches post-semis. Ce fait a été relevé dans des travaux de modélisation de croissance des couverts (3) (4). Il en résulte dans les résultats obtenus, une assez forte disparité entre situations et surtout entre années, qui montre que la valorisation de ce type de couvert n'est pas certaine tous les ans. Ce constat concerne les espèces testées, vesce commune, vesce velue, et trèfle d'Alexandrie. Il est apparu clairement qu'il fallait pouvoir semer tôt pour obtenir un développement suffisant des légumineuses à l'automne. Dans le contexte des régions du nord de la France, la limite peut être évaluée au 10/08. Lorsque le semis est tardif (après le 20/08), la mise en place du couvert est très lente, et dès lors fortement concurrencée par les adventices, ou par les repousses de la céréale qui précède.





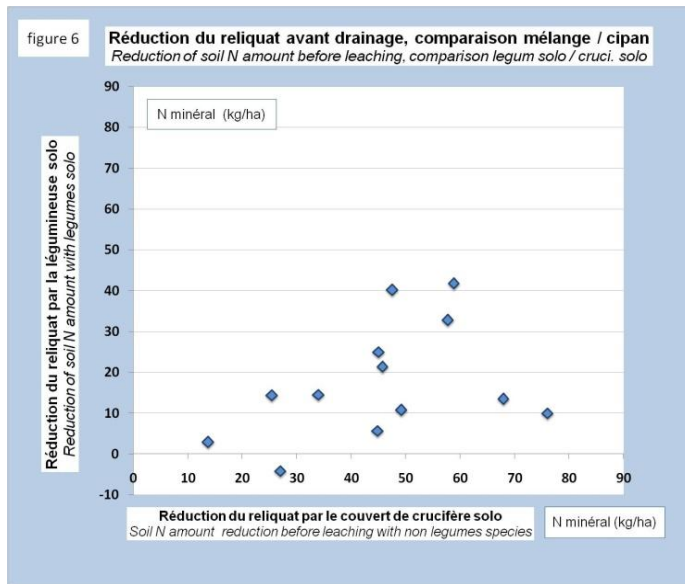
(figure 4). On constate que les couverts en mélange sont en moyenne plus productifs en matière sèche que les couverts de légumineuses, mais aussi plus productifs que les couverts de crucifère solo (figure 1). Traduits en quantité d'azote plante, les associations représentent en moyenne des quantités d'azote piégé/fixé égales à celles de légumineuses pures (figure 2 et 5). Cet avantage est constaté malgré le fait que la légumineuse ne représente en moyenne que 1/3 de l'azote de l'association. Il apparaît donc que les combinaisons, ici bi-espèces, peuvent être favorables à la production du couvert par des effets de synergie entre plantes qu'il n'était pas possible d'investiguer ici.

Efficacité de piégeage de l'azote minéral :

Le critère considéré pour évaluer la limitation du risque de lessivage hivernal par les couverts est la différence entre la quantité d'azote mesurée dans le sol en fin d'automne après couvert et celle mesurée à la même date après sol nu. Une valeur élevée de cette différence, sauf cas de très faible minéralisation automnale, indiquera une bonne efficacité de piégeage de l'azote minéral.

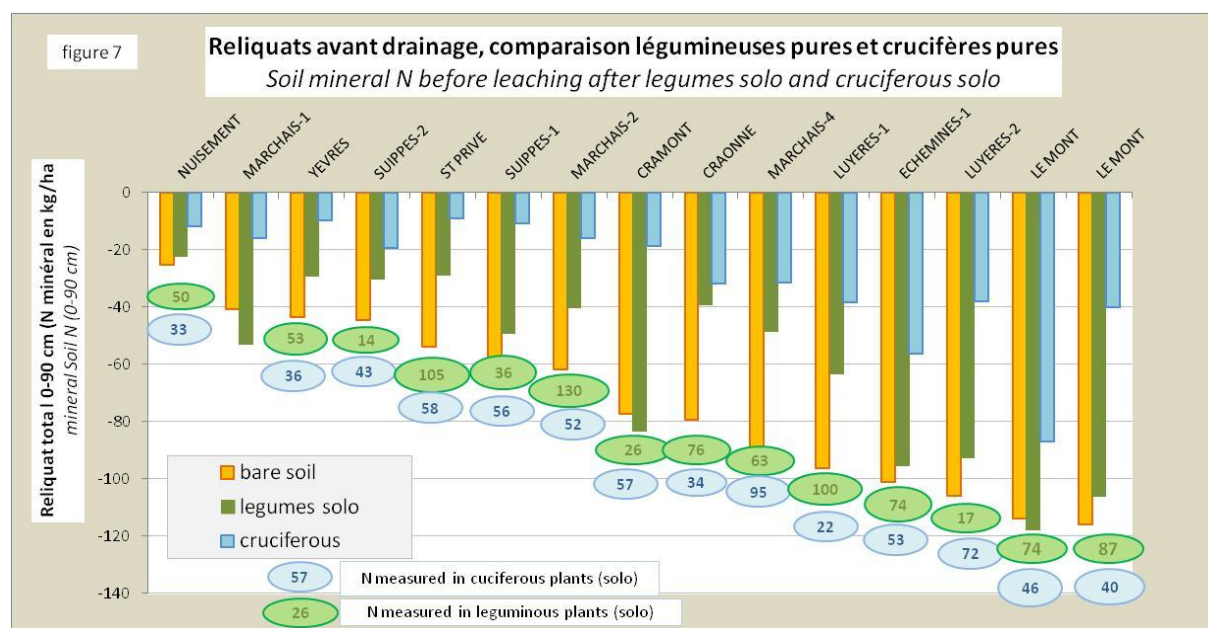
D'autres espèces légumineuses, en particulier les féveroles de printemps, auraient sans doute une moindre sensibilité à l'humidité du sol (graine plus grosse, enracinement plus rapide), et semblent présenter de bonnes capacités de démarrage en fin d'été, donc une aptitude à des semis plus tardifs. Elles n'ont pas été testées ici en raison des difficultés pratiques de semis d'associations combinant grosses et petites graines dans un même semoir, mais un travail complémentaire est prévu pour les évaluer dans cette utilisation.

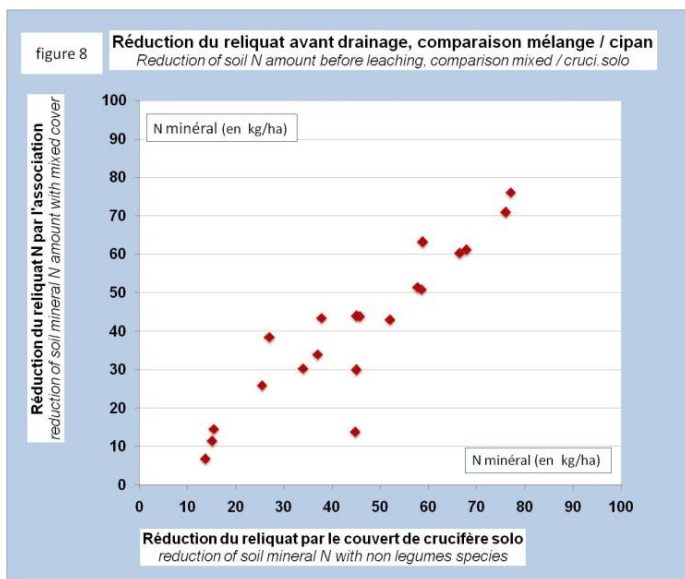
Les associations ont montré la même influence du climat, qui se traduit alors par un avantage compétitif de la crucifère ou de la phacélie associée aux dépens de la légumineuse, dès que les conditions deviennent stressantes. La figure 3 montre les niveaux moyens de développements respectifs en matière sèche des 2 espèces associées dans les mélanges binaires (semis à ½ dose pour chaque espèce). Les productions de matière sèche dans l'association sont très généralement plus élevées pour la non-légumineuse, sauf pour les essais implantés en 2006, avec des pluies estivales très favorables



La figure 6 présente ces valeurs en confrontant sur un même graphe les reliquats après légumineuses pures et après un couvert classique (crucifère ou phacélie), dont l'efficacité de piège à nitrates est connue. Selon nos résultats, les légumineuses ne montrent pas une très grande efficacité dans le piégeage d'azote et la réduction du reliquat soumis au lessivage hivernal. Bien que les couverts de légumineuses aient un effet significatif de réduction du reliquat, et qu'ils ne génèrent jamais un surplus d'azote dans le profil (une seule valeur faiblement négative), leur action ne nous est pas apparue suffisante pour qu'on puisse assimiler les légumineuses pures à de véritables cultures "piège à nitrates". Surtout, l'action de piégeage semble limitée et donc très insuffisante en présence de reliquats importants (figure 7). Ce constat est en contradiction avec le fait généralement admis qu'une légumineuse tend à s'alimenter prioritairement sur l'azote minéral disponible dans le sol, avant de mettre en oeuvre une fixation par voie symbiotique. Des travaux antérieurs semblent cependant corroborer nos résultats (5). On peut tenter d'apporter des explications quant à ces observations discordantes: Dans les cas où la légumineuse n'a pas eu un développement suffisant à l'automne, il est logique d'avoir peu d'action de piégeage. Lorsque la légumineuse a bénéficié de bonnes conditions de croissance, et se trouve en présence d'un reliquat d'azote important, une hypothèse pourrait être que le pic de minéralisation a été plus tardif que la croissance de la plante (mais certains sites montrent que le reliquat initial au semis était déjà élevé, ce qui contrarie cette hypothèse). On peut enfin envisager que les espèces testées, vesce et trèfle d'Alexandrie, n'ont pas le même mécanisme d'utilisation de l'azote qu'une espèce comme le pois.

Au contraire des légumineuses pures, les associations bi-espèces ont montré une efficacité de piégeage apparent de l'azote minéral très égale à celle des espèces "pièges à nitrates" conventionnelles (figure 8). Bien que semées à demi-dose, les radis ou phacélie sont capables de compenser une plus faible population par un développement foliaire plus important. L'existence d'un bénéfice direct de l'azote entre la légumineuse et la plante associée ne semble pas réaliste pour expliquer dans certains cas un accroissement de la quantité d'azote piégée par des radis lorsqu'ils sont associés, l'explication étant plus à rechercher dans le développement du pivot de plantes plus espacées.





Restitution d'azote à la culture principale

Pour quantifier les restitutions d'azote après destruction et enfouissement, trois méthodes étaient envisagées en parallèle : Des suivis des quantités d'azote minéral dans le sol par prélèvements sur 3 horizons (prof 0-90 cm), l'établissement de courbes de réponse aux doses croissantes d'azote minéral au printemps, et des mesures des quantités d'azote prélevées par la culture principale dans les parcelles sans apport minéral (parcelles témoins).

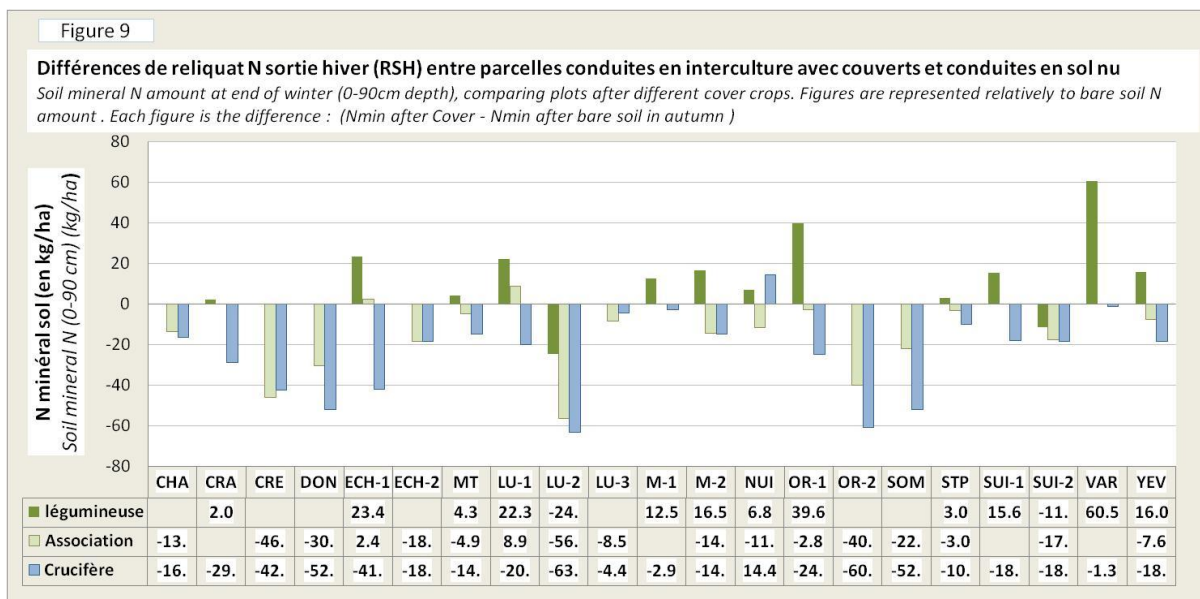
Evolutions des quantités d'azote minéral du sol:

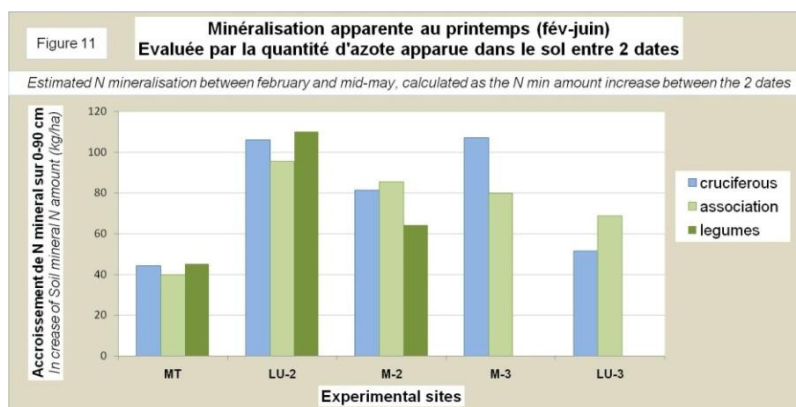
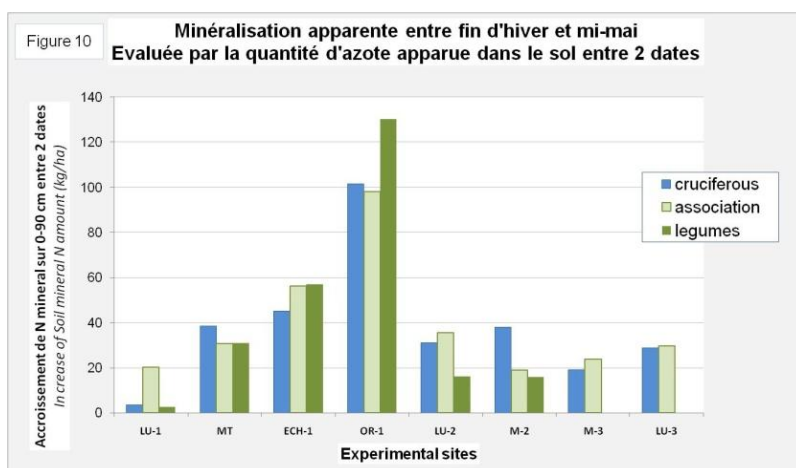
L'évolution des quantités d'azote minéral dans le sol entre deux dates de mesure est la conséquence de plusieurs proces-

sus : La minéralisation nette de l'humus pendant cette période, la minéralisation des résidus végétaux (paille enfouie, couverts), et les pertes au-delà de 90 cm par lessivage. Il est difficile d'isoler la seule minéralisation des résidus végétaux des autres processus sans recourir à un modèle de simulation. La fréquence des mesures n'a cependant pas été assez élevée pour s'aider d'un modèle de simulation du lessivage pour la plus grande partie des essais. L'utilisation d'un modèle fait surtout défaut pour estimer la restitution d'azote au printemps.

Restitutions d'azote mesurées dans le reliquat en sortie d'hiver

La restitution d'azote par les résidus des couverts sur la période hivernale sera prise en compte par la mesure du reliquat en sortie d'hiver (février). Cette mesure est nécessaire et couramment utilisée dans le calcul de dose d'azote minéral par la méthode du bilan. La comparaison des niveaux de reliquats mesurés en sortie d'hiver dans les différents essais et les différentes modalités permet d'évaluer l'incidence des couverts sur ce compartiment du bilan. La figure 9 présente les niveaux de reliquats d'azote minéral mesurés en sortie d'hiver après couverts végétaux comparativement aux valeurs mesurées après interculture en sol nu. Très généralement, la quantité d'azote minéral présente après couverts de crucifères pures est plus faible que celle mesurée dans la parcelle maintenue en sol nu à l'automne. Ce fait est la conséquence directe de l'efficacité de piégeage d'azote par la cipan conventionnelle. En automne-hiver faiblement pluvieux, la quantité d'azote perdue par lixiviation sous sol nu est moindre que la quantité piégée par une crucifère, ce qui peut se solder par une dose d'azote minéral calculée supérieure pour la conduite avec couvert. On voit ici qu'un intérêt de l'association d'un couvert classique avec une légumineuse peut avoir pour effet "a minima" de corriger cet effet paradoxal d'un couvert "piège à nitrates".





On constate qu'après le couvert associé, le reliquat présente moins d'écart avec la conduite sol nu que la cipan conventionnelle, ce qui indique un début de restitution d'azote par ce couvert. L'azote libéré est présent surtout dans l'horizon superficiel, et ne présente pas de risque de lixiviation précoce, avant installation de la culture. Seul le couvert de légumineuse pure présente déjà un excédent de reliquat, qui peut être élevé dans les sites de Varenne (Var), d'Origny-1 (Or-1) et Echemines-1 (Ech-1). En moyenne, pour ces essais, et comparativement à la modalité couvert classique, l'association permet de gagner 12 kg/ha et la légumineuse 31 kg/ha dans le reliquat mesuré sortie hiver.

Restitutions d'azote au printemps

Les courbes d'évolutions complètes des quantités d'azote sont reproduites en annexe 3.

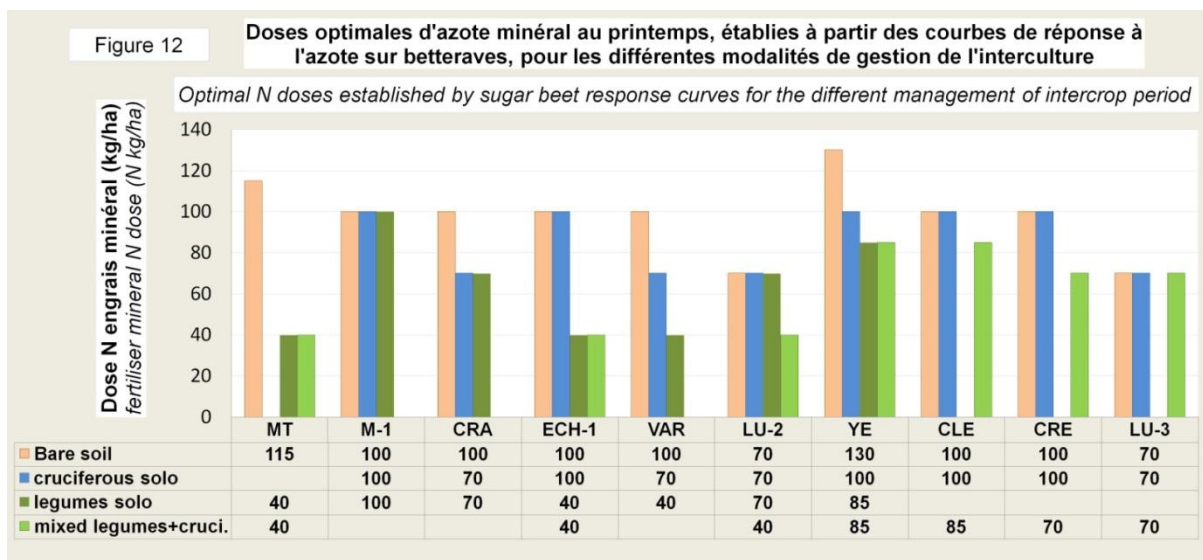
Les évaluations de minéralisation sur la période fin d'hiver jusqu'au milieu du printemps (figure 10), puis jusqu'au début d'été (dernière mesures fin juin) (figure 11), sont établies par simple différence entre quantités d'azote dans le profil de sol entre les deux dates, après une sélection des essais selon les critères indiqués en début de paragraphe. Avec les réserves quant à la méthode de calcul, les valeurs obtenues tendraient à montrer que les légumineuses et les associations ne restituent pas plus d'azote que les couverts piégés à nitrates (crucifère ou phacélie) sur la période printanière. On peut penser aussi que ce mode d'estimation est trop indirect pour estimer des différences entre valeurs de minéralisations.

Etablissement des doses optimales sur les courbes de réponse à l'azote : Bénéfice azoté pour la culture de betterave sucrière :

Cette méthode est la plus objective pour établir la quantité d'engrais que le couvert permet d'économiser. Comme la réglementation oblige à une couverture de sol, la référence sera non le sol nu, mais la conduite avec couvert de cipan conventionnelle.

On distingue sur la figure 12 des situations où tous les couverts sont neutres (Luyères 2010), des situations où la crucifère solo permet une réduction de dose qui peut être plus accentuée avec l'adjonction d'une légumineuse (Yèvres 2008), et des situations pour lesquelles les couverts de légumineuses solo ou associées autorisent des réductions qui n'étaient pas envisageables avec une crucifère seule (Echemines 2007, Luyères 2008, Creny 2009). Pour le site du Mont, on voit que la différence entre doses optimales est accentuée, mais il manque une crucifère solo pour mesurer le gain réel des couverts de légumineuses (seules et associées).

Les réductions de doses ont une forte amplitude selon le site d'essai, et vont de 15 à 60 kg/ha. Les résultats sont dépendants de la quantité d'azote piégée ou fixée dans les couverts, donc de leur niveau de développement. Cependant, des différences de doses optimales apparaissent, même avec des couverts associés dans lesquels les légumineuses n'étaient pas fortement présentes. On peut l'expliquer par une modification du rapport C/N des résidus végétaux qui entraîne une mise à disposition plus rapide de l'azote pour la culture principale.



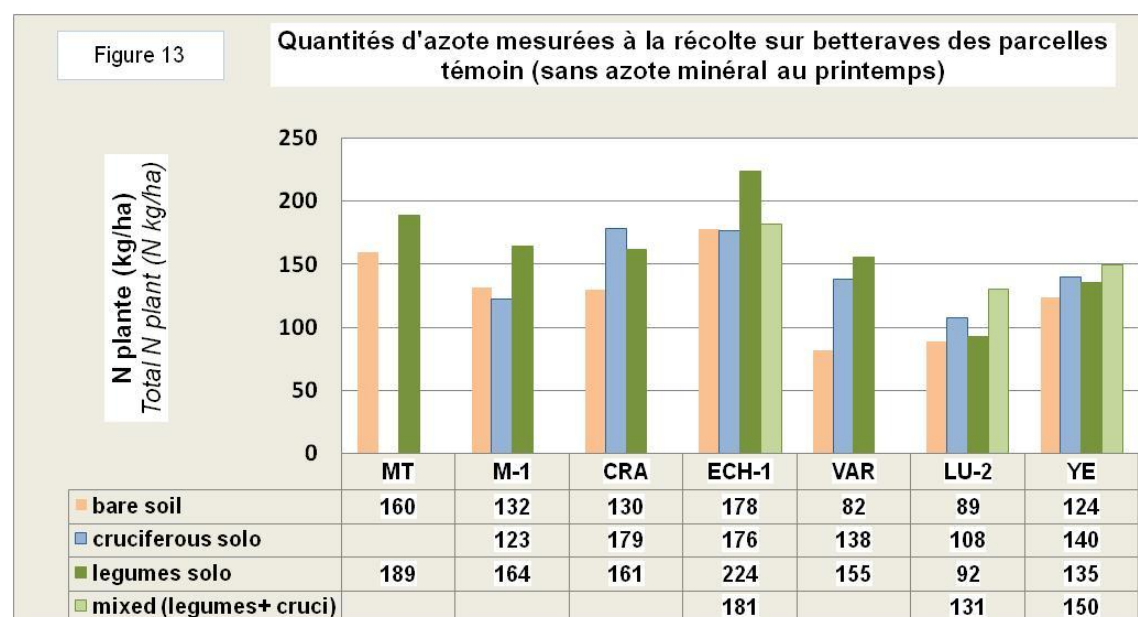
On peut remarquer ici que la valorisation des couverts incluant des légumineuses exigera plusieurs conditions :

- Un semis précoce, de bonnes conditions d'implantation et de bonnes conditions climatiques pour le développement de la légumineuse dans le couvert.
- Une estimation assez exacte du développement du couvert, et une évaluation correcte de la part relative prise par la légumineuse dans l'association.
- Une bonne estimation des quantités d'azote qui seront restituées à la culture à venir, afin que le couvert soit correctement et précisément pris en compte dans le calcul de dose d'azote par le bilan prévisionnel.

Mesures comparatives d'azote plante dans des parcelles témoin (betterave sucrière) :

La betterave sucrière étant une culture qui tend à consommer tout l'azote disponible pendant sa croissance, la mesure des quantités d'azote sur plantes entières (racines+feuilles) dans des parcelles témoin sans apport d'engrais minéral est un bon indicateur des quantités mises à disposition par le sol et par les résidus des couverts sur toute la période de végétation.

La figure 13 correspond à ces mesures, effectuées à la récolte des betteraves : Les résultats corroborent ceux des courbes de réponse, à savoir que les essais pour lesquels un net écart de dose optimale est apparu en faveur des légumineuses solos et en faveur des associations avec légumineuses (Le Mont, Echémies 07, Yèvres 08) sont aussi ceux pour lesquels on note des quantités d'azote pré-



vées qui sont plus élevées pour ces objets avec légumineuses. Une information supplémentaire est donnée pour l'essai de Luyères 2008 : Il apparaît que les courbes de réponse ne distinguent pas nettement des optima de doses différents, mais que l'offre en azote était bien supérieure dans les objets avec légumineuses, comparativement aux objets sol nu et crucifère solo.

CONCLUSIONS

L'étude a montré que les légumineuses pouvaient être utiles en couverture à l'automne avant culture de betterave sucrière. Pour respecter un objectif environnemental prioritaire de piégeage d'azote, il est apparu que les résultats conduisaient à privilégier des associations incluant une légumineuse, plutôt qu'une légumineuse pure qui n'a pas une activité de piégeage suffisante. Ce sont les associations qui ont d'ailleurs été intégrées réglementairement parmi les cultures éligibles dans les zones vulnérables. Même lorsque la légumineuse a un bon développement dans l'association, la fonction de prélèvement de l'azote du sol est assurée à équivalence d'une crucifère classique.

Les restitutions d'azote par les couverts sont assez délicates à établir. L'effet de l'association tend à augmenter le reliquat mesuré en sortie d'hiver, mais les mesures d'azote minéral dans le sol sur parcelles maintenues en sol nu n'ont pas permis d'établir des valeurs sûres. Un travail complémentaire avec utilisation de modèles de lixiviation doit être entrepris sur les essais dont la fréquence de mesure le permet.

Les effets des couverts avec légumineuses associées sur les doses optimales d'azote minéral à apporter en fertilisation de printemps sont nets dans la moitié des essais, avec des économies d'azote de 15 à 40 kg/ha d'azote par rapport à un couvert piège à nitrates conventionnel. On peut ainsi compenser un effet paradoxal et indésirable de ces derniers, qui peuvent parfois entraîner une augmentation des doses d'azote au printemps, comparativement à un sol laissé nu.

Il reste que les espèces et variétés de légumineuses disponibles pour les agriculteurs nécessitent un semis précoce et sont sensibles aux états de sécheresse, ce qui peut freiner leur adoption dans la pratique. D'autres travaux doivent poursuivre l'investigation pour identifier des variétés mieux adaptées, pouvant en particulier tolérer des semis en deuxième moitié du mois d'août.

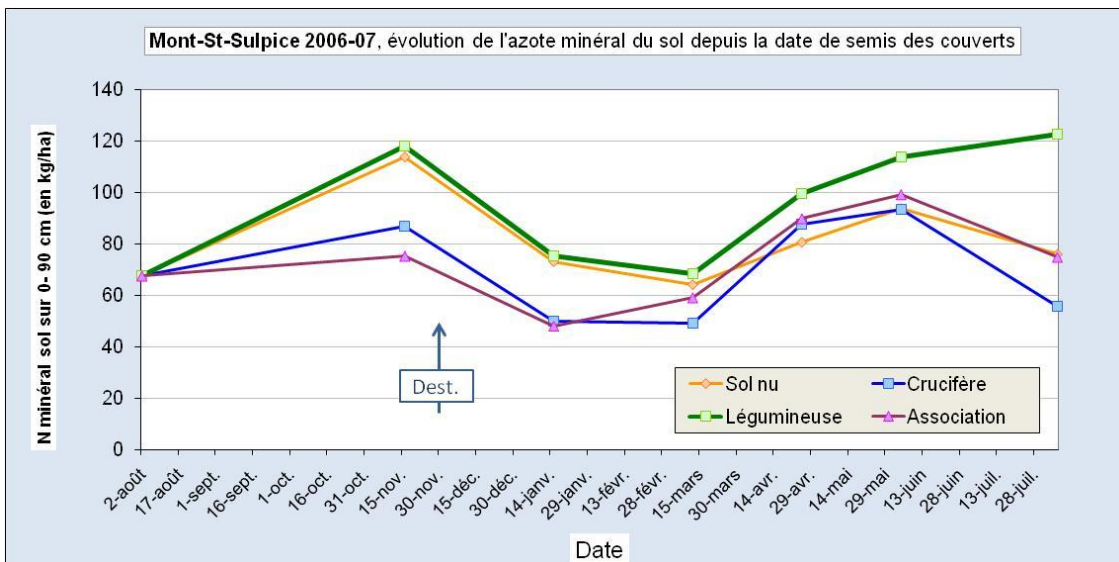
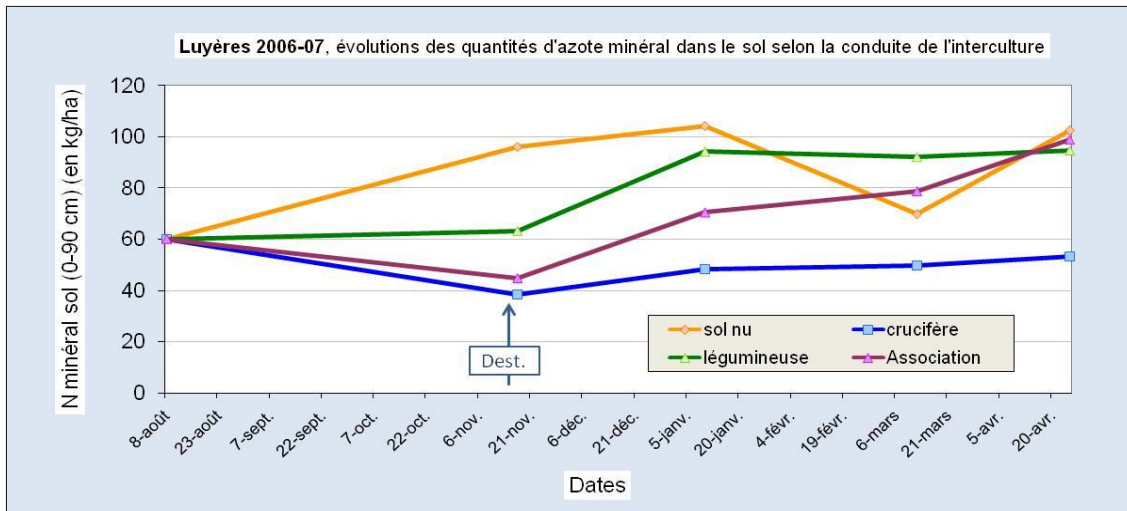
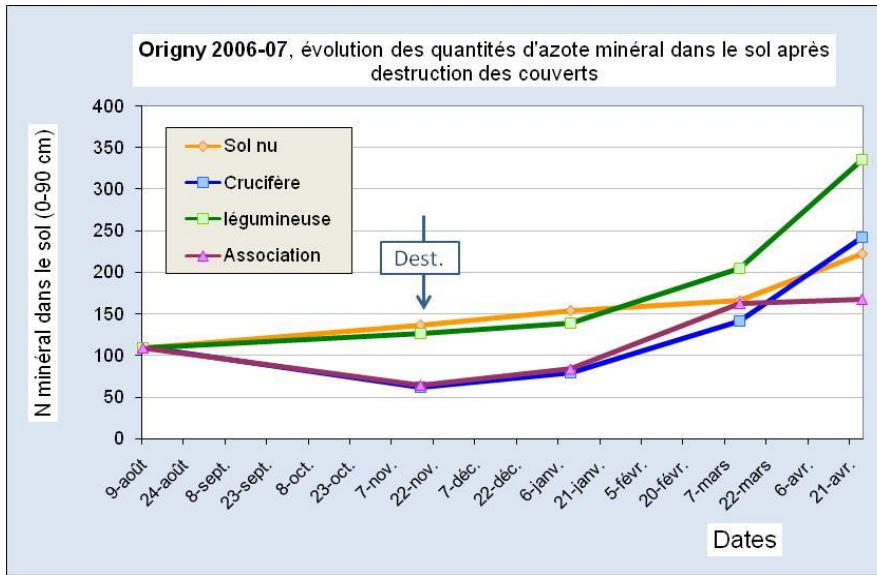
REFERENCES

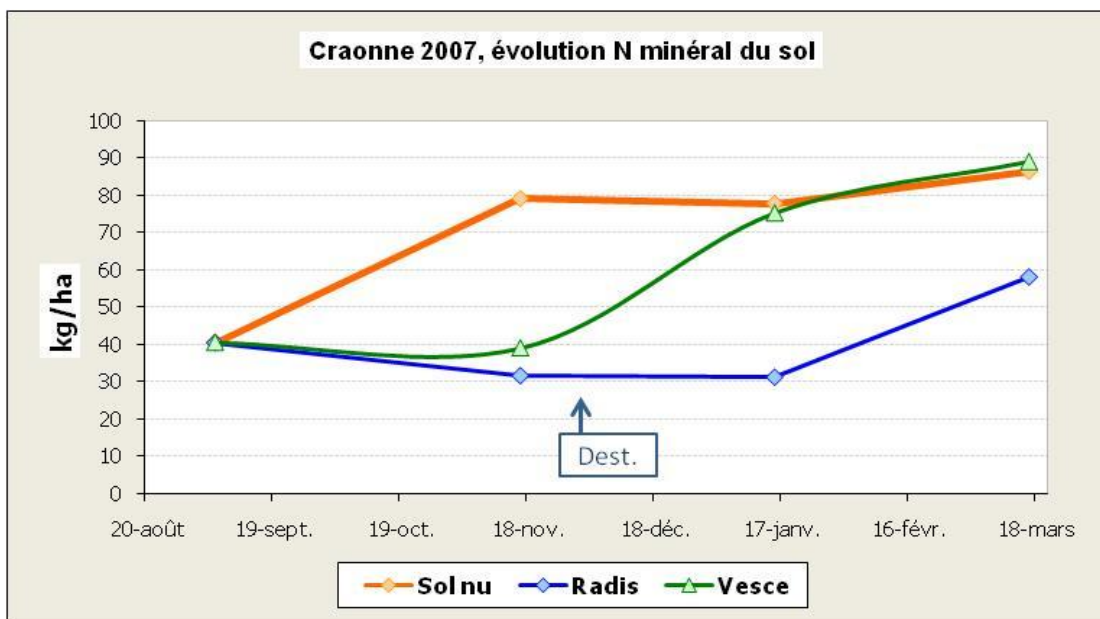
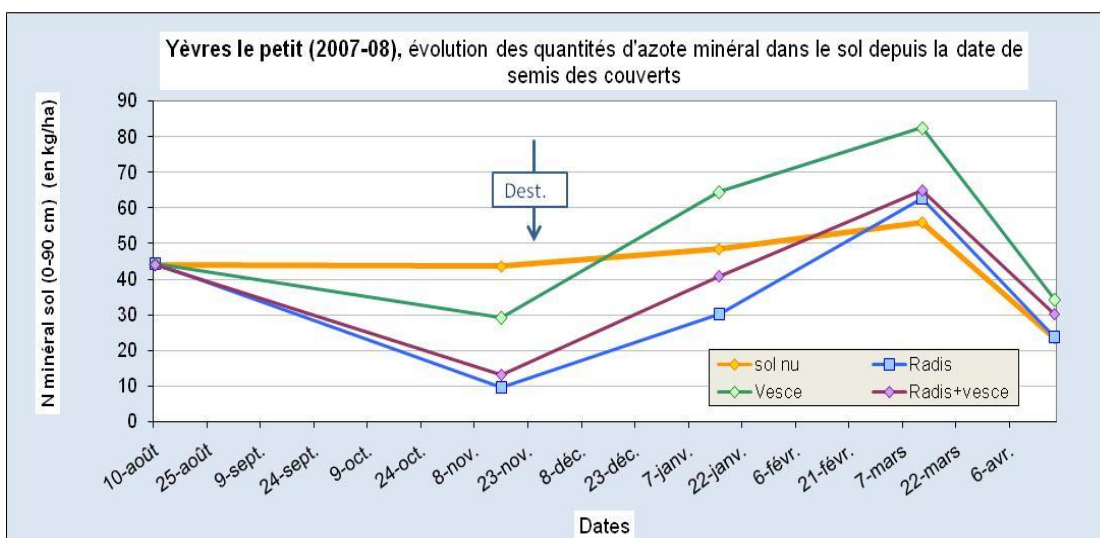
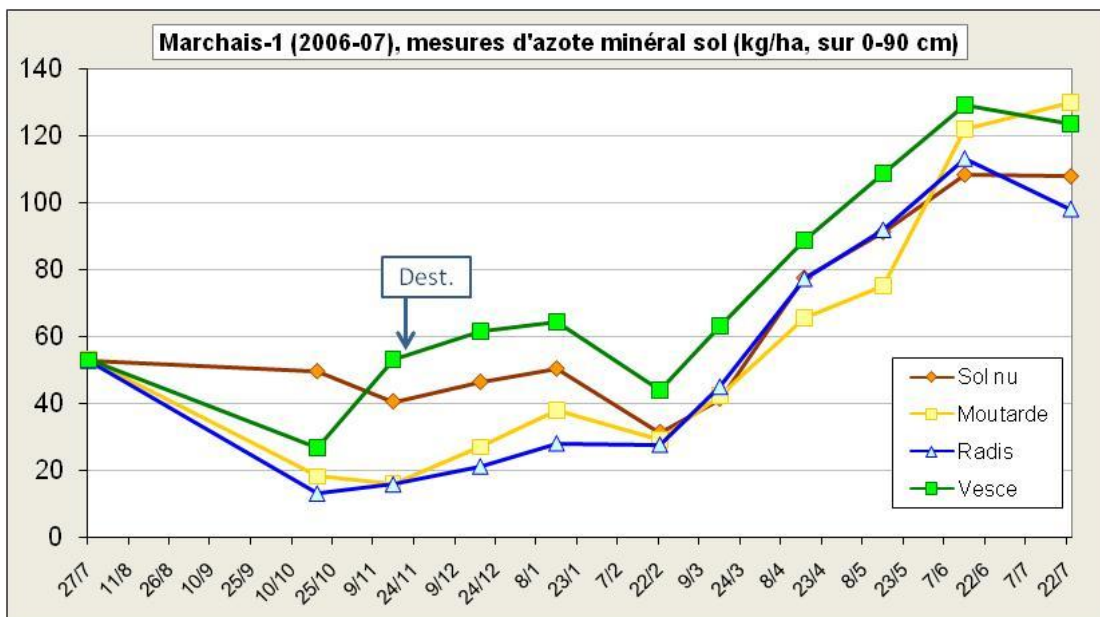
- 1 MACHET J.M., LAURENT F., Chapot J.Y., DORE T., DULOUT A.: Maîtrise de l'azote dans les intercultures et les jachères. In "Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes", Reims, série "Les colloques de l'INRA" 83, 271-286, 1996.
- 2 DUVAL R.: Gestion de l'interculture et piégeage des nitrates, *Proceedings of the 58th IIRB Congress*, 497-520, 1995.
- 3 LAURENT F., MACHET J.M., PELLOT P., TROCHARD R.: Cultures intermédiaires pièges à nitrates, comparaison des espèces. *Perspectives Agricoles* 206, 1995.
- 4 BODNER G., HIMMELBAUER M., LOISKANDL W., KAUL H.P.: Improved evaluation of cover crop species by growth and root factors. *Agronomy for sust. Development*, 30, 2, 455-464, 2010
- 5 GOFFART J.P., GUIOT J., Engrais verts, lessivage du nitrate et restitution de l'azote. *Agricontact* 262, 1994
- 6 Dossier technique Chambre d'agriculture Poitou Charentes : Légumineuses, comment les utiliser comme cultures intermédiaires, 2009

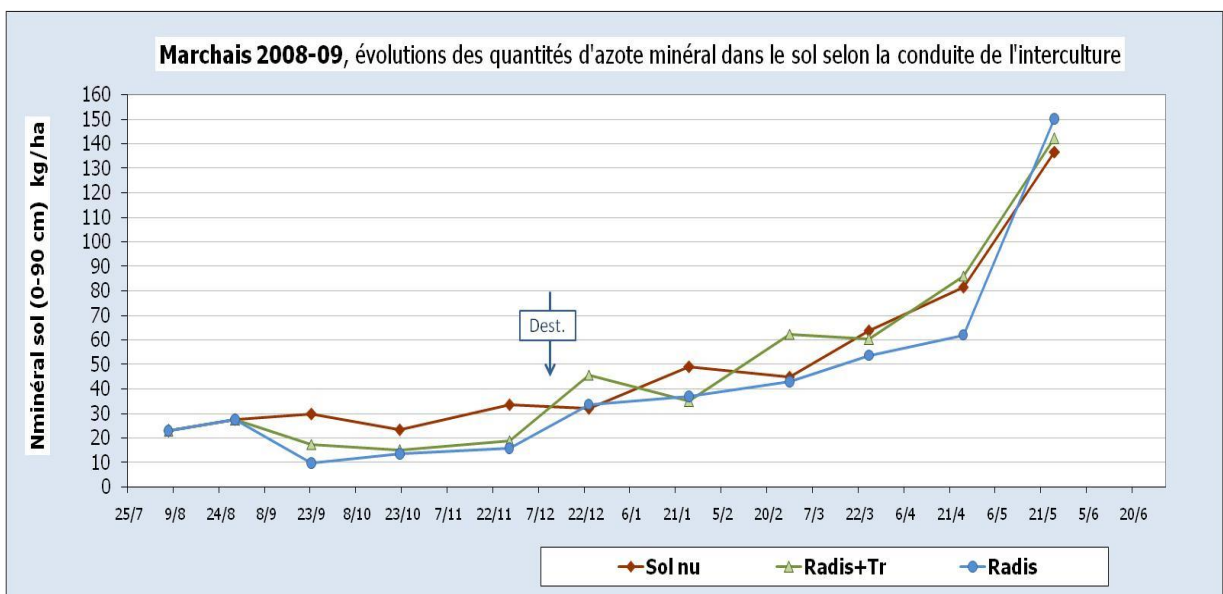
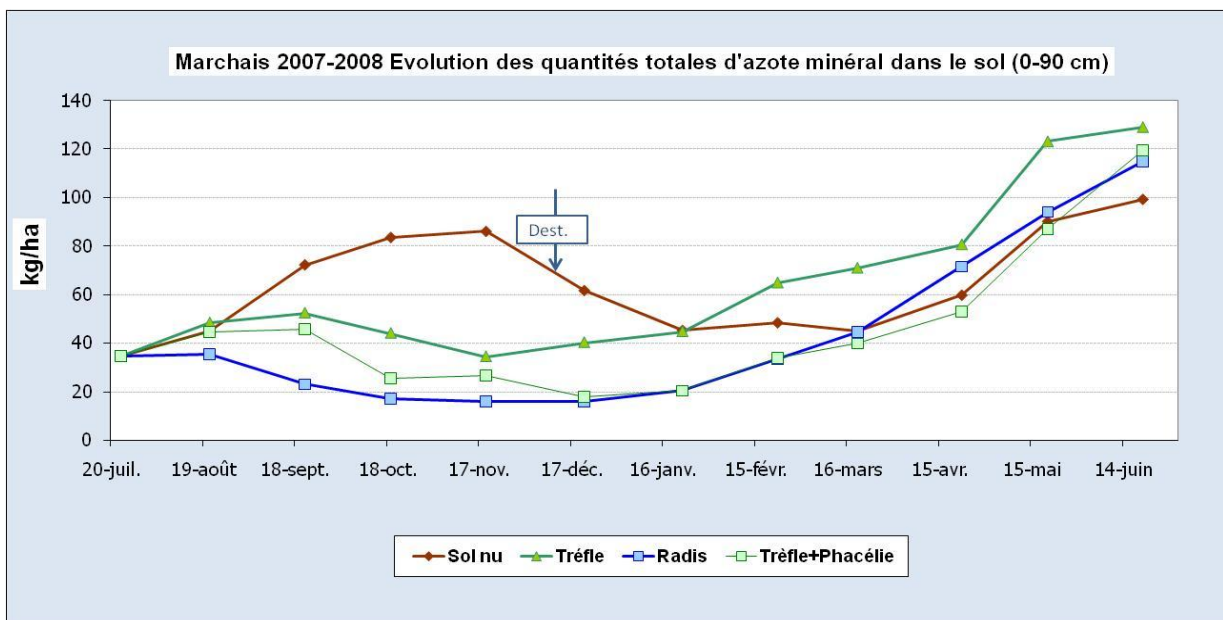
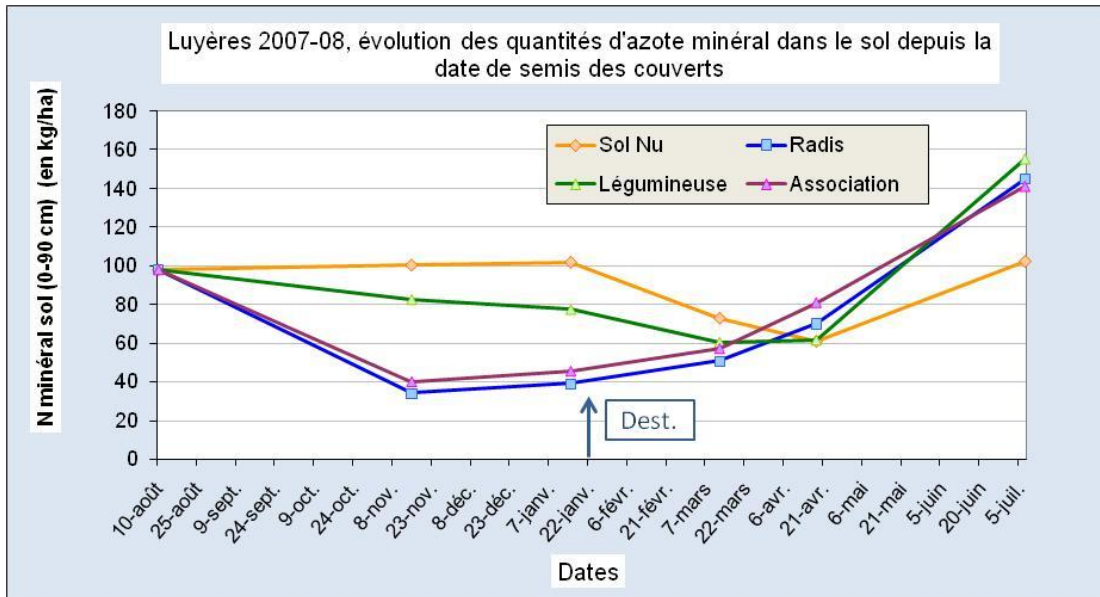
**Annexe 1 : Description général des essais
(general description of the experimental sites and trials management)**

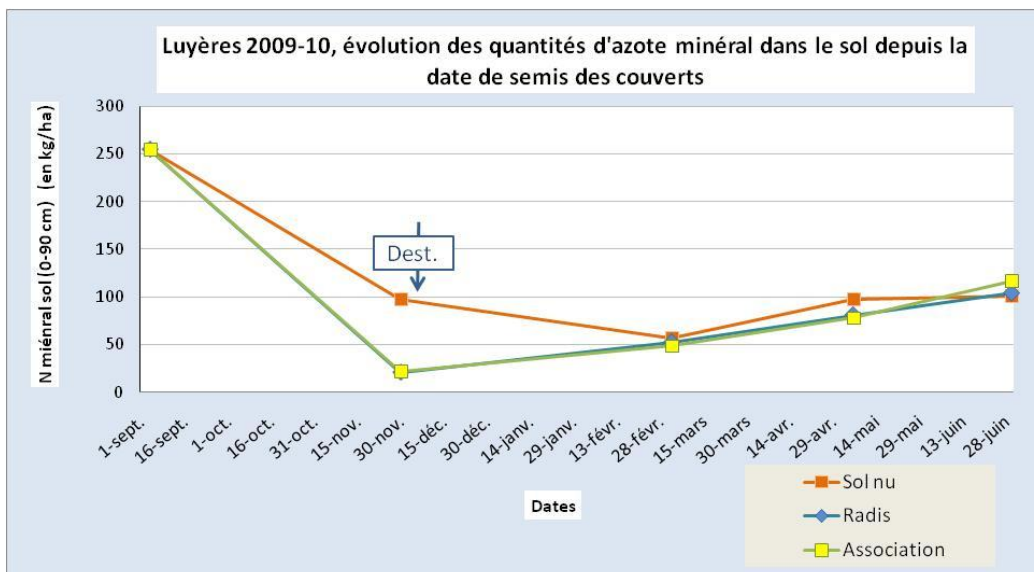
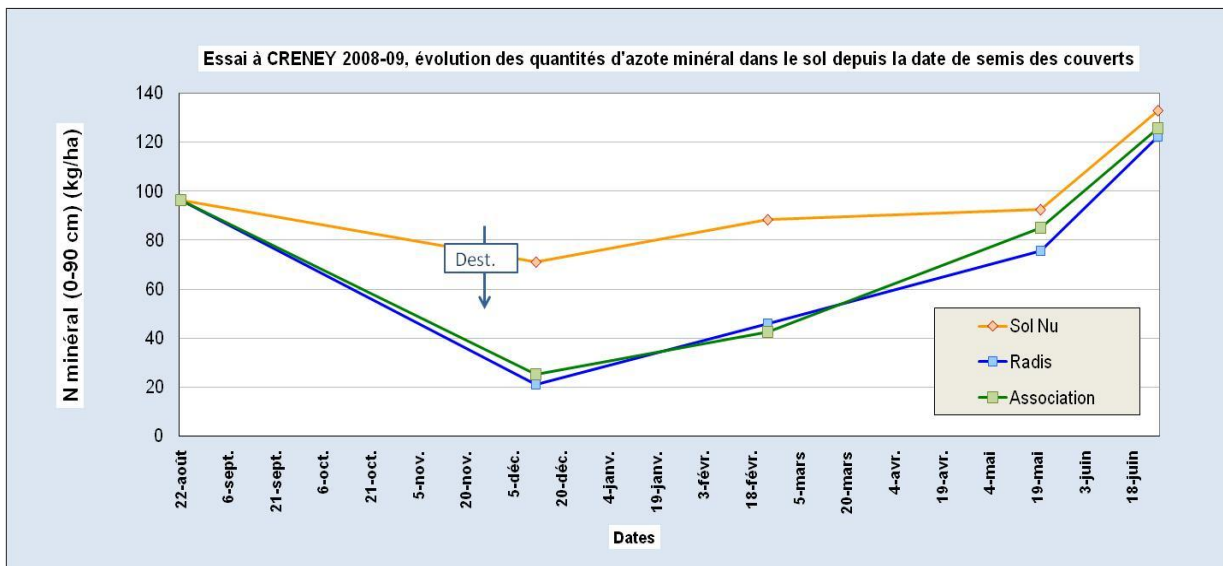
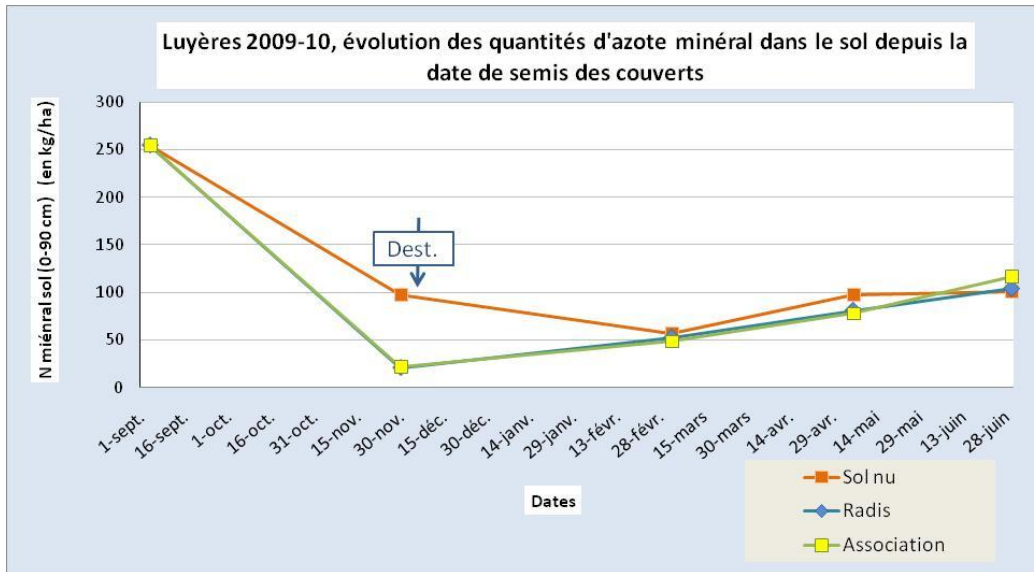
Région	Années	Lieu	conduit par	Précédent	Suivant
<i>Région</i>	<i>Year</i>	<i>Site (department)</i>	<i>Trial set up by</i>	<i>Previous crop</i>	<i>Following crop</i>
Champagne	2006-2007	Le MONT St SULPICE (89)	ITB	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2006-2007	ECHÉMINES (Aube)	ITB/GDA Marigny	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2006-2007	ORIGNY (Aube)	SOUFFLET	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2006-2007	LUYERES (Aube)	GRCETA Troyes	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Picardie	2006-2007	MARCHAIS (Aisne)	ITB	Orge hiv. (w. Barley)	Bett. (s.beet)
Picardie	2006-2007	CRAONNE (Aisne)	ITB	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2007-2008	YEVRES-le-Petit	ITB/GDA Brienne	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2007-2008	LUYERES (Aube)	ITB/GRCETA de TROYES	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2007-2008	SUIPPES (Aube)	ARVALIS/GEDA SUIPPES	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2007-2008	NUISEMENT s/ Coole	GDA Vendevre	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2007-2008	SAINT-PRIVE (89)	CA YONNE	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Picardie	2007-2008	MARCHAIS (Aisne)	ITB	Orge hiv. (w. Barley)	Bett. (s.beet)
Picardie	2007-2008	VARENNE (Oise)	ITB	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2008-2009	CRENEY (Aube)	ITB/GRCETA de TROYES	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2008-2009	ECHÉMINES (Aube)	GDA Ouest aubois	Blé (w.wheat)	Bett. (s.beet)
Champagne	2008-2009	CHARMONT (Aube)	GRCETA de TROYES	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2008-2009	DONNEMENT (Aube)	GDA Brienne	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2008-2009	SUIPPES (Marne)	ARVALIS/GEDA SUIPPES	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2008-2009	ORIGNY (Aube)	SOUFFLET	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2008-2009	SOMMEVOIRE (Hte Marne)	CA 52	Blé (w.wheat)	Orge P (spr. Barley)
Champagne	2009-2010	LUYERES (Aube)	ITB/GRCETA de TROYES	Orge hiv. (w. Barley)	Bett. (s.beet)
Picardie	2009-2010	MARCHAIS (Aisne)	ITB	Blé (w.wheat)	---
Picardie	2010-2011	MARCHAIS (Aisne)	ITB	Blé (w.wheat)	---
Picardie	2010-2011	CRAMONT (Somme)	ITB	Blé (w.wheat)	---

Lieu	Sol	Date semis	Date destr.	Espèce non lég.	Espèces lég.	Association
<i>Site (department)</i>	<i>Soil type</i>	<i>Sowing date</i>	<i>Destr. Date</i>	<i>Espèce non lég.</i>	<i>Espèces lég.</i>	<i>Association</i>
Le MONT St SULPICE (89)	Lim arg	02-août	25-nov	Radis	Vesce velue (*)	Radis-vesce
ECHÉMINES (Aube)	craie	05-août	17-nov	Radis	Vesce velue	Radis-vesce
ORIGNY (Aube)	craie	08-août	15-nov	Radis	Vesce velue	Radis-vesce
LUYERES (Aube)	craie	08-août	25-nov	Radis	Vesce velue	Radis-vesce
MARCHAIS (Aisne)	sableux	20-juil	18-nov	Radis	Vesce comm. (**)	
CRAONNE (Aisne)	limon sableux	05-sept	27-nov	Radis	Vesce comm.	
YEVRES-le-Petit	limon calcaire	06-août	27-nov	Radis	Vesce comm.	Radis-vesce
LUYERES (Aube)	craie	08-août	17-janv	Radis	Vesce comm.	Radis-vesce
SUIPPES (Aube)	craie	14-août	15-nov	Moutarde	Vesce, pois	Moutarde-vesce
NUISEMENT s/ Coole	Argilo calc.			Radis	Vesce velue	Radis-vesce
SAINT-PRIVE (89)	limon à silex	18-août	15-déc	Radis	Vesce velue	Radis-vesce
MARCHAIS (Aisne)	sableux	26-juil	12-déc	Phacélie	Trèfle d'Alex.(***)	Phac.-trèfle
VARENNE (Oise)	limon	17-août	15-déc	Radis/mout.	Vesce comm.	Radis-vesce
CRENEY (Aube)	craie	19-août	10-déc	Radis	---	Radis-vesce
ECHÉMINES (Aube)	craie	05-août	décembre	Radis	---	Radis-vesce
CHARMONT (Aube)	craie	19-août	décembre	Radis	---	Radis-vesce
DONNEMENT (Aube)	craie	07-août	décembre	Radis	---	Radis-vesce
SUIPPES (Marne)	craie	14-août	24-nov	Radis	---	Radis-pois
ORIGNY (Aube)	craie	11-août	21-nov	Radis	---	Radis-vesce
SOMMEVOIRE (Hte Marne)	limon argileux	31-juil		Radis	---	Radis-vesce
LUYERES (Aube)	craie	16/08/2009	20-nov	Radis	---	Radis-vesce
MARCHAIS (Aisne)	sableux	06/08/2009	15-janv	multiples	multiples	multiples
MARCHAIS (Aisne)	sableux	12/08/2010	01-déc	multiples	multiples	multiples
CRAMONT (Somme)	limon	24/08/2010	16-nov	multiples	multiples	multiples









SESSION / SESSION / SITZUNG 6: INTEGRATED PEST MANAGEMENT – LUTTE INTEGREE – INTEGRIERTER PFLANZENSCHUTZ

FRANCO CIONI¹, GIANFRANCO MAINES¹, MARINA COLLINA², GARY SECOR³, VIVIANA RIVERA³

¹BETA, Via Conca 75, I – 44123 Ferrara

²Università di Bologna DIPROVAL, Viale Fanin 50, I – 40127 Bologna

³North Dakota State University, NDSU Dep 7660, USA – Fargo ND 58108-6050

A NEW INTEGRATED PEST MANAGEMENT (IPM) MODEL FOR CERCOSPORA LEAF SPOT OF SUGAR BEETS IN THE PO RIVER VALLEY

ABSTRACT

Cercospora leaf spot (CLS), caused by the fungus *Cercospora beticola*, is the most economically important foliar disease of sugar beets in Italy. It can be controlled with the integrated use of resistant varieties, cultural practices and foliar fungicides. Environmental conditions strongly influence the activity of *C. beticola* in the field and can be used to guide fungicide applications once the relationships are understood. To assist growers in making profitable decisions regarding the application of foliar fungicides for CLS control, a predictive model, developed by Minnesota and North Dakota State University was adjusted to Italian conditions and evaluated. The model was designed to predict the time of sugar beet infection by *C. beticola* was likely to occur based on hourly temperature and relative humidity data. CLS control is currently based on treatments scheduled using a “calendar” program. This system recommends to start fungicide applications on fixed date and continue regularly every 18-20 days. Three years of field trial evaluation of the CLS prediction model at several experimental sites, compared with the calendar program, has resulted in a savings of two fungicide treatments (corresponding to 170 €/ha) without a significant loss of yield. For control of CLS, multiple applications of the same fungicide during a growing season are unfortunately common. This practice provides the target fungus with the conditions to evolve resistance. Sensitivity assays of *C. beticola* to DMI and QoI fungicides were carried out on isolates collected in 2009 and 2010 in northern Italy by the University of Bologna and North Dakota State University respectively. Isolates principally came from trial plot but also from commercial sugar beet fields and were tested towards tetraconazole and difenoconazole, pyraclostrobin and trifloxystrobin using radial growth and spore germination assays. All samples collected in 2009 showed EC₅₀ values for QoI ranging from 0.0008 to 0.2195 µg/ml. The percent range with EC₅₀ values >1 for isolates collected in 2010 for tetraconazole was 44%, for difenoconazole 84%, for pyraclostrobin 27% and for trifloxystrobin 34%. From a samples of isolates with EC₅₀ values >1 µg/ml, the range of EC₅₀ values (µg/ml) for tetraconazole was 3.4-70.0, for difenoconazole 2.0-69.5, for pyraclostrobin 1.5-43.6, and for trifloxystrobin 3.8-77.1.

UN NOUVEAU MODELE DE MAITRISE INTEGREE DE LA MALADIE (IPM) POUR LA CERCOSPORIOSE DE LA BETTERAVE A SUCRE DANS LA VALLEE DU PO

RESUME

La cercosporiose (CLS), déterminée par le champignon *Cercospora beticola*, est la maladie foliaire de la betterave plus importante du point de vue économique en Italie. Cette maladie peut être contrôlée avec l'utilisation intégrée des variétés résistantes, des pratiques culturales et des fongicides foliaires. Les conditions environnementales influencent beaucoup l'activité de *C. beticola* dans le champs; elles peuvent être utilisées pour guider les applications des fongicides lors que leurs influences sont comprises. Pour aider les planteurs à prendre des choix avantageux concernant l'application des fongicides foliaires pour le contrôle de CLS, un modèle de prédiction, développé par les Universités d'états de Minnesota et du Nord Dakota, a été adapté à les conditions italiennes et a été évalué. Le modèle a été conçu pour prévoir le temps auquel l'infection de *C. beticola* va se développer sur la base des données horaires de température et humidité relative. Le contrôle de la CLS est actuellement basé sur

des traitements planifiés dans un programme à calendrier. Ce système recommande de commencer les applications de fongicide dans une date fixe et de continuer avec régularité chaque 18-20 jours. Trois années d'évaluations de champ du modèle de prédiction de CLS dans plusieurs sites expérimentaux, en comparaison avec le programme à calendrier, a permis d'épargner deux traitements fongicides (correspondants à 170 €/ha) sans pertes significatives de rendement. Pour contrôler la CLS, des applications multiples des mêmes fongicides pendant la saison de croissance sont malheureusement fréquentes. Cette pratique fournit au champignon traité les conditions pour évoluer des résistances. Des essais de sensibilité de *C. beticola* à fongicides DMI et Qol ont été menés sur des isolés récoltés en 2009 et 2010 dans l'Italie du Nord, respectivement par l'Université de Bologne et l'Université d'état du Nord Dakota. Ceux isolés dérivèrent principalement des champs d'essais mais aussi de plein champs de cultures betteravières; ils ont été dosés pour le tetraconazole et le difenoconazole, le pyraclostrobin et le trifloxystrobin en utilisant des évaluations de croissance radiale et de germination des spores. Tous les échantillons récoltés en 2009 ont montré des valeurs EC_{50} pour les Qol dans l'étendue 0.008 – 0.2195 µg/ml. L'ampleur des valeurs de $EC_{50} > 1$ pour les isolés récoltés en 2010 pour le tetraconazole a été le 44%, pour le difenoconazole le 84%, pour le pyraclostrobin le 27% et pour le trifloxystrobin le 34%. Dans les isolés avec valeurs de $EC_{50} > 1$ µg/ml, l'étendue des valeurs de EC_{50} (µg/ml) a été de 3.4 – 70.0 pour le tetraconazole, 2.0 – 69.5 pour le difenoconazole, 1.5 – 43.6 pour le pyraclostrobin, 3.8 – 77.1 pour le trifloxystrobin.

EIN NEUES INTEGRIERTES PFLANZENSCHUTZ (IPS)-MODELL ZUR CERCOSPORA-BLATTFLECKENKRANKHEIT AN ZUCKERRÜBEN IN DER POEBENE

KURZFASSUNG

Die Cercospora-Blattfleckenkrankheit, die durch den Pilz *Cercospora beticola* verursacht wird, ist die Blattkrankheit an Zuckerrüben in Italien, die die stärksten ökonomischen Auswirkungen verursacht. Sie kann durch den integrierten Anbau resistenter Sorten, spezielle Anbaupraktiken und den Einsatz von Blattfungiziden kontrolliert werden. Die Umwelt beeinflusst das Auftreten von *C. beticola* im Feld sehr stark. Sind die Beziehungen vollständig verstanden, kann dies zum gezielten Einsatz von Fungizidapplikationen genutzt werden. Um die Landwirte beim Einsatz von Blattfungiziden zur Cercospora-Kontrolle im Hinblick auf profitable Entscheidungen zu unterstützen wurde ein Vorhersagemodell der Minnesota and North Dakota State University an italienische Bedingungen angepasst und evaluiert. Dieses Modell soll anhand stündlich erhobener Daten zu Temperatur und relativer Luftfeuchte den Zeitpunkt einer Infektion mit *C. beticola* vorhersagen. Die Cercospora-Kontrolle basiert augenblicklich auf Behandlungen nach einem „Kalender“-Programm. Nach diesem System werden Fungizidapplikationen zu einem fixen Datum begonnen und regelmäßig alle 18-20 Tage fortgeführt. Die Auswertung dreijähriger Feldversuche zum Cercospora-Vorhersagemodell im Vergleich zum Kalenderprogramm ergab Einsparungen von zwei Fungizidbehandlungen (entsprechend 170 €/ha) ohne signifikante Ertragsverluste. Zur Kontrolle von Cercospora werden leider üblicherweise mehrfach dieselben Fungizide während einer Vegetationsperiode ausgebracht. Als Folge dieser Praxis kann der im Fokus stehende Pilz Resistenzen entwickeln. Untersuchungen zur Empfindlichkeit von *C. beticola* gegenüber DMI und Qol Fungiziden wurden an Isolaten durchgeführt, die in den Jahren 2009 und 2010 in Norditalien von der Universität Bologna bzw. der North Dakota State University isoliert wurden. Die Isolate stammten vorwiegend von Versuchsflächen, aber auch aus kommerziellen Rübenfeldern. Sie wurden mit Hilfe von radialen Wachstums- und Sporenkeimungsversuchen gegenüber Tetraconazol und Difenoconazol, Pyraclostrobin und Trifloxystrobin getestet. Alle Proben aus dem Jahr 2009 zeigten EC_{50} -Werte für Qol im Bereich von 0.0008 bis 0.2195 µg/ml. Der prozentuale Anteil an EC_{50} -Werten >1 von Isolaten aus dem Jahr 2010 betrug 44 % für Tetraconazol, 84 % für Difenoconazol, 27 % für Pyraclostrobin und 43 % für Trifloxystrobin. Aus einer Probe von Isolaten mit EC_{50} -Werten >1 µg/ml betrug die Spanne der EC_{50} -Werten (µg/ml) 3,4-70,0 für Tetraconazol, 2,0-69,5 für Difenoconazol, 1,5-43,6 für Pyraclostrobin und 3,8-77,1 für Trifloxystrobin.

INTRODUCTION

Cercospora leaf spot (CLS), caused by the fungus *Cercospora beticola*, is the most economically important foliar disease of sugar beets (*Beta vulgaris* L.) in Italy. This pathogen finds favourable development conditions in about 90% of the Italian beet growing areas, but the most severe infestations occur in the Po Valley. Every year the infections of CLS vary in intensity, mainly depending on the changeable climate conditions. In a recent study (48.000 ha of sugar beet surface, 2010 data) it was estimated that the potential financial losses, caused by CLS infestations in Northern Italy in a year with high pressure of the pathogen, are about 44 million Euros, whereas the losses due to a poor choice in the chemical control of the disease, are about 15.4 million Euros.

CLS control is still difficult in Italy due to some important factors: I) weather conditions are generally very favourable to CLS infections. Additionally, higher temperatures and relative humidity are characterizing the summer weather during recent years and providing a favourable environment for disease development; II) approx. 80% of cultivated varieties are highly or moderately susceptible to CLS. This is due, on the one hand, to the large commercial diffusion of nematode tolerant varieties (with low resistance to the fungus); on the other hand, to the high amount of low resistant varieties, due to the negative correlation between high yields and high level of CLS resistance; III) only 3 modes of action are available in present fungicides: sterol C14-Demethylation Inhibitors (DMIs), piperidines and Quinone outside Inhibitors (QoIs). According to BRENT and HOLLOMAN (2007), the risk to develop resistance to these fungicides is: moderate for DMIs (triazoles, e.g. tetraconazole, difenoconazole) and piperidines (fenpropidin), whereas the risk is high for QoIs (strobilurins, e.g. trifloxystrobin, pyraclostrobin); IV) recommendations to control CLS while minimizing the risk of developing resistance are not always properly followed by farmers. Inappropriate fungicide application practices provides the target fungus with the conditions to evolve resistance. In the 1970's, *Cercospora beticola* developed resistance in the Po Valley to organic tin products and benzimidazoles. More recently (2004, unpublished), reduced sensitivity to low active ingredient concentration (0.1 ppm) of tetraconazole and cyproconazole was observed; V) CLS control is currently based on treatments scheduled using a "calendar" programme. This system recommends to start fungicide applications on a fixed date, different for each sugar beet area (see geopathological distribution map of *C. beticola* on the basis of disease risk reported in figure 1), and to continue every 18-20 days until harvest. In this way, treatment timings are set without knowing the actual CLS epidemic progress. Adopting this system, the total amount of treatments is, on the average, 1-2 for the early harvest period and 3-4 for the late period. Such routine practices cannot provide the optimum yield benefit because disease severity differs from year to year.



Figure 1: Geopathological distribution and severity map of *C. beticola* in Centre-North Italy (disease incidence: 1= high; 6= low). Dates are related to first leaf spots detectable.

A new approach was therefore needed, satisfying the demands of economy and ecology, giving sufficient disease control whilst reducing the chemical load on the environment (according to new European rules: Regulation 1107/2009 EC concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC; Directive 2009/128/ EC for the sustainable use of pesticides). This new approach may be summarized in two steps.

First step: CERCOPRI model and CLS field monitoring. In the 1990's an important support to forecast the appearance of the disease was provided by mathematical model based upon weather data, ensuring an effective timing of fungicide (BATTILANI *et al.*, 1996). The model indicates a correlation between

the frequency of disease appearance and the sum of the useful temperatures (ST = heat sum of average daily temperatures above 5 °C from the 1st January until the appearance of the disease). Frequency of disease onset is very low when ST is lower than 1100 °C and progressively increases at increasing ST. More to temperature, in years with high sums of average daily relative humidities above 60%, the probability of disease appearance is higher. An empirical simulation model was elaborated, divided in CERCOPRI (CERCOspora Primary Infection) and CERCODEP (CERCOspora Development of EPidemics) that gives a useful forecast of the most likely date of CLS appearance during the sugar beet growing season. The treatment threshold is fixed at 10% of Affected Leaf Area (ALA), corresponding to the economic damage threshold calculated on susceptible and resistant cultivars. This model is still adopted in the Emilia-Romagna Region for the IPM sugar beet growers disciplinary. The model has some weak points: i) it was developed utilizing old varieties, no longer used; ii) considering the low level of genetic resistance in current varieties, the 10% treatment threshold is actually too high. Therefore, the start of treatments is often too late in the season, when the disease level is already high; iii) after the first application, this system predicts treatments scheduled using a “calendar” programme.

The aim of CLS field monitoring, started in the end of 1990's, was to recommend the beginning of fungicide application (only resistant varieties) in each sugar beet field, after direct field record of the first leaf spots. Disease monitoring usually began in late May to early June and continued weekly until July. Disease severity (first leaf spot appearance and confluence of 2 leaf spots) was assessed by inspecting several “10 plants/row” throughout field. When CLS appearance exceeded the 40% threshold of at least 2 leaf spots confluence (4 plants in 10), a fungicide spray had to be applied to the field.

Second step: CLS infection prediction model (CLS.Beta). Correct use of fungicides for control of CLS depends on knowing when the chemicals are most needed. Environmental conditions strongly influence the activity of *C. beticola* in the field; they can be used to guide fungicide applications once the relationships are understood. To assist growers in making profitable decisions regarding the application of foliar fungicides for CLS control, a predictive model, developed and later modified by researcher at the University of Minnesota and North Dakota State Universities (SHANE and TENG 1984; WINDELS *et al.* 1998; KHAN *et al.* 2007) was adjusted to the Italian conditions and evaluated during 2009 to 2011. The modified version has been called “CLS.Beta” model. The target of the model is to ensure sugar beet yield and quality by giving a high effective control of fungal leaf disease, while reducing the chemical load on the environment to the lowest necessary input. The model was designed to predict the time when the infection by *C. beticola* is likely to occur, based on hourly temperature and relative humidity data. The advisories are the results of a computer link between Beta premises and weather stations located in each trial field. The weather stations are equipped with a relative humidity and temperature probes set in two positions: just below the top of the leaf canopy and at the standard height of 1.5 m above the soil surface.

Beside the approach addressing disease development, application methods have also undergone significant progress. In fact, a new spraying technique has been devised for fungicide applications at very low dosage, which is called intermittent spraying technique and is based on regular and short duration breaks of the fungicide flow sprays. This alternative application allows obtaining a very short distance between spray drops and capitalising from the “active ingredient diffusion phenomenon” inside plant cuticles (BUKOVAC and PETRACEK, 1993). Utilizing the intermittent spraying technique, spray drop distribution above leaves is uniform but farther spaced in comparison to conventional technique. This new spraying system has been developed to reduce the dose per hectare thanks to the natural pesticide diffusion through the cuticle of the leaves. FALCHIERI *et al.* (2008) showed that this technique, with strongly reduced fungicide and herbicide dose/ha (-45%), gave the same performance compared to the standard spraying technique (continuous spray) at full dose/ha on several weeds and fungal diseases. It is therefore argued that the intermittent spraying could achieve such results also in CLS control.

The last relevant aspect addressed by recent research on CLS is the monitoring for fungicide resistance. The most frequent fungicides are commercial mixtures between difenoconazole, fenpropidin, tetraconazole, cyproconazole, trifloxystrobin and azoxystrobin. As mentioned above, for triazoles and strobilurins (both are site-specific inhibitors classes) the risk for resistance development is moderate and high, respectively. Like many other fungi, *C. beticola* has the ability to adapt to repeated fungicide exposure and become less sensitive to the fungicides, especially if they are frequently applied over a period of time. Loss of disease control may result when fungicides become less effective. Therefore, it is important to monitor the *C. beticola* population for changes in sensitivity to the fungicides in order to achieve maximum disease control. For this reason, it is very important to carry out field trials to determine the degree of effectiveness of the different active ingredients over the years (see table 2) and to

Table 2: Efficacy of registered products against CLS before and after 2010. In 2011 the efficacy was obtained from the result of 3 field trials.

Commercial name	Active ingredient	A.I. (%)	Dose (l/ha)	CLS Efficacy	
				2010	2011
Amistar Xtra	azoxystrobin + cyproconazole	18.2 + 7.3	1.0	H	M
Opera	piraclostrobyn + epossiconazole	12.5 + 4.7	1.0	H	M
Sphere	trifloxystrobin + ciproconazole	74.4 + 14.6	0.4	H	M
Spyrale	fenpropidin + difenoconazole	38 +10	0.7	H	M
Bumper P	prochloraz + propiconazole	34.8 + 7.8	1.5	M	M
Domark 40 EW	tetraconazole	3.85	2.5	M	M
Impact Supreme	flutriafol + prochloraz	4.10 + 15.74	2.0	M	M
Indar 5 EW	fenbuconazole	5,0	2.0	L	L
Opus Twin	epossiconazole + prochloraz	12.5 + 45	1.0	M	M
Proclaim	bitertanol	44.7	1.0	L	L
Score 25 EC	difenoconazole	23.9	0.3	M	L
Sportak 45 EW	prochloraz	39.8	1.8	L	L
Tilt 25 EC	propiconazole	25.25	1.0	M	M
Copper salts	copper oxychloride	various	3.5	L	L
Sulfur	sulfur micronized	various	7.0	N	N

H = high; M = moderate; L = low; N = null.

monitor for the onset of fungicide resistance. Sensitivity monitoring of field isolates of *C. beticola* to the commonly used fungicides in Italy was carried out in the years 2009 – 2010 and will continue in the next years. The aims are: to check the sensitivity of *Cercospora beticola* isolates collected from representative fields in the Po Valley to the most widely used fungicides and to compare sensitivity data to the previously established baseline; to disseminate the results of the sensitivity monitoring in a timely way to the sugar beet industries and growers' associations in order to issue reliable fungicide recommendations to control the disease while avoiding fungicide resistance.

It has been recognized, that the epidemic progress of the causal agent is mainly influenced by location, climate, sugar beet variety and crop management. Therefore, fungicides must be supplemented with suitable agronomic measures: i) using resistant varieties, that significantly contribute to reduce the severity of the disease, especially in high risk areas; ii) the adoption of a four-year rotation for the beet crop, because the leaves infected by the fungus, which are usually left in the field after harvesting, are the prevalent inoculum source for the subsequent crops; iii) the use of cropping techniques that create less favourable conditions for disease development; in particular, it is important to limit an excessive development of plant canopies, adjusting nitrogen fertilisation and water supply as regards volume, intervals and application methods.

MATERIALS AND METHODS

For the above-discussed reasons a research project, divided in 2 phases, was initiated in 2009 to develop a new system of fungicide management.

CLS infection prediction model

Background of the prediction model

Cercospora spores require leaf wetness to germinate and infect the leaves. Since leaf wetness measurements were not practical, relative humidity and air temperature measured within the sugar beet canopy were correlated to the same climatic traits measured at the standard height of 1.5 m above the soil surface. These data sets were correlated to disease occurrence.

The current *Cercospora* prediction model uses these relationships to determine favourable weather conditions for disease development as indicated by the *Daily Infection Values* (DIV). These are values that indicate how much weather conditions (temperature and relative humidity) have favoured

Cercospora beticola infection at a particular date. DIV are determined from the total number of hours with canopy relative humidity $\geq 80\%$ (85% for the US original version) in a 24-hour period (midday to midday) and the average air temperature during those hours. DIV increase with increasing number of hours of relative humidity $\geq 80\%$ and with increasing temperature. DIV score ranges from 0 (unfavourable to CLS infection) to 7 (very favourable). For instance, after 11 hours of high relative humidity at an average temperature of 27 °C the DIV score is 7.

The *Daily Infection Risk* (DIR) is based on the two-day sum of DIV. If the two-day total infection value ranges from 1 to 3, the infection risk is “slight”; if ranges from 4 to 6 is “moderate” and when it ranges from 7 to 14 is “severe” (JONES AND WINDELS, 1999). A severe DIR means conditions are extremely favourable for *Cercospora* development.

Field trial layout

Based on these premises, to assess the reliability of the “CLS.Beta” model, 10 plot trials were carried out in the three years 2009 to 2011 (3, 3 and 4 fields in the three respective years), with a split-plot design at four replications, involving 4 cultivars at varying level of CLS resistance in the main plots: a susceptible (Massima), a slightly resistant (Rizor) and two medium resistant (Leila and Fabrizia) cultivars; 6 programmes of chemical treatments in the sub-plots (Table 3). Two harvest times were performed in combination with the above treatments outside the split-plot scheme: early (September 5-10) and late (September 30 - October 5).

Table 3: Description of the six programmes of chemical treatments.

Programme No.	Short description	First treatment	Treatment intervals	Maximum number of treatments
1	Untreated control	-	-	-
2	DIR + Calendar	DIR>7	18-20 days	3
3	DIR 7÷10 + Calendar	DIR>7 + 7÷10 days	18-20 days	3
4	DIR + DIR	DIR>7	14 days + DIR>7	3
5	DIR 7÷10 + DIR 7÷10	DIR>7 + 7÷10 days	14 days + DIR>7 + 7÷10 days	3
6	Calendar method	Disease area risk	18-20 days	4

In practice, the determination of the moment to start treatments is one of the most important aspects of the entire protection programme. The starting phase generally coincides with the appearance of the disease on the leaves and is indicated by a DIR above 7 by the model. The further delay of 7÷10 days is based on the circumstance that successful infection by the *Cercospora* fungus usually requires 7 days or more to result in leaf spots that are visible to the naked eye. During this time, the fungus is growing from its initial penetration site (leaf stomata) to invade and kill cells in the surrounding leaf tissue. Individual leaf spots are restricted in size and seldom attain a diameter above 3-4 mm. Resistance reaction by cells of the sugar beet leaf will “wall off” the fungus and prevent further spread within the leaf. This resistance reaction is characterized by a dark reddish brown circle that surrounds and defines the small leaf spot. The minimum interval of 14 days after each treatment corresponds to the actual fungicide protective period, at the end of which model computation must be resumed to determine if and when subsequent sprayings are needed. In each trial, the following sequence of fungicides was applied: Sphere 0.8 l/ha (trifloxystrobin 17.2 g/l + ciproconazole 7.3 g/l), Spyrle 0.7 l/ha (fenpropidin 38 g/l + difenoconazole 10 g/l), Eminent 40 EW 2 l/ha (tetraconazole 3.85 g/l).

Field assessments

The biological and economic effects of the different thresholds for spray timing, established at early vs. late epidemic progression stages, were checked. The samples were subjected to: i) disease severity assessment as affected leaf area percentage (ALA); ii) quantitative-qualitative laboratory analyses (assessed parameters: beet weight, content of sugar, content of potassium, sodium and α -amino-N). Grower's net income was calculated as gross income minus treatment costs. The data of the 10 trials were subjected to analysis of variance (ANOVA) based on the adopted experimental design (factors considered: CLS fungicide control and variety within each harvest). For each character and before the combined ANOVA, the homogeneity of the error variances among different trials was verified. In significant traits, treatment means were separated by means of the Student-Newman-Keuls test at $P \leq 0.05$.

Fungicide doses and spraying methods

To assess the effects of the intermittent (impulse) spraying technique as proposed by FALCHIERI *et al.* (2008), 4 field trials were carried out over three years (2008-2010) in the Po Valley. Four treatments were compared in a randomized block design at four replications: full dose with standard spraying; reduced dose and volume (-45% both) with intermittent spraying; reduced dose and volume (-45%) with standard spraying; untreated control. Three treatments with the same highly performing fungicides were performed in all treatments except the control. In all fields, sugar beet plots were harvested in the late part of the campaign, and subjected to the assessment of the principal yield and quality traits.

Monitoring resistance of CLS to fungicides

Background of the resistance to fungicides

Resistance to agricultural fungicides is one of the most important limiting factors in the chemical control of plant diseases and has dramatically increased during the last three decades. The development of resistance to fungicides is affected by several factors such as those inherent in the nature of the fungicides, fitness of the resistant phenotypes, biology and epidemiology of the pathogen and strategies of disease management. Like many fungi, *C. beticola* has the ability to adapt and become less sensitive to the fungicides used to control it, especially if the fungicides are applied frequently over a period of time (SECOR *et al.*, 2010). In this paper, the terms *sensitive* and *resistant* are used to describe the reaction of *C. beticola* isolates to fungicides in accordance with previous recommendations (BRENT and HOLLOWMAN 2007); we use the definition of resistance as proposed by FRAC-UK to be “a change in the pathogen which results in decreased sensitivity to a fungicide”. At the same time, slight changes are not generally obvious in the field and in most cases where a failure in disease control occurs, the change in sensitivity has been considerable.

Sensitivity testing

In order to maintain optimal disease control by fungicides, it is important to monitor the pathogen population for sensitivity and changes in sensitivity to the applied fungicides. In our opinion, monitoring for fungicide resistance means “testing of field populations of target pathogens for their degree of sensitivity to one or more fungicides” (BRENT and HOLLOWMAN 2007). Fungicide sensitivity testing of field isolates of *C. beticola* to the commonly used fungicides (belonging to DMI and QoI classes) was conducted by the University of Bologna and North Dakota State University on samples collected by Beta technicians in September 2009 and 2010, respectively, from sugar beet leaves with CLS symptoms in Northern Italy. Isolates principally originated from trial plots, but also from commercial sugar beet fields. *C. beticola* isolates were tested for sensitivity to tetraconazole and difenoconazole, pyraclostrobin and trifloxystrobin using radial growth and spore germination assays.

For triazoles, a standard inhibition of radial growth procedure across a range of fungicide concentrations modified for *C. beticola* was used to monitor changes (KARAOGLANDIS *et al.* 2002, SECOR *et al.*, 2010). A single *C. beticola* spore subculture from the original non-amended water agar plate was grown on water agar medium amended with serial 10-fold dilutions of technical grade triazole fungicide active ingredient from 0.001 to 1.0 µg/ml. This type of procedure is necessary to detect slight changes in sensitivity of a fungus to a sterol inhibiting fungicide, since resistance to this class of chemicals is quantitatively inherited (FUKUOKA *et al.* 2003). Separate tests were conducted for each triazole fungicide. After 15 days, radial growth was measured and compared to growth on non-amended water agar. These data were used to calculate EC₅₀ which is the concentration of fungicide that reduces the growth of *C. beticola* by 50% compared to the growth on non-amended media.

For measuring resistance to QoI fungicides, a procedure that measures inhibition of spore germination was used. A subculture from the original non-amended water agar plate was grown on modified V8 medium and induced to sporulate abundantly (SECOR and RIVERA, 2012). *C. beticola* spores were collected and transferred to water agar amended with serial 10-fold dilutions of technical grade fungicide active ingredient from 0.001 to 1.0 µg/ml containing salicylhydroxamic acid at a concentration of 100 µg/ml. We knew from previous tests (*unpublished*) that *C. beticola* spores pass 80% germination in about 16h, with some variability depending on isolates. Consequently, germination of 100 spores randomly examined was assessed 16 h after plating. Germination on amended media was compared to the germination on non-amended water agar medium and a percent germination was calculated from which an EC₅₀ was calculated for each isolate.

RESULTS AND DISCUSSION

CLS infection prediction model

The original US model has been developed and calibrated to Italian condition as follows:

- a tight correlations was found between measurements of relative humidity ($R^2 = 0.74^{**}$) and temperature ($R^2 = 0.92^{**}$) at 1.5 m above soil surface and within sugar beet canopy. Based on the respective regressions, temperature and humidity data measured at a 1.5 m height in all field trials were adjusted to represent canopy conditions. The adjusted values were then used to calculate DIVs as above described;
- during the 3 years, the reference humidity threshold for DIV calculation was modified: when calculated at 85% relative humidity, DIV could hardly account for the actual CLS incidence observed in the field. Therefore, to reduce the risk of disease outburst, in 2011 DIVs and the corresponding DIRs were calculated based on 80% relative humidity. This change was a conservative “educated guess” to more closely match field observations.

The different treatment programmes tested in the 10 trials over three years gave the following results, in the average of the four varieties (Table 4):

- a inverse tight correlation was found between Affected Leaf Area (ALA) assessed and number of treatments ($R^2 = - 0.24^{**}$);
- the least conservative programme (no. 5, DIR 7÷10 + DIR 7÷10), in comparison to the most conservative one (Calendar method), saved 0.8 treatments for the early harvest (within mid-September) and 1.5 for the late harvest (end of the campaign, within mid-October); therefore, adopting the least conservative programme as IPM allowed to reduce the quantity of fungicides entering the environment and save money up to approx. 130 €/ha (corresponding to 1.5 applications);
- also in comparison to other programmes, DIR 7÷10 + DIR 7÷10 saved a lower but significant amount of treatments;
- the results concerning sugar yield and net income (grower’s gross income minus treatment costs) did not show significant differences between the Calendar method, on one side, and the four programmes based on the model, despite the lower number of treatments received by the latter in comparison with the former;
- no significant difference was observed in sugar yield and net income from interactions between the two sources of variation “CLS control strategies” and “resistant variety level” (data not shown); the lack of significant interactions underlines the consistency in the behaviour of genetic resistances in CLS control across the monitored sites;
- the effects in terms of disease severity were less serious in moderately-resistant cultivars than in susceptible ones (data not shown); however, resistant varieties frequently displayed lower root yield and relatively higher sugar content than susceptible ones; consequently, in case of low fungicide input, susceptible or slightly resistant cultivars performed better than the medium resistant ones under conditions of no or low CLS infection, whereas the latter showed better performances under high CLS pressure;
- the benefits from utilizing the model is relevant in reducing the dependence on fungicides in view of an IPM strategy; the number of fungicide treatments can be reduced by up to three and the total amount of active ingredients can be reduced up to 70% under conditions of high virulence.

Table 4: Comparison between the 6 CLS programmes in the average of the 4 varieties and the 10 trials carried out in the 3 years. Values followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$ (Student-Newman-Keuls test).

Progr. No.	Short description	Average number of treatments		Affected Leaf Area (%)		Sugar yield (t/ha)		Net income (€/ha)	
		E.H.	L.H.	E.H.	L.H.	E.H.	L.H.	E.H.	L.H.
1	Untreated control	0 d	0 d	54,4 b	82,8 b	11.8 b	11.7 b	2480 b	2303 b
2	DIR + Calendar	1.8 b	2.9 b	17,1 a	76,9 a	14.2 a	14.5 a	2751 a	2850 a
3	DIR 7÷10 + Calendar	1.7 cb	2.7 b	17,7 a	74,6 a	14.1 a	14.8 a	2711 a	2984 a
4	DIR + DIR	1.8 b	2.9 b	14,8 a	77,6 a	13.7 a	14.3 a	2728 a	2845 a
5	DIR 7÷10 + DIR 7÷10	1.4 c	2.2 c	19,9 a	76,3 a	13.8 a	14.8 a	2724 a	2952 a
6	Calendar method	2.2 a	3.7 a	13,5 a	70,7 a	14.1 a	15.1 a	2728 a	2931 a

E.H. = early harvest; L.H. = late harvest

Fungicide doses and spraying methods

The results obtained (Table 5) show that the intermittent spraying technique, with strongly reduced fungicide dose/ha and volume (-45% in comparison to “traditional” applications), gave the same performance (no significant difference) compared to the standard spraying technique (continuous spray) at full dose/ha. Conversely, the reduced dose applied with the standard, continuous spray, involved a small but significant yield decrease. It appears, therefore, that there is a potential to be exploited to reduce the global amount of active ingredient for the control of CLS, under the condition that advanced equipment, such as intermittent sprayers, are available.

Table 5: Yield and quality comparison between intermittent spraying technique (with impulse) and standard technique (without impulse) in 4 combined trials over 3 year. Values followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$ (Student-Newman-Keuls test).

Treatment and dose (%)	Root yield (t/ha)	Sugar content (%)	Sugar yield (t/ha)	Juice purity (%)
Standard dose and spraying technique	102 a	15.2 a	15.5 a	92.7
Reduced dose (- 45%) at intermittent spraying	101 a	15.0 a	15.1 a	92.8
Reduced dose (- 45%) with standard spraying	102 a	14.2 b	14.5 b	92.6
Untreated control	89 b	14.3 b	12.8 c	92.2

Monitoring resistance of CLS to fungicides

Results of sensitivity tests carried out in 2009 to QoI fungicides showed EC_{50} values ranging from 0.0008 to 0.2195 $\mu\text{g/ml}$. In 2010, the percentage of isolates with EC_{50} values >1 for tetraconazole was 44%, for difenoconazole 84%, for pyraclostrobin 27% and for trifloxystrobin 34%. From the isolates with EC_{50} values >1 $\mu\text{g/ml}$, the range of EC_{50} values ($\mu\text{g/ml}$) for tetraconazole was 3.4-70.0, for difenoconazole 2.0-69.5, for pyraclostrobin 1.5-43.6, and for trifloxystrobin 3.8-77.1.

Data obtained for IBS confirms the sensitivity decrease of *C. beticola* to these products (especially tetraconazole) already pointed out in Italy by Languasco *et al.* (2006), while the presence of populations with isolates resistant to QoI could represent a problem for practical control due to efficacy reduction (as apparently observed in field trials carried out in 2011, table 2).

CONCLUSIONS

At the field level, the current yield losses caused by CLS depend on the interaction between several factors, such as productivity and resistance level of sugar beet genotypes, dynamics of crop growth during the season, environmental conduciveness to CLS, and effectiveness of fungicides applications.

The strategies for CLS control are made up of different actions; when combined, they facilitate the most economical management of the disease. This integrated management of the disease entails the adoption of suitable agronomic measures: using high-performing varieties approved for resistance to CLS, planning a rotation of at least four years, and carrying out treatments based on agrometeorological-forecasting model.

The benefits from utilizing the model in susceptible, slightly and medium resistant varieties were very important in reducing the number of fungicide treatments and the total amount of active ingredients up to 70% depending on CLS virulence. In this way, by practicing IPM it was possible to reduce the amount of fungicides entering the environment and save up to approx. 190 €/ha (corresponding to 2 application).

A three-year experience with intermittent spraying technique for CLS control has showed that it is possible to cut fungicide dose and water volume/ha (-45% both) without significantly reducing the yield performance compared to the full dose and volume. In future research, this potential should be explored in combination with delayed sprayings (according to the “CLS.Beta” model thresholds + 7÷10 days), in order to ascertain the best possible combination in varying disease conditions.

Sensitivity shifts showed from the analysis of many *C. beticola* isolates towards IBS and, particularly, QoI are matter of concern for the field disease management. These first results need to be confirmed by further field trials and sensitivity tests.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the help and the advices of Lorenzo Barbanti (Institute of Agro-environmental science and technology, University of Bologna).

REFERENCES

- 1 BATTILANI P., GIOSUÈ S., RACCA P., ROSSI V.: A decision support system for *Cercospora* leaf spot management in sugar beet. *Proceedings of the 59th IIRB Congress*, 33–44, 1996.
- 2 BRENT K.J., HOLLOWAN, D.W.: Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed? *FRAC Monogr. I*, 2nd ed. FRAC, Brussels, Belgium, 2007.
- 3 BUKOVAC M.J., PETRACEK P.D.: Characterizing pesticide and surfactant penetration with isolated plant cuticles. *Pestic. Sci* 37: 179–194, 1993.
- 4 FALCHIERI D., LOLLI M., ROMAGNOLI L., VIACIANI M., BRANDI M.: Una tecnica di applicazione a getto intermittente per trattamenti a dosi/ha fortemente ridotte: risultati nel diserbo di grano e sorgo e nella difesa antiperonosporica della vite. *Atti delle Giornate Fitopatologiche*. Cervia, IT. 2: 65–72, 2008.
- 5 FUKUOKA T., JOHNSTON D.A., WINSLOW C.A., DEGROOT M.J., BUTR C., HICHOCK C.A., FILLER S.G.: Genetic basis for differential activities of fluconazole and voriconazole against *Candida krusei*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 47: 1213–1219, 2003.
- 6 JONES R.K., WINDELS C.F.: A management model for *Cercospora* leaf spot of sugar beet. www.sbreb.org/brochures/cercospora/leafspot2.htm, 1999.
- 7 KARAOGLANDIS G.S., IOANNIDIS P.M., THANASSOULOPOULOS C.C.: Changes in sensitivity to sterol demethylation inhibiting fungicides of *Cercospora beticola* populations, during a 4-year period, in northern Greece. *Plant Pathol.* 51: 55–62, 2002.
- 8 KHAN J., DEL RIO L.E., NELSON R., KHAN M.F.R.: Improving the *Cercospora* leaf spot prediction model for sugar beet in Minnesota and North Dakota. *Plant Dis.* 91: 1105–1108, 2007.

- 9 LANGUASCO L., MOGGI F., ROSSI V., BELTRAMI G., MERIGGI P.: Influenza di strategie anti-resistenza sulla sensibilità ai fungicidi in *Cercospora beticola*. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*: 339–346, 2006.
- 10 SECOR, G.A., RIVERA, V.V., KHAN, M.F.R., GUDMESTAD, N.C.: Monitoring fungicide sensitivity of *Cercospora beticola* of sugar beet for disease management decisions. *Plant Dis.* 94: 1272–1282, 2010.
- 11 SECOR, G. A., RIVERA, V. V.: Fungicide resistance assays for fungal plant pathogens. In: *Plant Fungal Pathogens: methods and protocols*. M. D. BOLTON, and B. P. H. J. THOMMA, eds. Humana Press, New York, 2012.
- 12 SHANE W.W., TENG. P.S.: *Cercospora beticola* infection prediction model 1983. *Sugarbeet Resistant Extension Report 14*: 174–179, 1984.
- 13 WINDELS C.E., LAMEY H.A., HILDE D., WIDNER J., KNUDSEN T.: A *Cercospora* leaf spot model for sugar beet: In practice by an industry. *Plant Dis.* 82: 716–726, 1998.

SESSION / SESSION / SITZUNG 2: POSTER SESSION – SESSION POSTERS – POSTERSEKTION

1.1 BERT SMIT¹, KEES DE BONT²

¹Agricultural Economics Research Institute LEI, P.O. Box 65, NL – 8200 AB Lelystad

²Agricultural Economics Research Institute LEI, P.O. Box 29703, NL – 2502 LS Den Haag

EFFECTS OF A NEW SUGAR REGIME REFORM ON TRIPLE-P ASPECTS OF SUGAR (BEET) PRODUCTION IN DIFFERENT PARTS OF THE WORLD

ABSTRACT

In October 2011, the European Commission has proposed an abolishment of the EU sugar quota system from 2015 onwards. Furthermore, WTO-negotiations (Doha-round) will most likely lead to a decline of import tariffs up to 70%, step-by-step to be accomplished around 2020. Such reforms may affect both the profit-aspect of sustainability (price and profitability) and the people and planet aspects of sugar beet growing and processing throughout Europe and elsewhere. How will the new sugar reform affect land use, turnover, employment and rural development in different parts of Europe, in ACP (African, Caribbean and Pacific) countries, LDC (Least Developed Countries) and in other countries, mainly Brazil? Brazil appears to be a key-stakeholder in the international sugar market, not only harvesting half of the world's annual sugar amount but also regulating to a certain extent the world sugar price through balancing the ratio between sugar and bio-ethanol production from their amount of sugar cane harvested. Although largely different, the ACP- and LDC-countries have a relatively high cost price for sugar. They have import free access to the European market to a certain amount, but are also free to ship their sugar exports to other than EU-countries. This can be attractive in a situation of higher world sugar market prices than within the EU. The EU is a net importer of sugar after a substantial quota cut due to an earlier sugar regime reform in the period 2006 – 2009. Therefore, the sugar price volatility on the world market has and will lead to uncertainties in sugar availability for the European industry of sugar containing products. The paper presents the effects of a number of scenarios from an ex ante evaluation of the new sugar regime reform on triple-P aspects for different parts of the world.

EFFETS D'UN NOUVEAU REGIME DU MARCHE SUCRIER SUR LES ASPECTS TRIPLE-P, DANS DIFFERENTES REGIONS DU MONDE

RESUME

En octobre 2011, la Commission européenne a proposé l'abolissement du régime des quotas sucriers de l'UE à compter de 2015. De plus, les négociations de l'OMC (cycle de Doha) conduiront probablement à une baisse progressive (jusqu'à 70 %) des barrières tarifaires à l'importation d'ici à 2020. Ces réformes pourraient avoir un impact sur l'aspect profit de la durabilité (prix et rentabilité) et sur les aspects population et planète de la culture et de la transformation de la betterave sucrière en Europe et ailleurs. Quel effet la nouvelle réforme sucrière aura-t-elle sur l'utilisation des terres, la rotation, l'emploi et le développement rural dans les pays européens, les pays de l'ACP (Afrique, Caraïbes et Pacifique), les pays les moins développés et d'autres pays, principalement le Brésil ? Le Brésil apparaît comme un acteur clé du marché international du sucre, non seulement parce qu'il produit la moitié de la production annuelle mondiale de sucre, mais aussi parce qu'il régule, dans une certaine mesure, le prix mondial du sucre en dosant la part de sucre et la part de bioéthanol qu'il tire de sa récolte de canne à sucre. Malgré leurs différences, les pays de l'ACP et les pays les moins développés ont un prix de revient du sucre relativement élevé. Ils disposent, jusqu'à un certain point, du libre accès au marché européen, mais peuvent aussi envoyer leurs exportations de sucre vers d'autres pays. Cette solution peut s'avérer attractive lorsque le prix mondial du sucre est plus élevé que celui de l'UE. L'UE est devenue un importateur net de sucre après la réduction substantielle des quotas qu'a entraîné la précédente réforme du régime sucrier au cours de la période 2006-2009. La volatilité du prix du sucre sur le marché mondial va donc continuer à créer des incertitudes en termes

de disponibilité du sucre pour l'industrie européenne des produits contenant du sucre. Cette publication dresse un tableau des effets d'un certain nombre de scénarios tirés d'une évaluation ex-ante de la nouvelle réforme du régime sucrier sur le triple P dans différentes parties du monde.

DIE AUSWIRKUNGEN EINER NEUEN ZUCKERMARKTORDNUNG AUF TRIPLE-P-ASPEKTE DER ZUCKER(RÜBEN)PRODUKTION IN VERSCHIEDENEN REGIONEN DER WELT

KURZFASSUNG

Im Oktober 2011 machte die Europäische Kommission den Vorschlag der Abschaffung des Quotensystems für Zucker in der EU ab dem Jahr 2015. Ferner werden die Verhandlungen der Welthandelsorganisation (Doha-Runde) höchstwahrscheinlich zu einer schrittweisen Senkung der Importzölle um bis zu 70% bis 2020 führen. Derartige Reformen können in ganz Europa und andernorts Auswirkungen im Bereich der nachhaltigen Entwicklung sowohl auf den Aspekt Gewinn (Preis und Rentabilität) als auch auf die Aspekte Mensch und Umwelt in der Zuckerrübenproduktion und -verarbeitung haben. Wie wird sich die neue Zuckermarktreform auf Bodennutzung, Umsatz, Beschäftigung und ländliche Entwicklung in verschiedenen Teilen Europas, in AKP-Ländern, in LDC (am wenigsten entwickelten Ländern) und in anderen Ländern, hauptsächlich Brasilien, auswirken? Brasilien stellt auf dem internationalen Zuckermarkt die größte Interessengruppe, erzeugt es doch nicht nur die Hälfte der weltweiten Jahreszuckermenge sondern regelt durch das Verhältnis zwischen Zucker- und Bioethanolproduktion aus seiner Erntemenge an Zuckerrohr auch in gewissem Maße den Zuckerpreis auf dem Weltmarkt. Wenn auch aus ganz anderen Gründen haben die AKP- und LDC-Länder einen relativ hohen Herstellungspreis für Zucker. Sie haben in gewissem Ausmaß freien Zugang zum europäischen Markt, können ihren Zucker jedoch auch in Länder außerhalb der EU exportieren. Dieser Umstand kann in einer Situation, in der die Zuckerpreise auf dem Weltmarkt höher sind als innerhalb der EU, interessant sein. Die EU ist nach einer bedeutenden Quotenkürzung aufgrund einer früheren Zuckermarktreform im Zeitraum 2006 – 2009 Netto-Importeur von Zucker. Aus diesem Grund führen Schwankungen des Zuckerpreises auf dem Weltmarkt zu Unsicherheiten bezüglich der Verfügbarkeit für die europäische Süßwarenindustrie. In dem Beitrag werden die Auswirkungen einiger Szenarien aus einer Ex-Ante-Evaluierung der neuen Reform der Zuckermarktordnung auf "Triple-P"-Aspekte für verschiedene Teile der Welt dargelegt.

INTRODUCTION

EU sugar policy and central research question

In the Sixties, the sugar market policy was introduced, with an on average much higher price guarantee compared to the world market. The price guarantee was linked to a limitation of the size of the sugar production in the EU through the introduction of quota per processor. Between 2006 and 2009, the sugar policy was revised through significant decreases of the guaranteed sugar price; the income decrease was partly compensated for through the assignment of single income payments. Besides, the guaranteed sugar production amounts (quotas) in the EU were decreased by about one third. On 12 October 2011, the EC proposed to further reform the sugar policy (from 2016 onwards). This process may also include a possible abolishment of export restitutions in 2013, if the Doha-Round is successfully completed. However, this is not expected to happen for the time being.

It is important for the Dutch ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation (EL&I) and other stakeholders to timely have insights to formulate a well-founded standpoint about the future sugar policy. The ministry of EL&I has asked the Agricultural Economics Research Institute LEI to supply them with these insights. The insights required focus on the reasons for and against continuation of the central element in the current sugar policy, the quota system, after September 2015. The central research question is: What are the consequences of a continuation or a fundamental change of the European sugar policy for the growers, processing industry, the other partners in the chain and other stakeholders, mainly in the Netherlands?

Sugar in the world

On a long term, the production and consumption are expected to significantly increase, roughly by about 20% until 2020 (FAPRI, 2011; OECD-FAO, 2011). The prices of sugar on the world market will be instable through supply fluctuations and decreased reserves. Brasil is by far the largest sugar producer and exporter in the world. India is the second largest sugar producer but not the second largest exporter.

Sugar in developing countries

The EU has made promises to different groups of developing countries (ACP-African, Caribbean and Pacific en LDC-Least Developed Countries), allowing these countries to export sugar to the EU under favourable conditions. When the current sugar policy of the EU is continued, the size of this export will increase in the coming years. Mainly countries with the lowest production costs have the greatest changes to really export more to the EU. Brasil is a major competitor in this field, especially when negotiations in WTO-context (Doha-round) and of the EU with the Mercosur countries leads to a more liberalised world trade. Under conditions of high world market prices, developing countries may prefer to export sugar to other than EU-countries.

Bio-ethanol

In 2010, about 20% of the sugar produced in the EU was used for the production of bio-ethanol. This application can (slightly) increase depending among other things on oil and cereal prices and the EU policy. At the moment, the production of ethanol in the EU is much smaller than in the US and Brasil, the largest ethanol exporter. This is expected to stay unchanged in the future. The ethanol production in the US is based on cereals, and in Brasil on sugar (cane). The ethanol production based on sugar beets will probably strongly increase in (only) the EU. Alternatively, the EU can import more ethanol from Brasil, where processors can easily switch between sugar and ethanol production.

Sugar in the EU

The EU has become increasingly dependent on sugar imports, due to the sugar policy reform in 2006, including a decrease of the sugar quotas by about 30% or 6 million tonnes (including iso-glucose). The EU has changed from a net exporter into a net importer. The sugar production in the EU is now more concentrated in a smaller group of countries in North-western Europe.

Sugar in the Netherlands

The current policy with specifically the sugar quota system is a major factor for the sugar production in the EU. The Netherlands belong within the EU to the group of countries with the highest yields and the highest price paid for sugar beets. The (high) value of sugar references in the Netherlands is an indication of the attractiveness of an expansion of beet growing compared to e.g. growing of cereals, having a (much) lower margin per hectare. The high value of references is partly due to tax facilities. The results of the model study indicate that an abolishment of the sugar quota system will lead to an expansion of the sugar production based on sugar beet growing in the Netherlands.

MATERIALS AND METHODS

The results in this report are based on a desk study, in which factors playing a role in the sugar market were studied, and on the application of a number of computer models; SMIT *et al.* (2011) described these models in more detail and give relevant references. These models were used to estimate the effects of policy changes for e.g. the sugar production and area, the income of sugar beet growers and the added value and employment in the Dutch arable agribusiness complex, based on a number of assumptions. These assumptions and the selection of three policy scenarios were discussed with a steering committee, in which besides the ministry of EL&I, sectoral organisations, the sugar (beet) processing industry and an organisation for development aid were represented. The scenarios studied are summarised in the following overview.

The selected scenarios are:

1. The 'Status quo scenario' or the current policy including quotas, the current import tariffs from the Uruguay-round until 2020 and an estimation of 1 million tonnes extra imports at minimum due to fully quota and tariff free sugar imports from ACP- and LDC-countries;
2. The 'Doha-Lower import tariffs scenario' is similar to the Status quo scenario but with decreased import tariffs (-/ - 70%, results from the Doha-round based on the EU-offer, July 2008);
3. The 'Quota free scenario' or an abolishment of the sugar quota system; the other conditions are equal to the Doha-Lower import tariffs scenario'.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 gives a picture of the effects of a decrease of the import tariffs and an abolishment of quotas for the EU-sugar balance. A decrease of the European import tariffs for sugar by 70% ('Doha-Lower import tariffs scenario') will lead to an increase of sugar imports in the EU-27 from Brasil, unless a possible Mercosur-agreement will decrease this amount. In the model, an unlimited access is assumed, but in many FTA's (Free Trade Agreement) concluded by the EU, exceptions are included for so-called 'sensitive' products.

Increasing imports from Brasil will lead to decreasing sugar imports from developing countries. The size of the sugar production in the Netherlands will slightly decrease, i.e. by about 2%. The income on arable farms decreases on average by 5 to 6%. The income effects differ per region within the Netherlands and the total rural economy associated. The added value at arable farms decreases by more than 1%.

Sugar production in the Netherlands is expected to increase with about 10% after a decrease of the sugar imports tariffs and abolishment of the sugar quota system. As a consequence, in 2020, the sugar beet area can be more or less the same as the current area of about 70.000 ha. Under the current policy, the beet area would further decrease to about 60.000 ha.

Table 1: Market balance for sugar in EU-27 in 2020 under different scenarios (million tonnes of white sugar)

Scenario	Production	Imports	Total supply	Exports	Domestic Consumption	Other Use	Total Demand
Status quo scenario	15,2	5,2	20,4	0,9	16,3	3,2	20,4
Doha-Lower import tariffs scenario	14,9	6,4	21,3	1,6	16,5	3,2	21,3
Quota free scenario	16,8	5,7	22,5	2,2	16,5	3,8	22,5
Difference Quota free with Doha (%)	13,1	-11,5	5,7	36,2	0,3	17,7	5,7
Difference Quota free Status quo (%)	10,8	9,7	10,5	143	1,4	19,6	10,5

Source: CAPRI.

This scenario implies also for the EU an increase of the sugar production, and a slight increase of the consumption due to a lower sugar price. The sugar imports will further decrease compared to the Doha-Lower import tariffs scenario. Besides, the domestic use for food and bio-ethanol ('Other use', table 1) will also increase. The income on arable farms will decrease on average by 5 to 7%. The added value on these farms will decrease with more than 2% and more than 1% compared to the Status quo and the Doha-Lower Tariffs scenarios, respectively.

The effects of the three scenarios on the added value and the employment in the Dutch arable agribusiness complex are summarised in table 2. In case of lower import tariffs, the domestic sugar beet production decreases by 1.8% and the sugar beet price by 8.3%. The development will result into a 10.8% lower added value of the sugar beet sector. When light shifts in cropping plan towards cereals and potatoes, and the ratio of the different primary subsectors are taken into account, the added value of the total primary arable sector will decrease by less than 1%, compared to the Status quo scenario. The added value of the total arable agribusiness complex in the Netherlands will slightly decrease compared to the Status Quo scenario, namely by 0.5%. The employment of the arable complex will decrease with about 20 labour years.

The economic consequences of the abolishment of the quota system for the Dutch arable sector are diverse and strongly differ per individual farm. The income on arable farms will decrease on average by 5 to 7%. At the level of the (total) arable agribusiness complex, i.e. including the sugar beet processing industry, the added value and employment are expected to slightly increase (table S.2).

Table 3 shows that in the Quota free scenario, the production of sugar in the EU-15 will increase more than in the EU-10, namely by 14% and 8% respectively, compared to the Doha-Lower Tariff scenario. At country level, member states who already produce far beyond the quota level in the Status quo scenario, will react relatively moderately in terms of production expansion on the abolishment of the

Table 2: Added value (AV) and employment of the Dutch arable agribusiness complex in the Status quo, Doha-Lower import tariff and quota free scenarios, 2020

Sector or activity	AV (million euro)			Employment (1,000 luy)		
	Status quo	Doha vs Status quo (%)	Quota free vs Status quo (%)	Status quo	Doha vs Status quo (%)	Quota free vs Status quo (%)
Primary, arable farming	901	-0.9	-0.6	13.7	0	0.3
- potatoes	451	0.1	-0.6	7.6	0.1	-0.5
- sugar beets	89.0	-10.8	-2.6	1.2	-1.8	9.3
- cereals	85.3	0.3	-1.5	2.1	0.2	-1.4
- feed crops	164	0.1	0.0	1.5	0.2	0
- other arable crops	111	0.5	1.1	1.4	0.1	-0.5
Processing	1,410	-0.1	1.5	9.3	0	1.9
- cereal processing	71.0	0.0	0	0.7	0	-0.1
- sugar industry	427	-0.7	6.1	2.0	0	9.9
- flour processing	298	0.3	-0.3	2.5	0.1	-0.3
- margarine, starch, other	247	0	-0.8	1.1	0	0
- potato processing	364	0	-0.5	3.0	0	-0.5
Supply	1,740	-0.5	0.2	16.9	0	1.0
Distribution	1,620	-0.5	0.2	17.0	0	1.0
Arable complex	5,660	-0.5	0.4	56.9	0	1.0
In % of total complex	16.9			16.4		
Export dependency (%)	61.1			62.0		

Source: Orange and Agricultural input-output table, LEI.

sugar quota system. On the other hand, countries who produce at or just beyond quota level in the Status quo scenario, will react more strongly on abolishment of the sugar quota system. The first case is true for e.g. France. The second case holds for Denmark among others. Germany will probably be an exception. The sugar production in Germany will strongly increase after the abolishment of the sugar quota system, despite a relatively high ratio between total and quota sugar production in the Status quo scenario. This prediction is related to a relatively high price of sugar beets in Germany.

The strong increase of sugar production in the Quota free scenario in the group 'other countries EU-27', e.g. Spain and Italy, is also remarkable. This increase seems a bit high and is explained through a relatively high sugar beet price in the initial situation. However, the total size of the sugar production in this group of countries in 2020 will be limited in the Status quo scenario, so that the effect of a higher or lower production on the European sugar price will be limited as well.

The position of sugar producing developing countries

In case of abolishment of the sugar quota system, the imports into the EU from the ACP- and the LDC-countries can decrease, due to an increase of the domestic European sugar production. This decrease of imports fully affects the developing countries. The competitive power of Brasil enables this country to establish a stronger position on the EU-market.

The disadvantage of an EU-policy reform for the developing countries not only concerns the size of the sugar exports but also the price level. The current guarantees are mainly attractive for these countries in the case of relatively low world market prices, whereas the developing countries are not obliged to deliver sugar to the EU in case of high world market prices (this is the situation anno 2010/11).

The environment

Summarised, the expected changes in the size of sugar beet growing in the EU due to possible changes in the sugar policy are not very great. The sugar beet area in the EU is relatively small, e.g. compared to the areas of cereals. The environmental load of beet growing is per hectare somewhat higher than of cereal growing, which is partly replaced in case of beet area expansion.

Table 3: Sugar production and -quotas in different scenarios in EU-27

Country (block)	Ratio production/ quota	Sugar production (million tonnes) in:		Difference (%) Quota free scenario with:	
		Doha-Lower Import tariffs	Quota free	Doha	Status Quo
EU-27	1.2	14.9	16.8	13.1	10.8
EU-15 a)	1.2	12.5	14.2	14.0	11.8
EU-10 b)	1.1	2.3	2.5	8.0	5.6
EU-2 c)	0.9	0.1	0.1	7.4	6.6
Belgium	1.1	0.7	0.8	11.8	9.3
Denmark	1	0.4	0.5	34.3	30.8
Germany	1.3	3.8	4.5	20.1	18.1
Austria	1.3	0.4	0.5	5.0	2.7
The Netherlands	1	0.8	0.9	16.3	13.8
France	1.3	3.8	4.2	9.2	7.1
Great Britain	1.1	1.2	1.3	12.0	9.6
Czech Republic	1.3	0.5	0.5	8.6	6.5
Poland	1.1	1.5	1.6	5.7	3.3
Other countries EU-27	1.0	1.8	2.0	11.1	8.7

a) EU-15: Belgium, Denmark, Germany, Austria, the Netherlands, France, Portugal, Spain, Greece, Italy, Ireland, Finland, Sweden, Great Britain; b) EU-10: Czech Republic, Estonia, Hungary, Lithuania, Latvia, Poland, Slovenia, Slovak Republic, Cyprus, Malta; c) EU-2: Bulgaria, Romania.
Source: CAPRI.

Market supply

A guaranteed market supply (food security) is of direct importance for the interests of industrial sugar processors, e.g. in the soda and sweets industry, bakeries and so on, and also for the sugar consumer. The sugar policy until 2006 resulted into a high degree of self-sufficiency, i.e. market security for the sugar demanders in the EU. The current policy since 2006 increases the dependency of imports.

The preferential agreements with the developing countries do not offer a guarantee for sugar delivery to the EU in times of scarcity and high prices. In case of a decrease of the import tariffs, a policy reform scenario analysed in this report, the imports can further increase. The guarantees of the sugar processing industry in terms of supply and also of product price, will decrease.

In the case of abolishment of the quota system, the EU becomes more self-sufficient again; however, in that case, the product prices will be less stable than in the past. The risk aspect for the sugar processing industry associated with this depends on their cost structure, i.e. the ratio of sugar in the total costs. This ratio differs per processing company, depending on product portfolio etcetera.

Since sugar can be stored over a longer period, the sugar processing industry can make arrangements to neutralize supply fluctuations. However, storage implies costs and the possibility of quality (and therefore financial) loss.

Processing companies

It is not only decisive for the sugar beet area in e.g. the Netherlands which area the growers are prepared to sow, but also the uptake capacity of the beet processing industry, in the Netherlands and neighbouring regions. The beet area cannot grow or only slightly without expansion of the capacity. This observation leads to the following question:

- a. Are the processing companies prepared to invest in expansion, shortly after a reduction of the processing capacity in the past few years?
- b. In case of a positive answer to a., which will be the attitude of the European Committee and the member states?

For a positive answer on a., a positive expectation on long term sugar prices is required. Can such an expectation (sufficiently convincing) be based on market studies of e.g. FAO/OESO? Such studies can be based on average values during a number of years. However, the companies within the EU need to take fluctuating, volatile prices in case of a more liberal sugar policy into account.

In the case of b., it must be considered that in the EU during the last years, based on sugar reform decisions in 2005, budget is allocated to the re-structuring and the sell-out of the beet processing sector, i.e. to the destruction of beet processing capacity. Will the administration be prepared to give space to processing capacity expansion? Such a step contradicts a responsible expenditure of budgets, but when the firms involved (processor and growers), often in a co-operative setting, are prepared to fully bear the risks of such, then an expansion investment seems to be defensible.

The consumer

For the consumer, the volume and price risks for sugar are of much less importance than for the sugar processing industry. In principle, the retail price of sugar and also the price of sugar-containing products can decrease in case of a less protected EU-market, but this is not sure to happen. Such a price decrease would have a positive though small effect on the economy. In case of lower prices and increasing prosperity, the consumption of sugar will increase, especially in less developed countries. Besides, lower sugar prices and the fact that consumers keep more budget for expenditures affect the demand and price.

Relevant issues for further research

Little experience is gathered with studying the sugar production and market through models as CAPRI, DRAM and IO/Orange. Thus, the results presented in this study should be considered with some care. We recommend to order more profound analyses in EU-circles, with the help of other member states, aiming to improve the data as well as the calculation methodology.

In a (possible) follow-up, we would like to include data on processing costs and so forth and the insights of the beet and sugar processing companies (cooperatives and private companies) about future intentions besides gathering data of organisations from e.g. OECD. It is also recommended to order a more profound study of the possibly great influence of trade-political agreements on the sugar sector and of assumptions in this study on sugar beet growing efficiency and productivity and of the application opportunities of sugar.

In a follow-up study, we would also like to go into more detail concerning the correlation between sugar, sugar replacing products, cereals, starch and so on. By the way, this is a complex issue, which has also been under the influence of the EU-policy. It could be interesting to further study the effects of decreasing market support for sugar, cereals and starch (from cereals and potatoes).

CONCLUSION

This research had to give insights into reasons for and against continuation of the central element of the current sugar policy, the quota system, after September 2015. The central question in that issue is: What are the consequences of a fundamental reform of the European sugar policy for the growers, the processing industry, the other partners in the sugar chain and the other stakeholders, especially in the Netherlands, i.e.:

1. A decrease of the sugar import tariffs? Or:
2. A decrease of the sugar import tariffs combined with the abolishment of the sugar quota system at the same time?

The answer to question 1 is:

The size of the Dutch sugar production can slightly decrease compared to the Status quo scenario, namely by about 2%. The income on arable farms will decrease on average by 5 to 6%. The income effects differ per region and, as a consequence, with the total rural economy related. At the level of the (total) Dutch arable agribusiness complex, thus including, the beet processing industry, the added value of the total complex will increase by 0.5%. The employment of the arable complex will decrease with about 20 labour years. The imports of sugar in EU-27 from Brasil can strongly increase. This will mainly affect sugar imports from developing countries.

The answer to question 2 is:

After a decrease of import tariffs combined with the abolishment of the sugar quota system, the sugar production in the Netherlands can increase, namely by about 10%. As a consequence, in 2020, the sugar beet area can be more or less the same as the current area of about 70.000 ha. Under continuation of the current area, a further decrease of the sugar beet area would take place. Also for the EU, this means an increase of the sugar production and a slight increase of sugar consumption due to a lower sugar price. The sugar imports will decrease compared to a situation with only a tariff decrease.

The income on arable farms decreases on average by 5 to 7%. At the level of the (total) Dutch arable agribusiness complex, i.e. including the beet processing industry, the added value can slightly increase and some extra employment can result from that.

The abolishment of the quota system is expected to lead to production expansion, but the order of magnitude depends on many factors. The international sugar price development partly determines the production size. In the worst case, which is not very likely, however, the Dutch sugar beet production can decrease by 5 to 10%, compared to the Status quo scenario in 2020. In the most favourable case, the sugar beet production can increase by 20%.

ACKNOWLEDGEMENT

This research project has been carried out within the Policy Supporting Research for the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation (BO-12.11.001-001).

REFERENCES

- 1 FAPRI: Agricultural Outlook. Food and Agriculture Research Institute, Iowa, USA, website www.fapri.iastate.edu/publications, 2011.
- 2 OECD-FAO: Outlook 2011-2020, website www.agri-outlook.org, 2011.
- 3 SMIT, A.B, DE BONT, C.J.A.M., HELMING, J.F.M., VAN LEEUWEN, M.G.A., VAN DER MEER, R.W., BERKHOUT, P., VAN DIJK, M., JANSSENS, S.R.M., JAGER, J.H., Sugar quotas: yes or no? Economic consequences for sector, chain, international market situation and third world (Dutch, with English summary, Economische gevolgen voor sector, keten, internationale marktverhoudingen en derde wereld), Den Haag, *LEI-report 2011-056*, 123 pp., 2011.

1.4 AIMING QI, KEITH JAGGARD

Rothamsted Research, Broom's Barn, Higham, Bury St Edmunds, Suffolk IP28 6NP, UK

SUGAR BEET YIELD IN ENGLAND UNDER AN EXTREME CLIMATE CHANGE SCENARIO

ABSTRACT

Sugar beet crop productivity in England has benefited from climate change in the recent past and will be influenced by the global warming and associated climate change in the future. This paper describes simulations to estimate the impact of these changes. One hundred and fifty years of daily weather data were generated under the high CO₂ emission scenario of climate change for 10 weather stations that cover the current beet growing area. The data were generated for four time slices: the baseline period (1961-1990), 2020, 2050 and 2080. Then a sugar beet growth model was used to simulate sugar yield on each of about 14,000 fields in a database containing information on field location, size and soil texture type. Each field was linked to data representing its nearest weather station. The model simulated 10 sowing dates for each year and for each sowing it simulated growth and sugar yield at harvest on 31 October. The vulnerability of sugar yield was examined under different future time segments in comparison with the baseline sugar yield. The results showed that mean sugar yields will increase on all soil types as the time goes from 2020 to 2080 compared with the baseline period. The expected average national sugar yield will increase by 1.5, 3.5 and 5.4 t/ha in 2020, 2050 and 2080 respectively. These sugar yield increases have taken account of increased CO₂ concentrations but not the likely advances in technology in the future. The variability of sugar yield will also increase. Extreme low yields will become rare but extremely large yields will become much more common, and this will be difficult for the processor to manage.

LE RENDEMENT DE LA BETTERAVE SUCRIERE EN ANGLETERRE SELON UN SCENARIO DE CHANGEMENT CLIMATIQUE EXTREME

RESUME

La productivité de la culture de betterave sucrière en Angleterre a bénéficié du récent changement climatique et sera influencé, dans le futur, par le réchauffement climatique ainsi que les changements climatiques associés. Cet article décrit des simulations réalisées dans le but d'estimer l'impact de ces changements. Cent cinquante années de données climatiques journalières ont ainsi été générées selon un scénario de changement climatique à émission CO₂ élevée, et cela pour 10 stations météorologiques couvrant la région de culture betteravière actuelle. Les données ont été générées pour quatre périodes de temps : la période initiale de comparaison (1961-1990), 2020, 2050 et 2080. Ensuite, un modèle de croissance de la betterave sucrière a été utilisé afin de simuler le rendement sucrier pour chacun des 14.000 champs environ de la base de données, celle-ci contenant des informations sur l'emplacement des champs, leurs tailles et le type de texture du sol. Chaque champ était lié à des données provenant de la station météorologique la plus proche. Le modèle simule 10 dates de semis pour chaque année et, pour chacun des semis, il simule la croissance et le rendement sucrier à la récolte, le 31 octobre. La vulnérabilité du rendement sucrier a été examinée pour les futures périodes de temps, par comparaison avec le rendement sucrier de la période initiale. Les résultats montrent que les rendements moyens en sucre vont aller en augmentant sur tous les types de sol de 2020 à 2080 par rapport à la période initiale. La moyenne attendue du rendement sucrier national va augmenter respectivement de 1.5, 3.5 et 5.4 t/ha en 2020, 2050 et 2080. Ces augmentations du rendement en sucre ont tenu compte des concentrations croissantes du CO₂ mais pas des probables avancées de la technologie future. La variabilité du rendement sucrier va également augmenter. Des rendements extrêmement bas seront rares mais, par contre, des rendements extrêmement grands seront de plus en plus courants, ce qui compliquera la gestion des diverses opérations.

ZUCKERRÜBENERTRAG IN ENGLAND UNTER DEM SZENARIO EINES EXTREMEN KLIMAWANDELS

KURZFASSUNG

Die Produktivität in Zuckerrüben in England hat in der letzten Zeit vom Klimawandel profitiert und wird durch die globale Erwärmung und die damit verbundene Klimaveränderung auch in Zukunft profitieren. In diesem Beitrag werden Simulationen zur Abschätzung der Auswirkungen dieser Veränderungen vorgestellt. Tägliche Wetterdaten über 150 Jahre wurden unter der Annahme der hohen CO₂-Emissionen des Klimawandels für 10 Wetterstationen generiert die das momentane Zuckerrübenanbaugebiet abdecken. Die Daten wurden für vier Zeitabschnitte generiert: den Ausgangszeitraum (1961-1990), 2020, 2050 und 2080. Darauf wurde ein Zuckerrübenanbaumodell verwendet, um den Zuckerertrag auf jedem von ca. 14.000 Feldern in einer Datenbank zu simulieren, die Informationen über die Lage der Flächen, die Größe, und den Bodenstrukturtyp enthielt. Jedes Feld wurde mit den Daten der nächstgelegenen Wetterstation verknüpft. Das Modell simulierte zehn Aussaattermine in jedem Jahr und für jede Aussaat das Wachstum und den Zuckerertrag bei Ernte am 31 Oktober. Die Beeinflussung des Zuckerertrags wurde im Hinblick auf die verschiedenen Zeitabschnitte im Bezug auf den Ausgangszeitraum untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die mittleren Zuckererträge auf allen Bodenarten im Zeitabschnitt 2020 bis 2080 im Vergleich zur Ausgangsperiode zunehmen werden. Der erwartete nationale Durchschnittsertrag wird 2020, 2050 und 2080 um 1,5, 3,5 bzw. 5,4 t/ha zunehmen. Diese Zunahmen im Zuckerertrag wurden unter Berücksichtigung zunehmender CO₂-Konzentrationen ermittelt, die zu erwartenden technischen Fortschritte fließen jedoch nicht ein. Die Variabilität der Zuckererträge wird ebenfalls zunehmen. Extrem niedrige Erträge werden selten sein, extrem hohe Erträge werden deutlich häufiger auftreten. Dies wird Probleme bei der Verarbeitung mit sich bringen.

INTRODUCTION

Growth and sugar yield of beet crops depend mainly on the amount of solar radiation that the canopy intercepts and on the efficiency with which it is converted into dry matter and sugar (WERKER and JAGGARD, 1998). At present, sugar beet is spring-sown in England. Unlike grain crops such as wheat, sugar beet does not require the phenological switch from vegetative to reproductive growth to produce the roots which accumulate sugar (sucrose) from an early stage onward. This means that there is no particular growth stage that is especially sensitive to an extreme weather event apart from the risk of freezing damage immediately before and/or during harvest. This contrasts with reproductive crops where, for example, high temperature at flowering may have catastrophic impact on yield. It is generally true that:

- the longer and the faster the beet crop grows, the bigger the yield;
- adverse events at any time will cause yield losses proportional to the radiation not intercepted or used inefficiently;
- the risk of complete crop failure is small;
- maintenance of good plant health is needed throughout the season to achieve the potential yield.

The major diseases for sugar beet in England include rhizomania, powdery mildew and virus yellows: the occurrence of the last two diseases is related to weather in winter. Beet cyst nematode and *Cercospora* are potentially serious diseases that might become more serious due to warming climates in the future.

The objectives of this paper are to assess the impact of future climate change on English sugar beet yield with reference to the baseline weather (1961-1990) using UKCIP02-based climate projections under a high CO₂ emission scenario in the time segments of 2020, 2050 and 2080 (HUME *et al.*, 2002). Ten representative weather stations were used and the sugar beet crop size and soil type distribution were taken from a database representing 2007 crop. Meanwhile, the weather data at Broom's Barn have been used to assess the likely changes in crop sowing and emergence dates and in the significance of major sugar beet diseases.

MATERIALS AND METHODS

Ten weather stations were chosen that are scattered in the current sugar beet growing areas in England (Figure 1). For each weather station, 150 years of daily maximum and minimum temperature, rainfall and global radiation were generated for the high CO₂ climate scenario across four time segments from the baseline (1961-1990) to 2080 (SEMENOV, 2007). Daily potential evapotranspiration was calculated with the method of Priestly-Taylor (1972). The CO₂ concentrations were projected with respective values of 350, 440, 590 and 810 ml/m³ (equivalent to parts per million by volumes (ppm)) for the baseline, 2020, 2050 and 2080 time periods.



Figure 1: Distribution of the current sugar beet crop (grey area) and the ten weather stations (black circles) that are used to assess the impact of future climate change on sugar beet yield in England.

The Broom's Barn sugar beet growth model was used to simulate sugar yield (Qi *et al.*, 2005). Sugar yield under rain-fed and water-stress free conditions was simulated each year with ten potential sowing dates and a harvesting date fixed on 31 October for five soil types differing in available water capacity (AWC). The five soil types were sandy (AWC=11%), sandy loam (AWC=15%), clay loam (AWC=18%), silt loam (AWC=21%) and peat/organic loam (AWC=24%).

We used a database representing the 2007 beet crop, comprising the geographic location, area and known soil texture type of every field. The impact of different future weather scenarios on the sugar beet production was undertaken by linking each individual field to the nearest weather station. Then the national mean sugar yields were calculated basing on the weights of different weather stations and on the proportion of crop areas on different soil types. The effects of CO₂ and temperature were incorporated following RICHTER *et al.* (2006).

RESULTS AND DISCUSSION

The impact of future weather on the sugar beet sowing and emergence dates.

The base temperature for germination of sugar beet seed is 3°C (GUMMERSON, 1986). Because this is so cool, the sowing date of the beet crop is mainly determined by soil water conditions in spring. Observations show that when soils reach a moisture deficit of 3.5 mm in the top 5 cm of soil, shallow cultivation and sowing can take place: this is a machinery work day (THOMASSON, 1982). We defined a

potential sowing date as a machine workable day that is followed by days when the air minimum temperature is above 0°C for four or more consecutive days. Starting from 1 January each year, we used this model to select the first 10 dates when sowing was possible, and assumed that this was the number of working days needed for 50% of the national crop to be sown. The crop emergence date is defined in the model as the date after sowing when the accumulated air temperature above 3°C reaches 120°C days. From these ten sowing and emergence dates, the annual mean sowing and crop emergence dates were computed for each of the 150 years. Then the 5-, 50- and 95-percentiles were calculated among the 150 years for each future time period. The impact of future climate change will increase the likelihood that sugar beet sowing can be carried out earlier and seeds will emerge progressively earlier (Table 1). However, the variability in the seed drilling and crop emergence dates will not be affected at different time periods.

Table 1: Changes in the 5-, 50- and 95-percentiles of sugar beet crop sowing and emergence dates under different weather scenarios using the weather data at Brooms' Barn Research Centre.

Event	Time period	5-percentile	50-percentile	95-percentile
Sowing date	Baseline	21 Feb	23 Mar	18 Apr
	2020	23 Feb	19 Mar	14 Apr
	2050	14 Feb	14 Mar	05 Apr
	2080	14 Feb	11 Mar	06 Apr
Emergence date	Baseline	31 Mar	20 Apr	07 May
	2020	25 Mar	15 Apr	05 May
	2050	16 Mar	06 Apr	24 Apr
	2080	09 Mar	31 Mar	21 Apr

The impact of future weather on sugar beet yield

Sugar yield is affected by various physical and biotic factors. The model simulations assume that crops are grown with sufficient plants, have adequate nutrition and are free from diseases, pests and weeds. Sugar yield is strongly influenced by sowing date and harvesting date. At each weather station and for each of the 150 years, we simulated sugar yield for the 10 sowing dates as defined above. The harvesting date was fixed at 31 October, by which time most weather variations cease to affect yield in the field. Then the mean sugar yield was calculated over the 10 sowing dates for each year for each individual field associated with one of the five assigned soil texture types.

Table 2: The 5-, 50- and 95-percentile national mean sugar yield (t/ha) in different time periods in England.

Time period	5-percentile	50-percentile	95-percentile
Baseline	7.2	10.1	12.6
2020HI	7.9	11.6	14.3
2050HI	9.3	13.6	17.2
2080HI	10.6	15.5	20.2

Analysis of variance showed that the sugar yield on different soil types differed significantly at different time periods. Therefore it was necessary to weigh the effects of spatial variations in weather and soil to estimate average yields by linking individual fields to their nearest weather station.

Figure 2 shows the cumulative distribution of national mean sugar yield and Table 2 shows the national average sugar yield distribution in the ranges of 5-, 50- and 95-percentiles in different time periods using the sugar beet crop area and its distribution in 2007. Sugar yield will increase on all soil types in all future weather conditions. However, the increases depend on soil type (Figure 3a). The yield is expected to increase most on soils that have the greatest water holding capacity (e.g. silt loam). Yield variability increases similarly on all soils (Figure 3b).

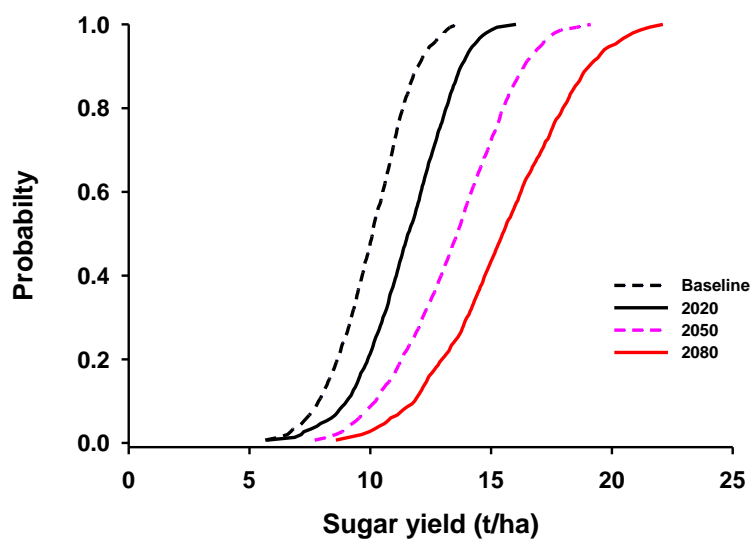


Figure 2: Cumulative distribution of national mean sugar yield in England.

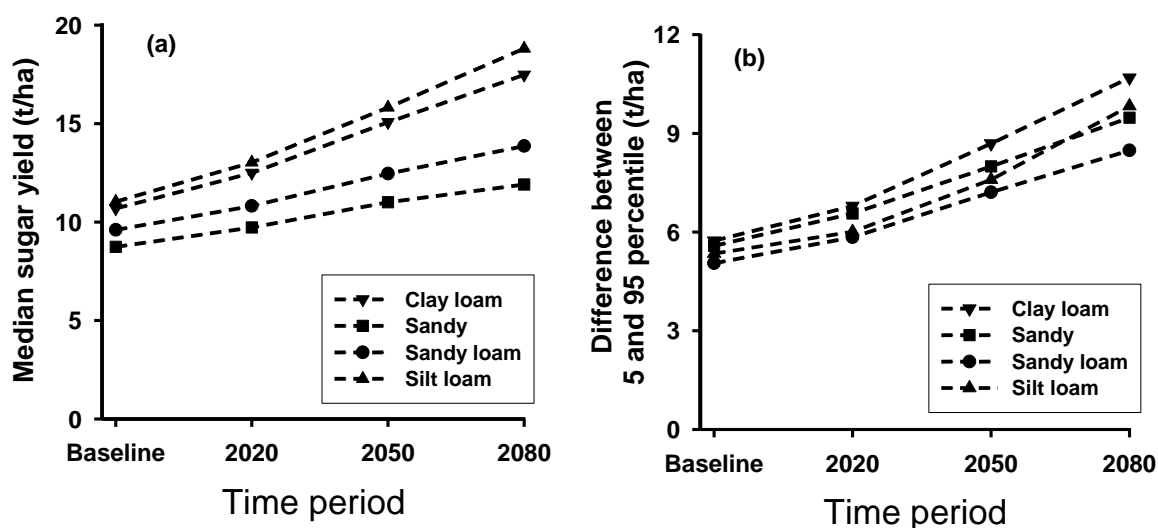


Figure 3: Impact of future climate change on sugar yield (t/ha) (a) and on the variation in sugar yield (b) for different soil types in England.

The impact of future weather on the sugar yield loss due to drought.

The impact of future weather changes on sugar yield loss due to drought was assessed using the difference between the sugar yield for the rain-fed and the water-stress free crops expressed as a percentage of the water-stress free yield for sandy, sandy loam and silt loam soils. The 5-, 50- and 95-percentile yield losses are shown in Table 3. The median and 95-percentile losses will increase until 2050, when the median sugar yield loss on all soil textures will exceed 20%. On sandy soils the 95-percentile losses might reach 60% by 2050 (Table 3).

Table 3: Changes in 5-, 50- and 95-percentile sugar yield reductions (%) due to drought in different time periods

Soil type	Time period	5-percentile	50-percentile	95-percentile
Sandy	Baseline	4.6	21.4	47.8
	2020	6.4	26.1	54.5
	2050	10.5	33.6	61.8
	2080	19.6	35.0	59.1
Sandy loam	Baseline	2.7	13.9	37.8
	2020	3.3	18.1	43.5
	2050	4.1	24.1	49.3
	2080	10.6	25.4	47.6
Silt loam	Baseline	3.6	12.0	32.8
	2020	4.2	15.4	37.8
	2050	5.3	20.9	42.6
	2080	8.5	22.5	41.7

The impact of future weather on the likelihood of freezing damage to roots

It was shown that air minimum temperature below -5°C is the threshold for freeze damage to beet roots in fields in December, January and February (JAGGARD *et al.*, 2006). Cold-spells of air minimum temperature below -5°C for two consecutive nights or more are computed in December to February for 150 years in each of four future time periods and have then been translated into probability of occurrence (Figure 4). In the recent past, damaging cold spells have occurred with a probability of about 45% in these months. By 2020s, this probability will drop to 25% for the 2-day spells and only 10% for the 3 day spells. The reduced probability of 2-day freezes in future will improve prospects for leaving the roots in fields until required by the processing factory. This could drastically reduce storage losses and costs compared with current beet storage practices using insulated clamps.

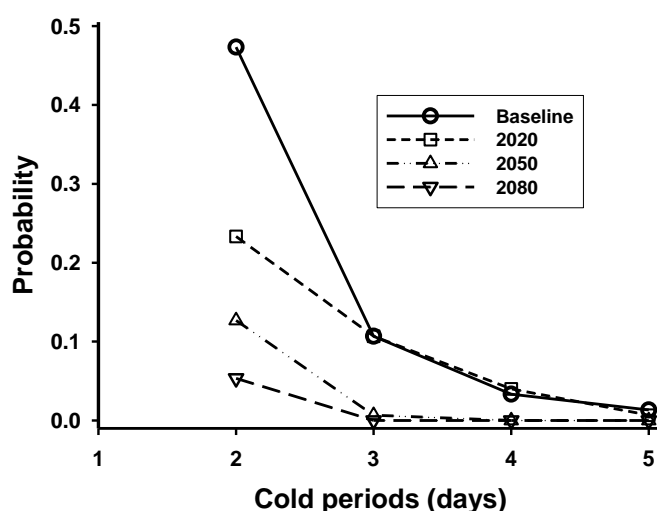


Figure 4: The probability of cold spells in which the air minimum temperature is colder than -5°C in a sugar beet campaign year for different future time periods.

The impact of future weather on important diseases

Two of the important sugar beet diseases, powdery mildew and virus yellows, were assessed using models (ASHER and WILLIAMS, 1991; QI *et al.*, 2004) and the 150 years of daily weather generated at Broom's Barn for all time periods. At present, powdery mildew is usually present (Table 4) but is controlled well. Under future weather scenarios, powdery mildew incidence will be even more frequent unless plant breeders can make the varieties more resistant. In the absence of resistance, fungicide use on beet will become universal. The virus yellows model used here assumes the use of effective pesticides to control the aphid vectors of the virus. The disease is well controlled under present weather conditions (Table 4), but future weather changes will favour: over-winter survival and reproduction of the aphids; the host plants and their viruses; early flight of the aphids to new hosts in spring. Increased incidence and spread will almost certainly increase the pressure to increase insecticide use, which will increase the likelihood of problems of insecticide resistance in aphid populations. Provided the efficacy of the insecticide systems can be maintained, this will not be too serious.

Table 4: Changes in 5-, 50- and 95-percentiles of disease incidences (%) for powdery mildew, virus yellows and accumulated thermal time (°Cd) above a base temperature of 10°C for cyst nematode multiplication after sugar beet crop emergence in sugar beet crops in different time periods.

Disease	Time period	5-percentile	50-percentile	95-percentile
Powdery mildew	Baseline	34.9	47.9	61.0
	2020	43.4	61.2	69.8
	2050	56.3	68.1	77.3
	2080	69.7	75.4	82.1
Virus yellows	Baseline	0.3	1.0	4.1
	2020	0.4	2.3	6.8
	2050	1.4	4.2	7.3
	2080	3.4	6.3	8.7
Cyst nematode	Baseline	736	847	979
	2020	941	1064	1176
	2050	1239	1356	1472
	2080	1598	1727	1849

Hatch, invasion of the root system and multiplication of sugar beet cyst nematode has a base temperature of 10°C at a depth of 5 cm in the soil (COOKE, 1987). Completion of one life cycle takes 300°C days. The impact of future weather changes on cyst nematode was therefore evaluated by calculating the accumulated thermal time above a base temperature of 10°C after crop emergence. Under current weather conditions, three life cycles are possible (Table 4) and the disease can be controlled by crop rotation, and occasionally by the use of new nematode resistant varieties. Under a future weather scenario, five or six life cycles become possible (Table 4): this is akin to the present situation in California (COOKE, 1993), where the resistant varieties are swamped and large doses of soil nematicide still have to be used.

CONCLUSION

This study has shown that in future, English sugar yields of sugar beet are likely to increase due to increased CO₂ concentration (DEMMERS-DERKS *et al.*, 1998), earlier sowing date and warmer spring temperatures (JAGGARD *et al.*, 2007), and that anticipated future weather extremes are unlikely to result in complete crop losses. However, the range of weather anticipated in the future will also greatly increase the variability of future sugar yields. On the sandy and sandy loam soils where more than 50% of today's beet is grown, the national extrem yield variation can increase from about 5 t/ha in the

recent past to 8.5 t/ha in 2080s. This variation will be difficult for the processing chain to manage unless there is to be waste on a huge scale.

Although sugar yields will increase, the disease pressure is likely to increase too. We have estimated changes in the impact of a fungal disease, an insect transmitted virus and a root-grazing nematode using weather generated at Broom's Barn. In all three cases we will need to rely on improved plant resistance provided by the plant breeder or on the continued efficacy of pesticides.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Dr MIKHAIL SEMENOV for generating the 150 years of daily weather under different climate change scenarios. This research received financial support from the Department of Environment, Food and Rural Affairs of the United Kingdom (Project AC0301). Broom's Barn is part of Rothamsted Research which receives financial support from the Biotechnology and Biological Sciences Research Council of the United Kingdom.

REFERENCES

- 1 ASHER M.J.C., WILLIAMS, G.E.: Forecasting the national incidence of sugar-beet powdery mildew from weather data in Britain. *Plant Pathol.* 40, 100-107, 1991.
- 2 COOKE D.A.: Beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt) and its control on sugar beet. *Agr. Zool. Rev.* 2: 135-183, 1987.
- 3 COOKE D.A.: Chapter 11- pests in: The sugar beet crop (eds: D.A. COOKE and R.K. SCOTT), pp. 429-483. Chapman and Hall, London, 1993.
- 4 DEMMERS-DERKS H., MITCHELL, R.A.C., MITCHELL, V.J., LAWLOR, D.W.: Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and biochemical composition to elevated CO₂ and temperature at two nitrogen applications. *Plant Cell Environ.* 21, 829-836, 1998.
- 5 GUMMERSON R.J.: The effect of constant temperatures and osmotic potential on germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37, 729-741, 1986.
- 6 HULME, M., JENKINS, G.J., LU, X., TURNPENNY, J.R., MITCHELL, T.D., JONES, R.G., LOWE, J., MURPHY, J.M., HASSELL, D., BOORMAN, P., McDONALD, R. HILL, S.: Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report, Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK. 120 pp, 2002.
- 7 JAGGARD K.W., QI A., CLARK C.J.A., JARVIS P.: In-field frost protection in sugar beet. *BBRO Final Report 02/24 & 05/10*, pp 26, 2006.
- 8 JAGGARD K.W., QI A., SEMENOV M.A.: The impact of climate change on sugar beet in the UK: 1976-2004. *J. Agr. Sci.* 145, 367-375, 2007.
- 9 QI A., KENTER C., HOFFMANN C., JAGGARD K.W.: The Broom's Barn sugar beet growth model and its adaptation to soils with varied available water content. *Europ. J. Agron.* 23, 108-122, 2005.
- 10 PRIESTLY C.H.B., TAYLOR R.J.: On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100, 81-92, 1972.
- 11 RICHTER G.M., QI A., SEMENOV M., JAGGARD K.W.: Variability of UK sugar beet yields under climate change and soil use adaptation needs. *Soil Use and Management* 22, 39-47, 2006.
- 12 SEMENOV M.A.: Development of high-resolution UKCIP02-based climate change scenarios in the UK. *Agricultural and Forest Meteorology* 144, 127-138, 2007.
- 13 THOMASSON A.J.: Soil and climatic aspects of workability and trafficability. In: Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage Research Organisation. Osijek, Yugoslavia: ISTRO, 1982.
- 14 WERKER A.R., JAGGARD K.W.: Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 89, 229-240, 1998.

1.5 PASCAL KREMER¹, CHRISTIAN LANG², HANS-JOACHIM FUCHS¹

¹Johannes-Gutenberg Universität Mainz, Johann-Joachim-Becher-Weg 21, D – 55099 Mainz

²Verband der hessisch-pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenaustraße 10, D – 67547 Worms

POSSIBLE IMPACTS OF THE CLIMATE CHANGE ON THE SUGAR BEET CROP YIELDS IN RHENISH HESSE AND THE PALATINATE

ABSTRACT

There are strong correlations between crop yields and weather conditions. The yields adjusted by breeding progress (own method) correlate more obviously with the weather-conditional parameters that were analyzed than the actual yields. Especially those parameters of the months of June until August, the main period of growth for sugar beets, account for a large part of the variance of the yield in Rhenish Hesse and the Palatinate. Strong rainfall has a positive, high temperatures, on the contrary, have a negative impact on the gained yield.

The climate change already manifested itself in the area under investigation in the past through the trends of declining rainfall and increasing temperatures between the months of June and August. These trends have a negative effect on the development of the yield. Nevertheless, the climate change also entails trends which positively impact the development of the yield. An earlier sowing, increasing sums of temperature in the early phase of the growing season, increasing rainfall in September and October, in combination with higher temperatures as well as the continuously increasing concentration of carbon dioxide in the atmosphere have a positive effect on the yield. Yet, the reduction of the yields adjusted by breeding progress shows that the negative trends of the past have outweighed the positive ones. With regard to the future, too, the climate scenarios which have been used suggest a continuation of past trends. Therefore, it is probable that the climate change will impact yields in the future rather negatively.

L'INFLUENCE POTENTIELLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE RENDEMENT DE BETTERAVES SUCRIERES EN HESSE RHENANE ET DU PALATINAT

RESUME

Il existe de forts rapports entre le rendement et les conditions météorologiques. Les rendements ajustés par le processus de la culture sont en corrélation plus évidente avec les paramètres météorologiques analysés que les rendements réellement obtenus. Les paramètres des mois de juin jusqu'en août en particulier, qui correspondent à la période de croissance principale de la betterave sucrière, peuvent expliquer une grande partie de la variance dans les rendements en Hesse rhénane et le Palatinat. Des pluies abondantes ont un effet positif sur le rendement obtenu; par contre, les hautes sommes de température ont un effet négatif. Le réchauffement climatique s'est déjà manifesté dans le passé de la région sous investigation par des précipitations faiblissantes et des températures croissantes entre juin et août. Ceci a un effet négatif sur le développement des rendements. Pourtant, le réchauffement climatique peut également avoir des effets positifs sur ce développement. Le semis qui a lieu plus tôt, les sommes de température croissantes au début de la période de croissance, des sommes de précipitations croissantes en septembre et octobre, liées aux températures plus élevées aussi bien que la hausse continue de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère ont tous un effet positif sur les rendements. Par contre, les rendements décroissants ajustés par le processus de la culture montrent que les tendances négatives du passé excèdent les effets positifs. Ainsi pour l'avenir, les scénarios climatiques employés suggèrent une continuation des tendances du passé. Par conséquent, le réchauffement climatique pourrait influencer les rendements de façon négative dans l'avenir.

MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DIE ZUCKERRÜBENERTRÄGE IN RHEINHESSEN UND DER PFALZ

KURZFASSUNG

Im Rahmen einer Magisterarbeit an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion am Beispiel der Zuckerrübe untersucht.

Zwischen Ertrag und Witterung wurde ein signifikanter Zusammenhang festgestellt. Die um den Züchtungsfortschritt bereinigten Erträge korrelieren dabei deutlich höher mit den untersuchten Witterungsparametern als die real erzielten Erträge. Vor allem die Witterungsparameter der Monate Juni bis August, der Hauptwachstumsphase der Zuckerrübe, klären einen großen Teil der Ertragsvarianz in Rheinhessen und der Pfalz auf. Hohe Niederschlagssummen haben einen positiven, hohe Temperatursummen hingegen einen negativen Einfluss auf den erzielten Ertrag.

Der Klimawandel äußerte sich im Untersuchungsgebiet bereits in der Vergangenheit durch tendenziell abnehmende Niederschläge und ansteigende Temperaturen zwischen Juni und August. Dies hat einen negativen Effekt auf die Ertragsentwicklung. Der Klimawandel hat jedoch auch Entwicklungstendenzen zur Folge, die sich positiv auf die Ertragsentwicklung auswirken. Die tendenziell frühere Aussaat, steigende Temperatursummen in der Frühphase der Vegetationszeit, steigende Niederschlagssummen im September und Oktober verbunden mit höheren Temperaturen sowie der kontinuierliche Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration wirken sich positiv auf die Erträge aus. Für die Zukunft projizieren die verwendeten Klimaszenarien eine Fortsetzung der Trends der Vergangenheit, wodurch der Klimawandel die Erträge möglicherweise auch in Zukunft eher negativ beeinflusst, sodass ggf. ein Anbau von Winterrüben sinnvoll wird.

INTRODUCTION

Agricultural production, crop husbandry in particular, is an economic branch with a strong dependence on climatic conditions. These conditions are strongly influenced by the atmospheric greenhouse gas contents and, in this context, by the global energy balance. The atmospheric concentration of carbon dioxide, the main anthropogenic greenhouse gas, is continuously increasing. Its current concentration is about 389 ppm (measured in October 2011 at Mauna Loa, Hawaii) while it increases by 1.9 ppm per year. Furthermore the concentration of other anthropogenic greenhouse gases, such as methane and nitrous oxide is increasing as well. Measurement data show an increase of the global near-surface temperature by 0.6°C since 1900. Also the precipitation regime has changed. For the future the climate models project a seasonal and regional differing temperature development as well as a changing rainfall distribution during the course of one year.

For the sugar beet, a crop being adapted to moderate temperatures and good water supply, both recent and expected climatic changes in study area may have negative consequences. The Upper Rhine-Valley sugar beet growing area in Rheinhessen and the Palatinate is already affected by a shift in climate conditions. Between 1901 and 2004 the average annual temperature has increased by 1.2-1.5°C. In both spring and summer, the most important phases of the sugar beet growing season, a warming trend is observed ranging from 0.5 to 1.5°C (Fuchs, 2010; Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, 2007). Regarding the precipitation regime, a seasonal redistribution due to changing frequencies of typical weather situations can be found. During the summer months, which mainly affect the gained yield, precipitation sums with the tendency to decrease is detectable. Also, the phases without precipitation have extended (Fuchs, 2010; Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, 2007).

The sugar beet has high demands on favourable climate and soil and thus is particularly prone being affected by climate changes. Röstel (1999) estimates that weather causes 40-50% of the annual yield fluctuations. The gained annual sugar beet yield mirrors the entire weather influences between sowing and harvesting.

During the study, a first step consisted in finding those weather parameters which affect the gained annual yield in Rheinhessen and the Palatinate particularly strongly. Hereafter, their development trends in the recent decades were compared to those of the regional sugar beet yields in order to draw conclusions how climate change affected the past yield performance over time. For these purposes, a method has been developed seeking to blank out the influence of the breeding progress on crop yields

by applying a compound-interest-formula. The method makes use of annual yield growth rates due to breeding progress (Loel *et al.* 2010). In the last step, a special pattern of weather conditions strongly related to reduced annual yields has been found (fingerprint). Climate projections of several regional climate models were analyzed with respect to this fingerprint to draw conclusions about possible future impacts of climate change on sugar beet cultivation.

MATERIALS AND METHODS

To analyse the effect of climate change on the sugar beet yield, many analytical correlations had to be carried out. The key step was to blank out non-climatic factors and thus adjust the actual gained yields by the breeding progress as the most important factor.

Measured climate data

The data used in this study consist of daily meteorological data of the Deutscher Wetterdienst (DWD; German Weather Service). The data sets of the stations of Mainz (1961-2000) and Worms (1951-2003) were analyzed. Different precipitation sums of sections of the growing period were formed (e.g. June until August). In a similar way, sums of the daily average (T_{mit}) as well as of the daily maximum temperature (T_{max}) in Kelvin (K) were formed.

Projected climate data

In order to estimate the possible future effect of the climate change on the sugar beet yields, model runs of different regional climate models were analyzed.

For Mainz and Worms the statistical climate models WETTREG_2006 (2001-2100) as well as STAR_II (2001-2060) were used. The use of two different climate models provides the possibility to compare and to evaluate their findings. The results of two model runs based on the SRES emission scenario A1B (Fig.1) were taken as a basis to draw conclusions about the possible future impacts of the climate change on sugar beet yields. These were the model runs A1B_dry and A1B_normal, respectively.

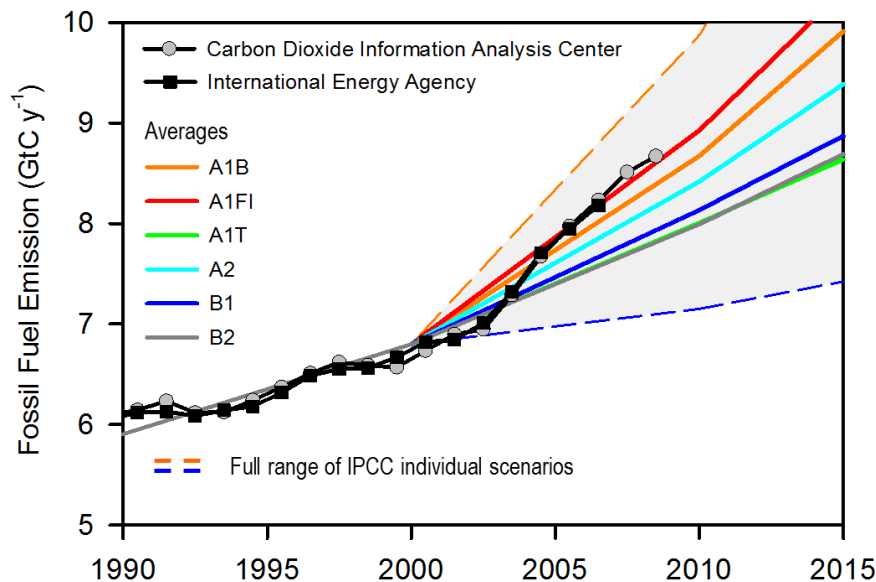


Figure 1: Observed global CO₂ emissions from both the 'Carbon Dioxide Information Analysis Center' and the 'International Energy Agency' compared with IPCC's SRES emission scenarios. Source: RAUPACH *et al.*, 2007.

Abbildung 1: Vom 'Carbon Dioxide Information Analysis Center' und der 'International Energy Agency' gemessene CO₂-Emission sowie vom IPCC projizierte Emissionsszenarien. Quelle: RAUPACH *et al.* 2007.

Figure 1: Émission de CO₂ mesurée par le 'Carbon Dioxide Information Analysis Center' et la 'International Energy Agency' ainsi que les scénarios d'émissions projetés par l'IPCC. Source: RAUPACH *et al.* 2007.

A1B is a scenario of the “upper edge” of the marker and illustrative scenarios of IPCC (Figure 1). The current emission of greenhouse gases, measured by the ‘Carbon Dioxide Information Analysis Center’ and the ‘International Energy Agency’, indicates the occurrence of one of these scenarios which justifies this selection.

Similar to the measured climate data of the DWD the projected daily value data series of precipitation, daily average and daily maximum temperature were investigated.

Yield data and region of interest

Aside from climate data, the study is based on average yield data of the areas Mainz, Worms and Frankenthal in tons per hectare of the period 1949-2006 (Figure 2). Yield data of Frankenthal were being correlated with weather data of Worms. Both areas are direct neighbours in the flat Upper Rhine-Valley with similar a similar climatic situation. The area of the three chosen regions as well as the amount of relief energy is relatively small so the climatic situation of each area can be considered homogeneous. By that, a high representativeness of the chosen climate stations for the areas under investigation can be assumed. On the other hand, the three analyzed areas are large enough to even out effects due to changing average soil quality through crop rotation. Moreover, the influence of varying plant protection products and the application of fertilizers are levelled out, so that the correlation between yield and weather is not influenced.

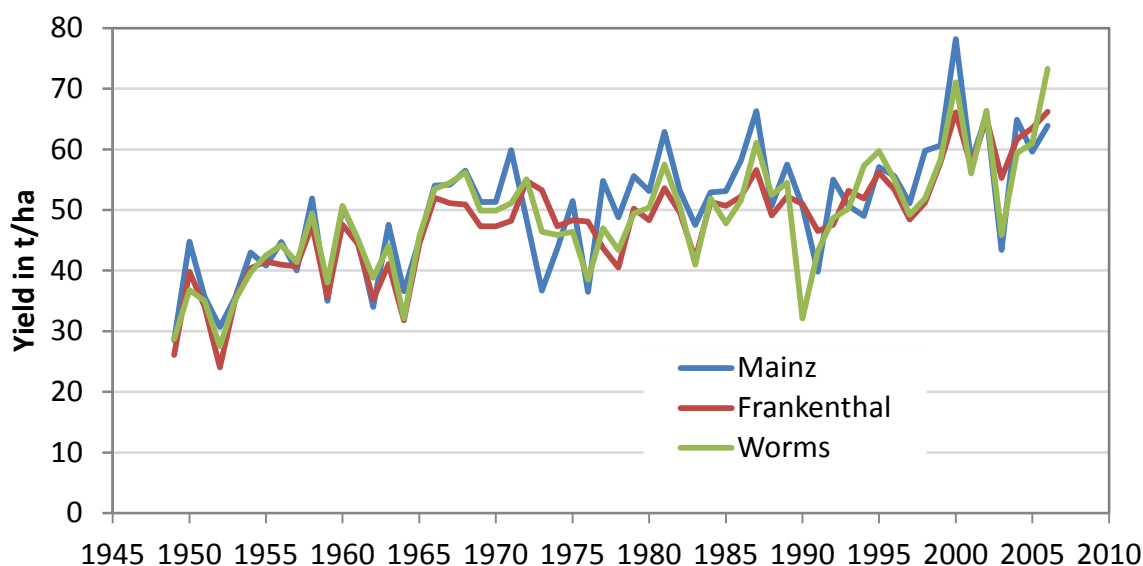


Figure 2: Earning performance in Mainz, Worms and Frankenthal (1949-2006). Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V. (1949-2006).

Abbildung 2: Entwicklung der Zuckerrübenenerträge in Mainz, Worms und Frankenthal (1949-2006). Datenquelle: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. (1949-2006).

Figure 2: Développement des rendements de betterave sucrière à Mayence, Worms, et Frankenthal (1949-2006). Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinos de la betterave sucrière (1949-2006).

Breeding progress adjustment

Normally, when investigating long data series of yields of intensively cultivated crops, an advance in productivity is visible. This contains the three factors such as breeding, climatic changes and cultivation methods. In this paper, the influence of climate and weather, respectively, on the gained yield in Rheinhessen and the Palatinate is being examined. It can be assumed that improved cultivation methods lead to increased yields. Breeding progress spawned cultivars which are resistant against or tolerant of diseases as well as pests and tolerate a wider range of environmental conditions. Thus, these cultivars have an increased yield potential (LOEL *et al.*, 2011).

The increased yield potential, generated through breeding processes, cannot be explained by climatic influences or a changed weather situation frequency. Consequently, the actual gained yield has to be adjusted by the breeding progress.

LOEL *et al.* (2011) found out a breeding progress of 0.9% per year while comparing cultivars of the admission years 1964-2003 in a fully randomized field trial in Göttingen. KOCH (2006, cited by: LOEL *et al.*, 2011) calculated a breeding progress of 0.75% per year in his field trial carried out at three locations with cultivars of the admission years 1966-2005.

The average sugar beet yields of the three analyzed areas were adjusted by breeding progress and afterwards, the resulting adjusted yields were correlated with the weather parameters (measured data of the corresponding decades).

Using the following negative compound interest formulas, the average actual gained yield per hectare was adjusted by 0.9% and 0.75% per year, respectively, by breeding progress:

$$0.75\%: \quad E_z = E * (1 - 0.75/100)^n$$

$$0.9\%: \quad E_z = E * (1 - 0.9/100)^n$$

E_z = Yield adjusted by breeding progress; E = average actual gained yield; n = Number of years starting from the index year of the breeding progress adjustment

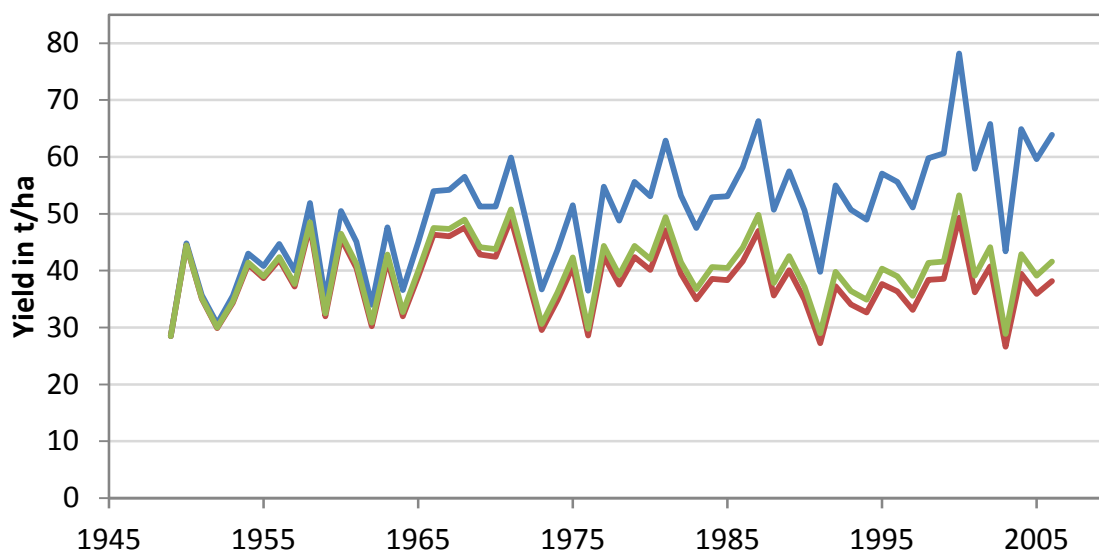


Figure 3: Actual gained yield (blue), yield adjusted by 0.75% (green) and 0.9% (red) breeding progress in Mainz 1949-2006. Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.

Abbildung 3: Real erzielter Ertrag (blau), 0,75 % züchtungsbereinigter Ertrag (grün), 0,9 % züchtungs-bereinigter Ertrag (rot) in Mainz 1949-2006. Datenquelle: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.

Figure 3: Rendement réellement reçu (bleu), rendements ajustés de 0,75% par le processus de la culture (vert), rendements ajustés de 0,9% par le processus de la culture (rouge) à Mayence 1949-2006. Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinois de la betterave sucrière.

By using this method, data series of yields adjusted by breeding progress were generated for each of the examined areas (Figure 3: e.g. Mainz). Afterwards, they were correlated with the temperature and precipitation sums.

Fingerprint of future potentially low-yield years

Years in which the yield adjusted by 0.9% breeding progress was lower than 32 tons per hectare (t/ha) were classified as low-yield years. In Mainz, this is valid six times between 1961-2000, in Worms eight times between 1951-2003. Subsequently, the two weather parameters which correlated most highly with the yield adjusted by 0.9% breeding progress were analyzed regarding striking threshold values. Due to those values, the low yields could be explained.

The analysis showed that in Mainz the low-yield years were characterized by precipitation sums between June and August lower than 110 mm (exception: 1991; 112.3 mm). Moreover, all low-yield years have a higher daily average temperature sum in July plus August than 1200 K (exception: 1962; 1174 K). Multiple regression of both parameters with the yield adjusted by 0.9% breeding progress was 0.75. This corresponds to a determination coefficient of 0.57.

The above-mentioned shortfall and transgression, respectively, of threshold values could be used to classify low-yield years in Worms as well. Consequently, they were equally used to classify future potentially low-yield years.

Climate projections WETTREG_2006_A1B_dry/normal and STAR_A1B_dry/normal of Mainz and Worms were examined regarding the frequency of fulfillment of this two-stage filter.

RESULTS AND DISCUSSION

Correlation analysis

To examine the influence of climate and weather, respectively, on the yield in Rheinhessen and the Palatinate, a variety of correlations of the yields with the measured climate elements was carried out (Tab.1).

Table 1: Correlation coefficients (Pearson) of precipitation and temperature sums with yields (adjusted, non-adjusted) for Mainz, Worms, Frankenthal.

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten (Pearson) der Niederschlags- und Temperatursummen mit dem Ertrag (real erzielt und züchtungsfortschrittsbereingt) für Mainz, Worms und Frankenthal.

Table 1: Coefficients de corrélation des sommes de précipitation et de température avec le rendement (réellement reçu et ajusté par le processus de la culture) pour Mayence, Worms, et Frankenthal.

	Mainz (1961-2000)			Worms (1951-2003)			Frankenthal (1951-2003)		
	Yield	0.9% adjusted	0.75% adjusted	Yield	0.9% adjusted	0.75% adjusted	Yield	0.9% adjusted	0.75% adjusted
PS = Precipitation sum									
TS = Temperature sum									
PS June-September	0.65	0.76	0.77	0.35	0.59	0.58	0.22	0.53	0.50
PS April-August	0.53	0.71	0.71	0.44	0.65	0.66	0.26	0.54	0.52
PS June- August	0.56	0.75	0.74	0.37	0.62	0.60	0.24	0.56	0.53
PS July+August	0.57	0.70	0.70	0.51	0.73	0.73	0.35	0.65	0.63
PS Growing Period (1)	0.65	0.74	0.75	0.49	0.68	0.68	0.26	0.54	0.52
PS Growing Period (2)	0.68	0.74	0.76	0.50	0.67	0.67	0.28	0.54	0.53
TS 90	0.08	0.13	0.12	0.00	-0.04	-0.03	-0.08	-0.16	-0.15
TS June-August	-0.20	-0.48	-0.44	-0.04	-0.50	-0.43	0.14	-0.38	-0.29
TS July+August	-0.19	-0.47	-0.44	-0.05	-0.50	-0.44	0.10	-0.41	-0.32
TS June+July	-0.21	-0.38	-0.36	-0.07	-0.39	-0.35	0.06	-0.31	-0.25
TS_max June-August	-0.27	-0.52	-0.49	-0.17	-0.54	-0.49	0.03	-0.38	-0.32
TS_max July+August	-0.27	-0.54	-0.51	-0.18	-0.56	-0.52	0.01	-0.44	-0.37

The yields adjusted by breeding progress correlate more closely with the weather parameters than the actual (non-adjusted) gained yields. The continuous yield increase in the analyzed years results from breeding progress and not from weather or climate changes. On the one hand, this justifies the method adjusting the yields by breeding progress and shows, on the other hand, which false conclusions could be drawn if production increase was attributed to climatic influences.

The yield development of sugar beets in Mainz, Worms and Frankenthal is subject to enormous fluctuations year by year (Figure 2). This is due to inter-annual weather variability. The occurrence of weather parameters during the months of June till August (September) explained the largest part of yield variance (Table 1). During this period the sugar beet plants need a lot of water to absorb nutrients. Furthermore, the unproductive and potential evaporation is evidently higher than during other periods of the growing season because of the usually high temperatures. Therefore, a smaller amount of precipitation is available for the plants.

Precipitation and yields

Precipitation parameters account for an obviously larger part of yield variance than temperature parameters referring to the same period of time. In Rheinhessen and the Palatinate sugar beet yields are mainly depending on high precipitation sums during the main growth period from June until August (September).

The gained yields in Mainz show the highest correlation with the precipitation parameters. For example, the correlation coefficient of the yield adjusted by 0.75% breeding progress with precipitation sums of June till September is 0.77 (Figure 4). This corresponds to a determination coefficient of 59%. In Worms and Frankenthal the correlations regarding precipitation parameters were lower (Table 1).

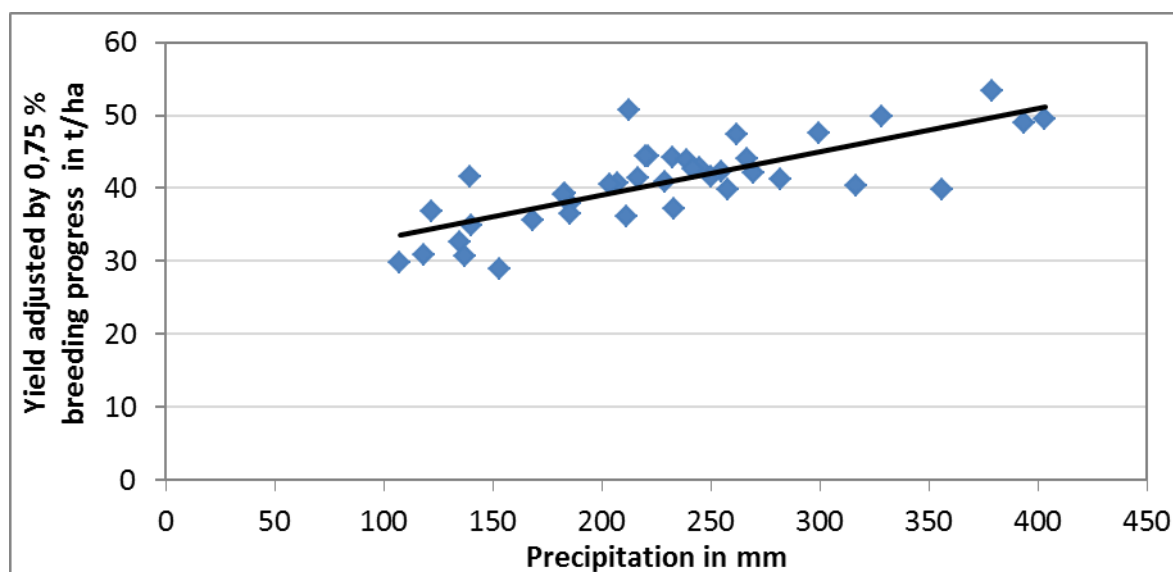


Figure 4: Correlation of the yield adjusted by 0.75% breeding progress (t/ha) with the sum of precipitation (in mm) during the months of June-September in Mainz 1961-2000 (black line: regression line). Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.; German Weather Service.

Abbildung 4: Zusammenhang des um 0,75 % züchtungsbereinigten Ertrags (t/ha) und der Niederschlagssumme (in mm) der Monate Juni bis September in Mainz 1961-2000 (schwarze Linie: Regressionsgerade). Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.; Deutscher Wetterdienst.

Figure 4: Lien entre le rendement ajusté de 0,75 % par le processus de la culture (t/ha) et les sommes de précipitation (mm) des mois de juin à septembre à Mayence 1961-2000. (ligne noire: ligne de régression). Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinos de la betterave sucrière; Service Météorologique de la République fédérale d'Allemagne.

Growing conditions in Mainz, Worms and Frankenthal mainly differ depending on the irrigation capacity while having comparable soil qualities. In the area of Mainz there is no artificial irrigation. In Worms, there is about 20%, in Frankenthal almost 100% of cultivation land which can be irrigated. In years with low precipitation sums, in Frankenthal in particular, but also in Worms, artificial irrigation can minimize or prevent the loss of yield due to drought stress. Thus artificial irrigation blurs the relationship of natural precipitation with the gained yields.

The high regional correlation of yield with the natural precipitation is due to the climatic and geographical characteristics with the orographical barriers of Taunus and Hunsrück in the North as well as Palatinate Forest in the West causing a leeward side effect. Low precipitation sums are the consequence. Moreover, the north-south drift of the Upper Rhine-Valley leads to mediterranean air masses being able to stream through the Rhône- and Rhine-Valley very far to the north which leads, among other things, to heat periods in the observed area during the summer months (FUCHS, 2010).

Temperature and yields

As expected temperature-related parameters correlate negatively with yield. The sums of daily maximum temperature correlate slightly more highly with the yield than daily average temperature sums (Table 1). For example, the coefficient of correlation of the yield adjusted by 0.9% breeding progress with the sum of the daily maximum temperature of the months of July plus August is -0.56 for Worms (Figure 5) (Mainz: -0.54; Frankenthal: -0.44) .

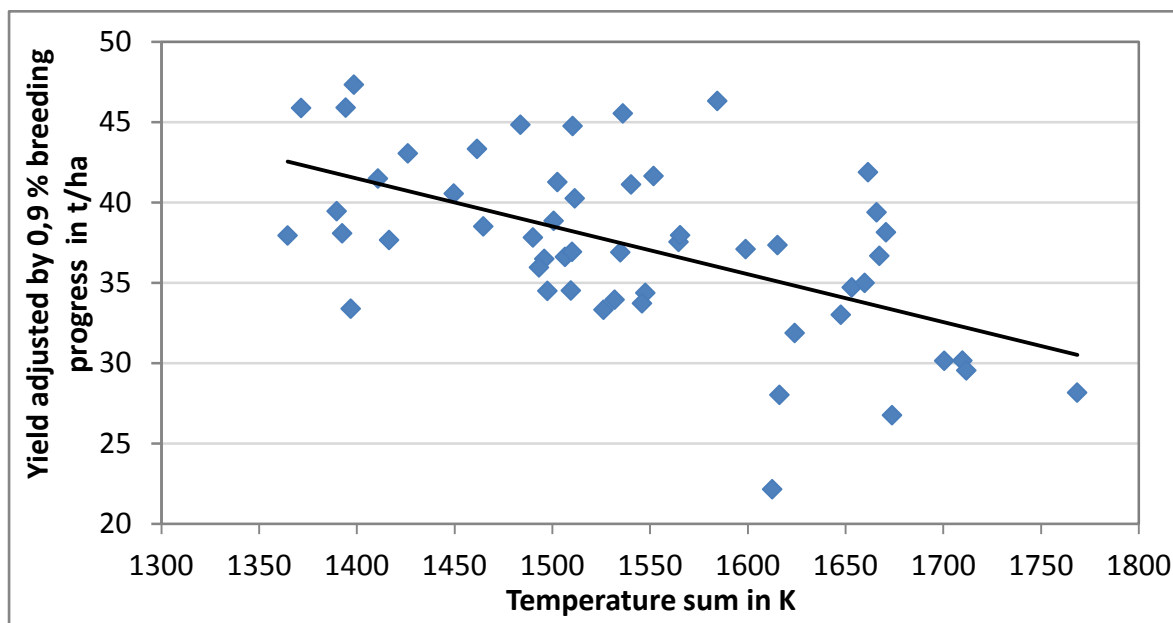


Figure 5: Correlation of the yield adjusted by 0.9% breeding progress (t/ha) with the sum of daily maximum temperature of the months of July plus August in Worms 1951-2003 (black line: regression line). Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.; German Weather Service.

Abbildung 5: Zusammenhang des um 0,9 % züchtungsbereinigten Ertrages und der Tagesmaximumtemperatursumme der Monate Juli plus August in Worms 1951-2003. Datenquelle: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.; Deutscher Wetterdienst.

Figure 5: Lien entre rendement ajusté de 0,9 % par le processus de la culture et la somme de température maximale journalière des mois de juillet et août à Worms 1951-2003. Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinos de la betterave sucrière; Service Météorologique de la République fédérale d'Allemagne.

In the area under investigation the range of the optimal growth temperature which is 2500-2900 K regarding the sum of daily average temperature of the growing period (RÖSTEL, 1999) is often being exceeded. The higher potential of evapotranspiration at higher temperatures makes more water evaporate unused by the plants in the absolute and relative amounts. This is the case when the saturation deficit of the air (relative vapor pressure) is higher than the suction power of soil water (OEMICHEN, 1983). Moreover, the coefficient of transpiration of sugar beet plants increases with temperature; thus, soil water storage is used up earlier at the same growth rate.

The highest coefficient of correlation of temperature-related parameters with yield could be found for the area of Worms (Table 1). This is due to the constantly higher daily average temperature sums of the growing period in Worms compared to Mainz. Similar to the low correlations of the precipitation sums with the yield, the correlations of temperature sums in Frankenthal compared with the other two areas are the lowest. This observation is a direct result of artificial irrigation.

Temporal developments

Recent trends

The precipitation sums of the main growth period from June till August were decreasing in Mainz and Worms during the examination period (Figure 6). The trend lines for Mainz show a decrease of about 40 mm between 1961 and 2000. For Worms the same decrease took place between 1951 and 2003. Periods without precipitation during the main growth period have extended. In contrast to this observation, the sum of precipitation between September and October has increased. Overall, a redistribution of precipitation is detectable. Inter-annual precipitation variability is distinct during the whole examined period of time.

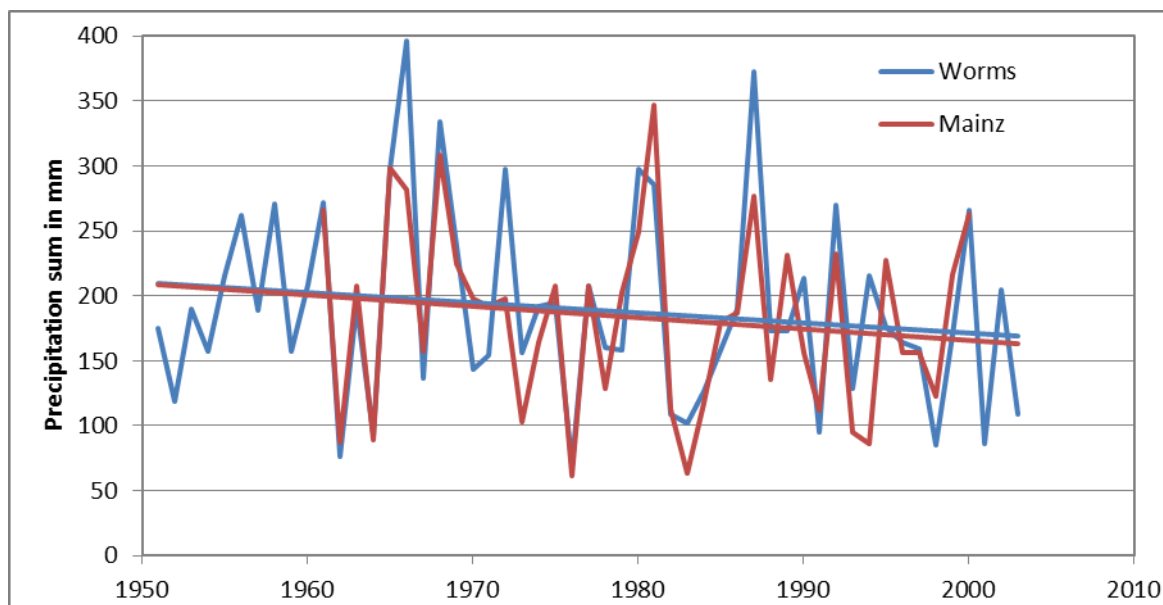


Figure 6: Precipitation sum during the months of June and August in Mainz 1961-2000 and Worms 1951-2003, including regression lines. Data source: German Weather Service.

Abbildung 6: Niederschlagssumme der Monate Juni bis August in Mainz 1961-2000 und Worms 1951-2003. Datenquelle: Deutscher Wetterdienst.

Figure 6: Somme des précipitations des mois de juin à août à Mayence 1961-2000 et Worms 1951-2003. Source: réalisation par l'auteur; Source des données: Service Météorologique de la République fédérale d'Allemagne.

The sum of daily average temperatures during the growing period (200 days from the beginning of the sowing) and accordingly, during the main growth period, has been increasing by about 175 K in Mainz and Worms between 1961 and 2000. In other words, this equals an average temperature increase of 0.9°C (Figure 7). Moreover, the optimum range of daily average temperature sums for optimal sugar beet growth, which is 2500-2900 K (RÖSTEL, 1999), has mostly been exceeded (Figure 7).

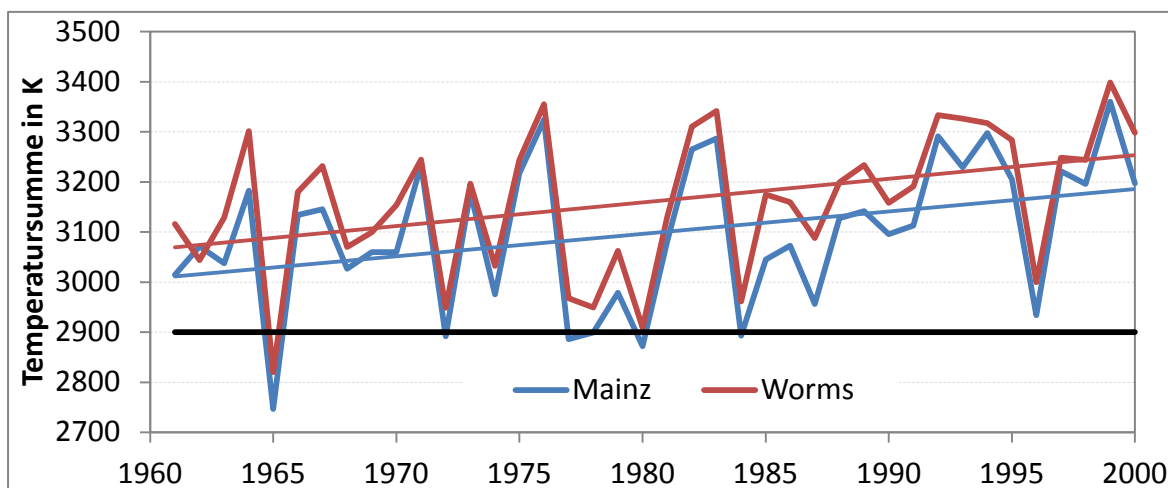


Figure 7: Daily average temperature sums during the growing season 1961-2000 in Mainz (blue) and Worms (red) including regression lines; black line: 2.900 K threshold level cited by RÖSTEL (1999). Data source: German Weather Service.

Abbildung 7: Tagesmitteltemperatursumme über die Vegetationsperiode 1961-2000 in Mainz und Worms; durchgezogene, farbige Linien: Lineartrends; schwarze durchgezogene Linie: 2.900 K Schwellenwert nach RÖSTEL (1999). Datenquelle: Deutscher Wetterdienst.

Figure 7: Somme de température moyenne quotidienne pour la période de végétation de 1961-2000 à Mayence et Worms; lignes continues colorées: tendance linéaire; ligne continue noire: 2.900 K valeur

seuil selon RÖSTEL (1999). Source des données: Service Météorologique de la République fédérale d'Allemagne.

Decreasing precipitation during the main growth period, particularly in combination with increasing temperature sums, has a negative impact on yields. As we have already seen, an advance in productivity of sugar beets is observable (Figure 2). The yields adjusted by breeding progress of Mainz (1961-2003; Figure 8) and Worms (1951-2003; Figure 9), however, show a decreasing tendency.

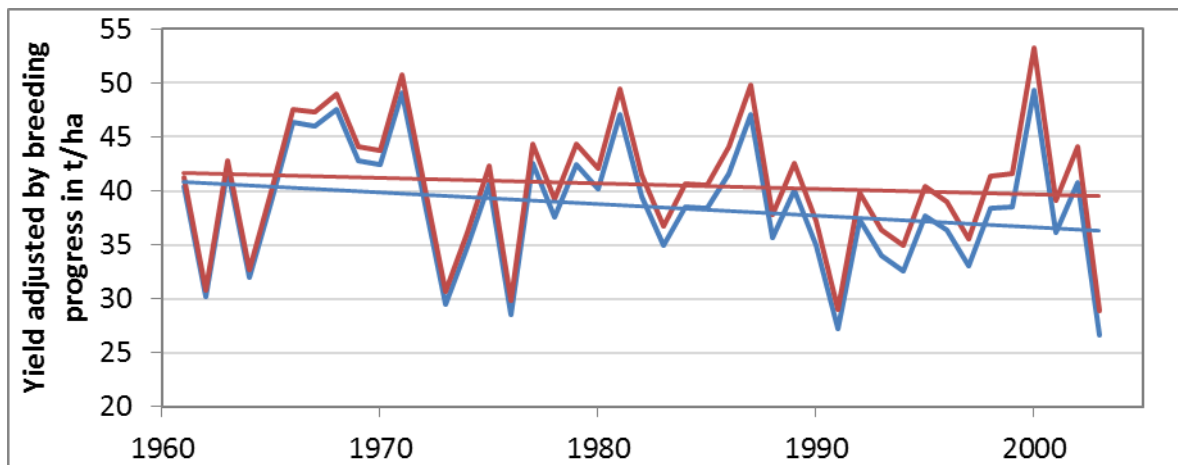


Figure 8: Development of the yield adjusted by 0.9% (blue) and 0.75% (red) breeding progress (t/ha) in Mainz 1961-2003 including regression lines. Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.

Abbildung 8: Entwicklung des um 0,9 % (blau) und 0,75 % (rot) züchtungsbereinigten Ertrags in Mainz 1961-2003 (durchgezogene Linien: Lineartrends). Datenquelle: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.

Figure 8: Développement du rendement ajusté de 0,9 % (bleu) et de 0,75 % (rouge) par le processus de la culture à Mayence 1961-2003. Lignes continues: tendances linéaires. Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinos de la betterave sucrière.

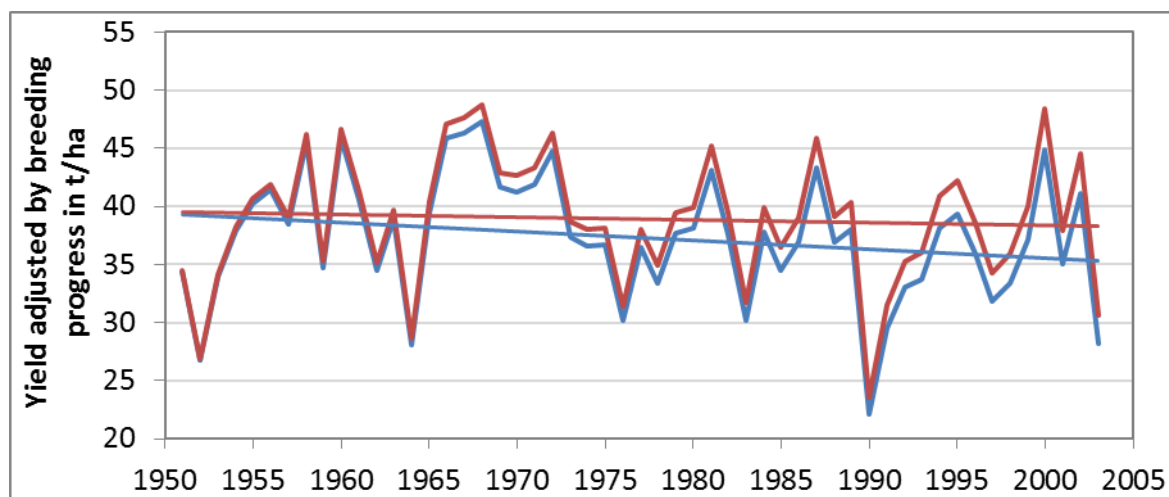


Figure 9: Development of the yield adjusted by 0.9% (blue) and 0.75% (red) breeding progress (t/ha) in Worms 1951-2003 including regression lines. Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.

Abbildung 9: Entwicklung des um 0,9 % (blau) und 0,75 % (rot) züchtungsbereinigten Ertrags in Worms 1951-2003 (durchgezogene Linien: Lineartrends). Datenquelle: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.

Figure 9: Développement du rendement ajusté de 0,9 % (bleu) et de 0,75 % (rouge) par le processus de la culture à Worms 1951-2003. Lignes continues: tendances linéaires. Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinos de la betterave sucrière.

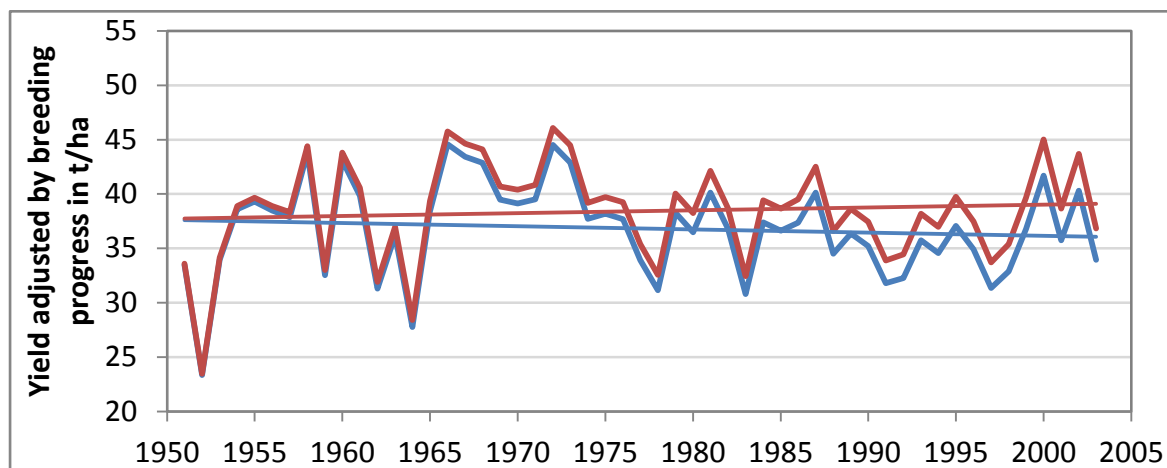


Figure 10: Development of the yield adjusted by 0.9% (blue) and 0.75% (red) breeding progress (t/ha) in Frankenthal 1951-2003 including regression lines. Data source: Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.

Abbildung 10: Entwicklung des um 0,9 % (blau) und 0,75 % (rot) züchtungsberinigten Ertrags in Frankenthal 1951-2003 (durchgezogene Linien: Lineartrends). Datenquelle: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.

Figure 10: Développement du rendement ajusté de 0,9 % (bleu) et de 0,75 % (rouge) par le processus de la culture à Frankenthal 1951-2003. Lignes continues: tendances linéaires. Source des données: l'Association des cultivateurs hessois-palatinos de la betterave sucrière.

These findings indicate that the developments of the climate in the recent decades, in sum, have a negative impact on yields, despite positive development trends for the plants, such as the continuously increasing atmospheric concentration of carbon dioxide, the possibility of a rather earlier sowing as well as improved growing conditions during the late growth period in September and October.

These results are maintained by the indifferent trend of yields adjusted by breeding progress in the area of Frankenthal. There, the trend of the yield adjusted by 0.9% breeding progress is slightly negative, that of the yield adjusted by 0.75% breeding progress is slightly positive (Figure 10). As mentioned above, the negative effect of the development in climate conditions could be compensated by artificial irrigation in the area of Frankenthal. This result makes it significantly less likely that other factors, regardless of the weather, caused the decrease of adjusted yields in Mainz and Worms.

Primarily, it is the breeding progress which overcompensates the negative impacts of the climate change on yields and thus, provides for a production increase. The question for how long this effect will last arises. Regional wheat yields in Rhineland-Palatinate, e.g., have been stagnating or even decreasing for about ten years. The development shows that in this case breeding progress can no longer keep pace with the negative trends in climate conditions.

Possible Future trends

Depending on the climate model and the emission scenario considered, different possible climate developments arise for the future. However, measurements show that an emission scenario of the "upper edge", that means a scenario based on the assumption of a relatively high increase of atmospheric greenhouse gas (GHG) is more likely. Therefore, the 'A1B' emission scenario was chosen to estimate the possible future impacts of the climate change on sugar beet yields in Rheinhessen and the Palatinate. The considered climate models project a continuation of the recent trends in future. Aside from the decrease of precipitation sums, a further temperature increase during the main growing period is being projected. Consequently, a higher, and on top of this gradually increasing, frequency of occurrence of potentially low-yield years is being projected for Mainz and Worms compared to the reference period (Mainz: 1961-2003; Worms: 1951-2003) (Table 2).

Table 2: Frequency of occurrence of the fingerprint of future potentially low-yield years per decade in Mainz and Worms. Data source: Federal Environmental Agency 2008.

Tabelle 2: Erfüllungshäufigkeit des Fingerabdrucks für zukünftig potentiell ertragsschwache Jahre pro Dekade in Mainz und Worms. Datenquelle: Umweltbundesamt 2008.

Table 2: Fréquence de réalisation de l'empreinte pour de futures années au rendement potentiellement faible indiquée par décennie à Mayence et Worms. Source des données: Office fédéral de l'environnement 2008.

Decade	WETTREG_2006 A1B_dry		WETTREG_2006 A1B_normal		STAR II A1B_dry		STAR II A1B_normal	
	MZ	WO	MZ	WO	MZ	WO	MZ	WO
2001-2010	3	2	1	2	2	2	2	1
2011-2020	5	1	4	2	0	1	3	2
2021-2030	5	2	0	1	1	1	1	4
2031-2040	0	2	1	1	2	3	1	1
2041-2050	4	5	1	4	2	4	3	4
2051-2060	6	2	6	2	5	3	3	0
2061-2070	5	3	7	3				
2071-2080	6	3	4	5				
2081-2090	5	3	4	3				
2091-2100	5	4	7	3				
Σ	44	27	35	26	12	14	13	12

Between 1961 and 2003, e.g., the fingerprint characterising potentially low-yield years occurred six times in Mainz, which is a frequency of about 14% (Worms eight times between 1951-2003: 15%). In the projection period (2001–2100) the overall occurrence frequency of the fingerprint in the climate simulations of the regional climate model WETTREG 2006 in Mainz ranged from 35% to 44%, depending on the realisation considered. That means the occurrence of low yield conditions in the future in Mainz may triple between 2001 and 2100. With a possible occurrence of about 26% in the projection period the development for Worms is less distinct. All in all the climate projections simulate an occurrence of potentially yield reducing weather conditions for Mainz in every second and for Worms in every third year, respectively.

Due to the projected shift in the precipitation distribution as well as an increase of summer temperatures and therefore a sinking climatic water balance during the vegetation period sugar beet plants will probably suffer more often from drought stress with negative impacts on yields and beet quality. The resulting water deficit in the soil profile will probably not be balanced by the projected increasing annual precipitation. In the future, a larger share of gained yield will depend on the field capacity and thus, the soil quality, which is very good in the study area, in order to store winter precipitation and provide this to the plants during the growth period (EHLERS, 1996). Within certain limits, artificial irrigation can compensate the described tendency which was shown for the area of Frankenthal. Accordingly, the expansion of irrigation capacities in areas where there is still an available potential seems reasonable, although this should happen in the sense of a sustainable use of resources. Also, the breeding of cultivars which have a distinct drought stress tolerance will gain in importance in the future in order to maintain economically profitable sugar beet cultivation. Probably, regional yield and beet quality can only be secured by the methods mentioned above.

At this point, it should be noted that the statements regarding the future development of climate and weather are tainted with some uncertainties, especially with respect to the used climate simulations. The analyzes carried out in this study regarding the future development are based on two model runs out of two regional climate models (WETTREG_2006, STAR_II) which focus on the SRES-scenario A1B. Concerning the above mentioned uncertainties this means, that in this study a targeted data selection has been done to depict a selection of possible future developments which are to some extent likely to occur (concerning their basic tendencies, not the exact course). In fact there is a great number of scenarios and climate models describing the future of the climate on a broad corridor of possibilities. It was not possible to take into account the full range of future scenarios in this study.

CONCLUSION

The present paper has shown that the occurrence of the weather parameters precipitation and temperature during the months of June, July and August account for the largest part of yield variance. A tendency to decrease of the precipitation sum during the mentioned months in combination with a considerable increase of daily average and especially of daily maximum temperature sums is observable. Thus, the regional climate conditions for sugar beet cultivation have become less favourable during this growth period in which yields can most highly be affected. This is manifest in the decrease of yields adjusted by breeding progress in Mainz and Worms. In Frankenthal, the so adjusted yields remained approximately at the same level. Compared to Mainz and Worms, the negative impact of the climate change could be compensated there by artificial irrigation. For the future, the used climate models project a continuation of past trends. Probably more years will occur in which sugar beets are affected by drought stress.

Further progress in breeding and production technology, as well as in certain circumstances the introduction of winter beets, which are capable to take advantage of the increasing temperatures and precipitations in autumn and spring, should be aimed to achieve a sustainable food security.

In lean on STOCKFISCH et. al. (2002), it must finally be mentioned that statements made regarding the interrelations between weather and yield, as well as the climatic development, are region-specific. The results can only be transferred to other sugar beet cultivation areas with similar climatic conditions and soil quality. The necessity of further regional studies also investigating other crops e.g. wheat based on the introduced method derives from this circumstance.

ACKNOWLEDGEMENTS

Special thanks applies to the members of the 'Organization of Hessian-Palatinate Sugar Beet Grower e.V.', of the 'Institute for Agroecology' of RLP AgroScience GmbH as well as of the 'Rhineland-Palatinate Competence Centre for Climate Change Impacts' for their active and helpful support of the study.

REFERENCES

- 1 EHLERS, W.: Wasser in Boden und Pflanze – Dynamik des Wasserhaushalts als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. Ulmer, Stuttgart. 1996.
- 2 EITZINGER, J., KERSEBAUM, K.C., FORMAYER, H.: Landwirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsstrategien für Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. *Agrimedia*, Clenze, 2009.
- 3 FUCHS, H.-J.: Analyse und Prognose des Klimas in Rheinland-Pfalz. In: MERTES, J. (Editor): Die Folgen des Klimawandels für Rheinland-Pfalz, 19-28, 2010.
- 4 KOCH, G.: Genetisch-züchterische Grundlagen des Ertragspotentials von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 131, 32-38, 2006.
- 5 LOEL, J., KENTER, C., HOFFMANN, C.: Analyse des Zuchtfortschritts von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 136, 109-118, 2011.
- 6 Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (Ministry of environment, forest and consumer protection Rhineland-Palatinate): Klimabericht Rheinland-Pfalz 2007. Internet: http://www.mufv.rlp.de/fileadmin/mufv/img/inhalte/klima/Klimabericht_RLP2007.pdf (07.06.2011), 2007.
- 7 OEMICHEN, J.: Pflanzenproduktion Band 1: Grundlagen. Berlin and Hamburg. 1983.
- 8 RAUPACH, M. R. et al.: Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. Internet: http://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Raupach_etal.2007.CO2Emissions.PNAS.pdf (06.11.2011), 2007.
- 9 RÖSTEL, H.J.: Zuckerrübe – Morphologie und Anatomie. In: Keller, E.R., HANUS, H., HEYLAND, K.-U. (Editors): Handbuch des Pflanzenbaus 3 – Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Ulmer, Stuttgart, 1999.

- 10 STOCKFISCH, N., KOCH, H.-J., MÄRLÄNDER, B.: Einfluss der Witterung auf die Trockenmassebildung von Zuckerrüben. *Pflanzenbauwiss.* 6, 63-71, 2002.

DATA ORIGIN

1. Measured climate data: Deutscher Wetterdienst (German Weather Service) 1951-2003. Offenbach.
2. Projected climate data: WETTREG_2006 (CEC); STAR (PIK): Each made available of Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) (2008).
3. Sugar beet yield data: Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrüben-anbauer e.V. (Editor) (1949-2010): Annual Reports 1949-2010. Worms.

1.7 MICHEL CARIOLLE¹, AMELIE VIARD²

¹ITB, 45 rue de Naples, F – 75008 Paris

²CETIOM, UMT GES-N₂O, Centre de Grignon, Avenue Lucien Brétignières, F – 78850 Thiverval-Grignon

'NO GAS': MEASUREMENTS AND MODELLING OF N₂O IN MAIN CROPS UNDER FRENCH CONDITIONS

ABSTRACT

"NO GAS" is an important study that started in 2010. The basic and applied research organisations and the main stakeholders in French agricultural development, amongst them the ITB are involved. "NO GAS" is coordinated by CETIOM. The aim of NO GAS is to improve the knowledge and the prediction of direct emissions of nitrous oxide (N₂O) from the main crops in France, and their relations to pedoclimatic conditions and cultural practices. The objective is thereby to get reference values of direct N₂O emissions which are representative for a diversity of pedoclimatic and cultural conditions, and to complete the knowledge on N₂O emission processes for improving emission models. Two actions are taken in parallel: In a first experimental step, the emission intensity, the effect of certain cultural practices and the long-term emission potential of agricultural soils within the main crops in France are recorded and analysed. The experimental network comprises 8 sites in the main growing regions of France as well as in French Guiana. It concerns the five main crop species (or species groups) most often cultivated in France: sugar beet, cereals, rape seed, maize, sun flower, and soy beans in Guiana. In two trials in Champagne and Picardie regions, sugar beet are cultivated. Samplings started in autumn 2010. The final results are expected by end of 2012. The second step is dedicated to emission modeling, with the objective to calibrate, ameliorate and validate direct N₂O emission models at the field scale. At the end of this action, it is expected to be able to comply to the second (regionalised emission coefficients) and third tier (modeling of emissions) of emission evaluation method of the intergovernmental panel on climate change (IPCC), and to establish the fundamentals to improve agricultural practices in order to reduce N₂O emissions.

"NO GAS": MESURES ET MODELISATION DU N₂O EN GRANDES CULTURES DANS LES CONDITIONS FRANÇAISES

RESUME

NO GAS (N₂O: mesure et modélisation en GrAndes cultureS) est une action importante mise en œuvre en 2010 qui implique des organismes de recherches fondamentale et appliquée et les principaux acteurs du développement agricoles français dont l'ITB. Son pilotage est assuré par le CETIOM. L'objectif de NO GAS est de fiabiliser et d'améliorer la connaissance et la prédiction des émissions directes de protoxyde d'azote (N₂O) par les grandes cultures en France, en fonction des conditions pédoclimatiques et des pratiques culturales. Il s'agit en l'occurrence d'acquérir des références sur les émissions directes de N₂O représentatives de la diversité des conditions pédoclimatiques et culturales et de compléter les connaissances relatives aux processus d'émission de N₂O dans le but d'améliorer les modèles d'émission. Deux volets sont conduits en parallèle : Le premier, expérimental, précisera dans les principaux contextes de grande culture en France l'intensité des émissions, l'effet de certaines pratiques culturales et le potentiel d'émission des sols agricoles sur le long terme. Le réseau expérimental mis en place comprend 8 sites de mesures d'émissions directes de N₂O dans les principales régions de grandes cultures de France métropolitaine ainsi qu'en Guyane française et concerne les 5 espèces (ou groupes d'espèces) de grandes cultures qui sont les plus cultivées en France : la Betterave, le Blé, le Colza, le Mais le Tournesol et le Soja en Guyane. Deux sites en Champagne et Picardie comportent des betteraves. Les prélèvements ont débuté à l'automne 2010. Les résultats finaux sont attendus fin 2012. Le second est consacrée à la modélisation des émissions avec l'objectifs de calibrer, d'améliorer, et de valider les modèles d'émission directe de N₂O au niveau de la parcelle agricole. A la fin de cette action, il est prévu de pouvoir accéder aux niveaux 2 (coefficients d'émission régionalisés) et 3 (modélisation des émissions) de la méthode d'évaluation des émissions du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), et d'établir les bases pour améliorer les pratiques agricoles.

“NO GAS”: MESSUNGEN UND MODELLIERUNG VON N₂O DER HAUPTFELDFRÜCHTE UNTER FRANZÖSISCHEN BEDINGUNGEN

KURZFASSUNG

„NO GAS“ ist eine wichtige Untersuchung, die 2010 unter Beteiligung verschiedener Institute aus Grundlagenforschung und angewandter Forschung sowie der wichtigsten landwirtschaftlichen Interessensvertreter in Frankreich (darunter das ITB) begonnen wurde. Das Projekt wird von der CETIOM koordiniert. Ziel von „NO GAS“ ist es, die Kenntnisse zu den direkten Stickstoffdioxid (N₂O)-Emissionen aus landwirtschaftlichen Hauptkulturen und ihre Vorhersagbarkeit im Zusammenspiel mit Boden- und Klimadaten und Anbautechniken auf eine solide Basis zu stellen und zu erweitern. Hierbei sollen Richtwerte zu den direkten N₂O-Emissionen gewonnen werden, die stellvertretend für die Vielzahl pedoklimatischer und fruchtartabhängiger Ausgangsbedingungen sind. Zudem soll das Wissen über N₂O-Emissionsprozesse erweitert werden, um verbesserte Emissionsmodelle abzuleiten. Zwei Teilprojekte werden hierzu parallel durchgeführt: Im ersten, experimentellen Versuchsteil werden in den Hauptanbaukulturen Frankreichs das Ausmaß der Emissionen, der Einfluss bestimmter Anbautechniken und das langfristige Emissionspotential aus landwirtschaftlichen Böden genauer untersucht. Das Versuchnetz besteht aus acht Standorten zur Messung des direkt emittierten N₂O in den wesentlichen Anbauregionen der Hauptkulturen Frankreichs und französisch Guyanas. Es umfasst die folgenden fünf Arten (bzw. Gruppen), die am häufigsten in Frankreich angebaut werden: Zuckerrübe, Weizen, Raps, Mais, Sonnenblume und Soja in Guyana. Zuckerrüben werden in den Regionen Champagne und Picardie angebaut. Die ersten Probenentnahmen wurden im Herbst 2010 durchgeführt, die Endergebnisse werden Ende 2012 erwartet. Der zweite Projektteil ist der Modellierung der Emissionen gewidmet. Ziel ist es, die Modelle zur direkten Emission von N₂O auf der Ebene der landwirtschaftlichen Parzelle zu kalibrieren, zu verbessern und zu validieren. Die Endergebnisse dieser Untersuchung sollen der zweiten (regionalisierte Emissionskoeffizienten) und dritten Stufe (Emissionsmodellierung) der Anforderungen des Intergovernmental panel on climate change (IPCC) entsprechen und die Grundlagen für Verbesserungen in der landwirtschaftlichen Praxis zur Verringerung der N₂O-Emissionen schaffen.

INTRODUCTION

NO GAS (N₂O : mesure et modélisation en GrAndes cultureS) est une action importante mise en œuvre en 2010 pour une durée de 3 ans qui implique des organismes de recherches fondamentale et appliquée et les principaux acteurs du développement agricoles français dont l'ITB. Son pilotage est assuré par le CETIOM. L'objectif de NO GAS est de fiabiliser et d'améliorer la connaissance et la prédiction des émissions directes de protoxyde d'azote (N₂O) par les grandes cultures en France, en fonction des conditions pédoclimatiques et des pratiques culturales. Il s'agit en l'occurrence d'acquérir des références sur les émissions directes de N₂O représentatives de la diversité des conditions pédoclimatiques et culturales et de compléter les connaissances relatives aux processus d'émission de N₂O dans le but d'améliorer les modèles d'émission.

MATERIALS AND METHODS

Deux actions sont conduites en parallèle :

- La première, expérimentale, précisera dans les principaux contextes de grande culture en France l'intensité des émissions, l'effet de certaines pratiques culturales et le potentiel d'émission des sols agricoles sur le long terme. Le réseau expérimental mis en place comprend 8 sites de mesures d'émissions directes de N₂O dans les principales régions de grandes cultures de France métropolitaine ainsi qu'en Guyane française et concerne les 5 espèces (ou groupes d'espèces) de grandes cultures qui sont les plus cultivées en France : la Betterave, le Blé, le Colza, le Maïs le Tournesol et le Soja en Guyane.

Chaque institut a en charge un ou plusieurs sites de mesure sur lesquels il réalise les mesures et observations sur l'ensemble des cultures présentes. Deux sites en Picardie et en Champagne comportent des betteraves. L'ITB a en charge le site champenois. Les prélèvements ont débuté à l'automne 2010. Les résultats finaux sont attendus fin 2012.

Les prélèvements d'air sont réalisés environ toutes les deux à trois semaines, en fonction des conditions climatiques, et plus souvent dans le cas d'un apport azoté, ou après un évènement pluvieux. Les prélèvements sont ensuite acheminés au laboratoire de l'UMR EGC de Grignon où ils sont analysés. L'objectif de l'expérimentation est d'obtenir 25 à 30 prélèvements par an.

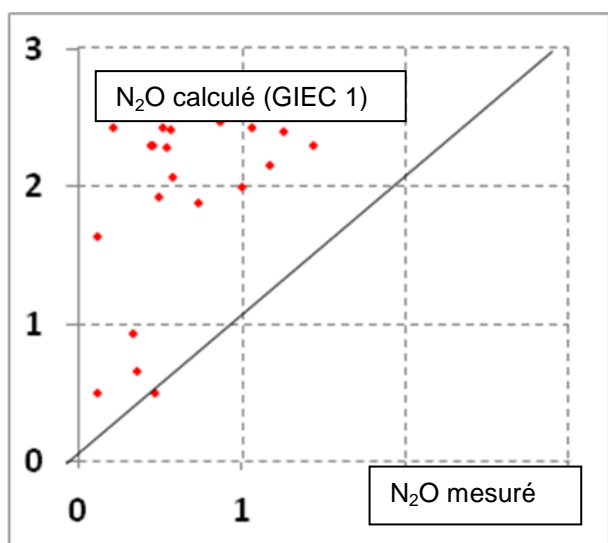
Les mesures ainsi obtenues compléteront une base de données nationale d'émissions de N₂O constituée de résultats expérimentaux acquis précédemment, par les équipes partenaires de l'action, ou par des partenaires extérieurs qui accepteront de les mettre à disposition. Cette base de données devrait permettre de développer une méthode de niveau 2 du GIEC.

- La deuxième est consacrée à la modélisation des émissions avec l'objectifs de calibrer, d'améliorer, et de valider les modèles d'émission directe de N₂O au niveau de la parcelle agricole (CERES-EGC, SYST'N, DNDC,...) en s'appuyant sur les séries de données existantes d'émissions directes de N₂O par les grandes cultures et sur les mesures d'émissions obtenues dans l'expérimentation en cours dès qu'elles seront disponibles.

Ces deux actions permettront d'accéder aux niveaux 2 (coefficients d'émission régionalisés) et 3 (modélisation des émissions) des méthodes d'évaluation des émissions du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), et d'établir les bases pour dans un premier temps améliorer les pratiques agricoles et ensuite concevoir des systèmes de cultures peu émetteurs.

PREMIERS RESULTATS ET DISCUSSION

Les douze premiers mois de mesures se sont déroulés dans une situation climatique très particulière caractérisée par une sécheresse hivernale et printanière très marquée. Dans ces conditions, les quantités de N₂O mesurées sur l'ensemble des 8 sites sont faibles et très inférieures aux quantités calculées avec la méthode de niveau 1 du GIEC.



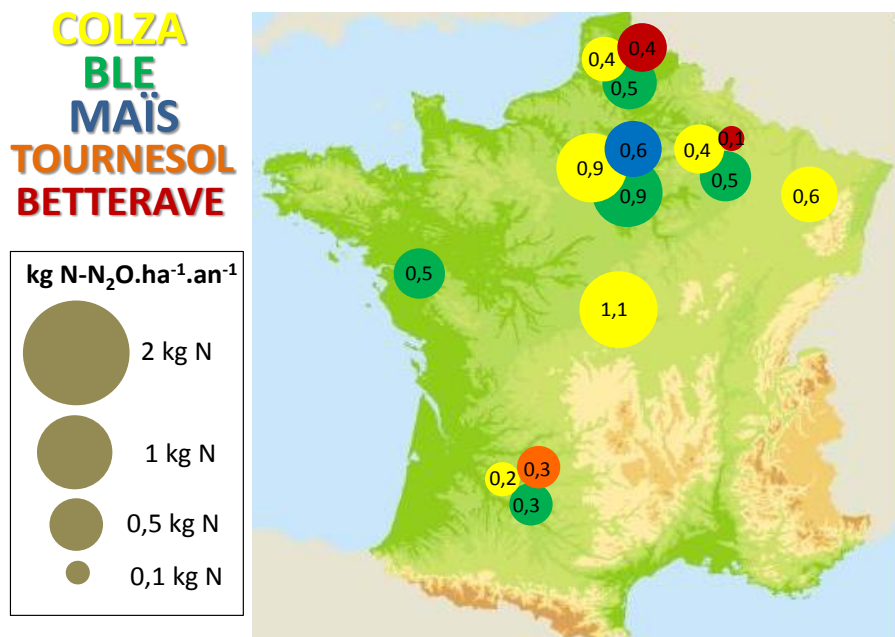
Emissions annuelles de N₂O (kg N-N₂O ha⁻¹ an⁻¹) calculées et mesurés sur 12 mois en 2010-11.

On constate sur ces 12 premiers mois des émissions variant de 0,1 à 1,1 kg N ha⁻¹ an⁻¹ selon les sites et cultures. Ces émissions, particulièrement faibles, sont vraisemblablement consécutives d'une longue période de sécheresse hivernale et printanière. Il est à noter que pour un même site, on note des émissions du même ordre de grandeur entre cultures de conduites similaires (blé et colza par exemple).

En betteraves sur cette même période, les quantités émises sont très limitées, comprises entre 0,1 et 0,4 kg N ha⁻¹ an⁻¹.

Les valeurs singulièrement faibles devront être confrontées à celles de la période suivantes 2011-2012.

NO GAS fait l'objet d'un financement du compte d'affectation spécial de Développement Agricole et Rural du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. Il associe les organismes suivants : Cetiom, Adeprina, AgroParisTech, Arvalis Institut du Végétal, Citepa, Invivo, INRA, ITB, JRC.



Cumuls des émissions de N₂O (kg N-N₂O ha⁻¹ an⁻¹) mesurés sur 12 mois en 2010-11, sur les différents sites.

2.1 BRUNO RICHARD
GEVES, Domaine du Magneraud, BP 52, F – 17700 Surgères

HOW SUSTAINABILITY IS TAKEN IN ACCOUNT IN FRENCH OFFICIAL TRIALS FOR VARIETY REGISTRATION

ABSTRACT

In France, a common reflexion was started in 2009 among CTPS (technical committee for plant breeding) to decide how the variety registration assessment could better take in account sustainability, and especially the reduction of pesticides, which was mentioned as a main target at the national level with “Grenelle de l’environnement” (reduction of 50% of the pesticides in 2018 if possible), and the control of nitrogen fertilization with the European regulation on water. The reflection led to 2 main axes: on the one hand, considering the international context, sugar beet production should be as competitive as possible: this still involves aiming for a high yield; on the other hand, the new varieties registered must be tested according to the best practices recommended for the farmers, applying the same decision rules, and not in trials with no input limitation. Therefore, since 2010, the experimental layout now includes 2 monitoring modules:

- A module that includes special plots for leaf disease monitoring and the release of fungicide treatments: a weekly assessment is done in July and August on 100 leaves on 3 control varieties, chosen considering their low susceptibility to the 4 more common foliage diseases in France. The treatments are applied only if the threshold is reached for one disease. With this protocol, the more susceptible varieties in the trials should be more affected: a particular stress has been put on this point in order to improve the average resistance level of the varieties tested. This reduced the average number of treatments in the official trials.
- A module for nitrogen fertilization control, with 3 rates of fertilization (0, recommended rate, recommended rate + 40); the aim is to have a control of the fertilization and to characterize afterwards with a biological indicator, the nitrogen status of the field (under-fertilized, correctly fertilized, over-fertilized).

The experimental design is presented and the first results are shown for 2010 and 2011, in particular the reduction of fungicide treatments.

With this protocol, we also intend to obtain more information on “genotype*environment” interaction to allow a better characterization of the varieties regarding the different factors: climate, nitrogen, soil and leaf diseases.

PRISE EN COMPTE DE LA DURABILITE DANS LES ESSAIS OFFICIELS POUR L’HOMOLOGATION DES VARIETES EN FRANCE

RESUME

En France, une réflexion a démarré en 2009 au sein du CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection des plantes cultivées) en vue de mieux prendre en compte la durabilité dans les essais officiels pour l’inscription de variétés, tout particulièrement la réduction des pesticides, mentionnée comme l’un des objectifs du Grenelle de l’Environnement et le contrôle de la fertilisation azotée à travers la législation européenne sur l’eau. Le dispositif mis en place vise à concilier l’objectif de compétitivité de la culture, qui implique de rechercher de rendements élevés, et la nécessité d’expérimenter les variétés selon les meilleures pratiques recommandées aux agriculteurs, c’est à dire une conduite raisonnée basée sur des règles de décisions et non dans des essais sans aucune limitation des intrants. Dès lors, depuis 2010, chaque plateforme d’essais inclut désormais 2 modules de contrôle :

- Un module pour le suivi des maladies du feuillage ; un suivi hebdomadaire est effectué juillet et août par prélèvement de 100 feuilles sur des parcelles spéciales de 3 variétés de référence choisies pour leur faible sensibilité aux principales maladies. Le traitement n’est déclenché que si le seuil est atteint pour une maladie. Ce protocole a permis de réduire le nombre de traitement

dans les essais depuis sa mise en place ; il vise aussi à pénaliser les variétés les plus sensibles et donc élever globalement le niveau de résistance des variétés.

- Un module pour le contrôle de la fertilisation azotée avec 3 niveaux de fertilisation (0, dose recommandée et dose recommandée + 40), en vue de caractériser avec un indicateur biologique le statut azoté de l'essai (sous fertilisé, sur fertilisé, proche de l'optimum).

Le dispositif expérimental est présenté ainsi que les premiers résultats pour 2010 et 2011, en particulier la réduction des traitements fongicides.

Ce protocole vise enfin à obtenir une meilleure information sur l'interaction génotype -environnement en vue de permettre une meilleure caractérisation des variétés vis-à-vis des différents facteurs limitants.

BERÜCKSICHTIGUNG VON NACHHALTIGKEITSASPEKTEN IN DEN OFFIZIELLEN FRANZÖSISCHEN SORTENVERSUCHEN

KURZFASSUNG

In Frankreich wurde 2009 im CTPS (technical committee for plant breeding) überlegt, wie im Sortenzulassungsverfahren Nachhaltigkeitskriterien besser berücksichtigt werden könnten. Besonders wurde die Reduktion des Pestizideinsatzes, die auf nationaler Ebene im "Grenelle de l'environnement" (Reduktion der Pestizide nach Möglichkeit um 50 % bis zum Jahr 2018) als ein Hauptziel erklärt wurde sowie die Kontrolle der N-Düngung in Zusammenhang mit den europäischen Wasserregelungen betrachtet. Die Überlegungen führten zu zwei Erkenntnissen: auf der einen Seite sollte Zuckerrübenproduktion im internationalen Kontext so konkurrenzfähig wie möglich sein. Dazu sind hohe Erträge anzustreben. Auf der anderen Seite müssen die neu zugelassenen Sorten nach der besten den Landwirten empfohlenen Praxis geprüft werden, und zwar unter Anwendung derselben Entscheidungsregeln und nicht in Versuchen ohne Inputeinschränkungen. Der Versuchsaufbau beinhaltet daher seit 2010 zwei Kontrollmodule:

Ein Modul mit speziellen Varianten zum Blattkrankheitenmonitoring und zur Fungizidbehandlung: im Juli und August werden wöchentliche Bonituren an 100 Blättern dreier Kontrollvarianten durchgeführt, die anhand ihrer geringen Anfälligkeit gegenüber den vier häufigsten Blattkrankheiten in Frankreich ausgewählt wurden. Eine Behandlung wird nur durchgeführt, wenn die Schadensschwelle für eine Krankheit erreicht ist. Mit diesen Vorgaben sollten die anfälligeren Sorten in den Versuchen stärker beeinträchtigt werden: auf diesen Punkt wurde besonderer Wert gelegt, um das durchschnittliche Resistenzniveau der Sorten zu testen. Dies reduzierte die durchschnittliche Zahl der Behandlungen in den offiziellen Versuchen.

Ein Modul zur Kontrolle der N-Düngung mit drei verschiedenen Niveaus (0, empfohlene Menge, empfohlene Menge + 40); das Ziel ist es, eine Kontrolle über die Düngung zu erhalten und im Nachhinein mit einem biologischen Indikator den N-Status des Feldes festzustellen (zu wenig gedüngt, korrekt gedüngt, überdüngt).

Der Versuchsaufbau wurde vorgestellt und die ersten Ergebnisse für 2010 und 2011 liegen vor, insbesondere für die Reduktion der Fungizidbehandlungen.

Mit diesem Protokoll wollen wir auch mehr Informationen über die Genotyp*Umwelt-Interaktion erhalten, um eine bessere Charakterisierung der Sorten bezüglich der Faktoren Klima, Stickstoff, Boden und Blattkrankheiten zu erreichen.

INTRODUCTION

En France, l'inscription des variétés au catalogue officiel est confiée au CTPS (Comité Permanent de la Sélection des plantes Cultivées) qui associe des membres de l'administration à des professionnels de toute la filière (obtenteurs, planteurs de betterave, fabricants de sucre, institut technique ITB). En 2009, à la demande du Ministère de l'Agriculture, une réflexion a commencé au sein du CTPS pour voir comment mieux répondre aux objectifs fixés par le « Grenelle de l'environnement » (réduction de 50 % des pesticides en 2018) et aux règlements européens sur l'eau (contrôle de la fertilisation azo-

tée). Le CTPS a cherché à mettre en place un dispositif qui concilie l'objectif de compétitivité de la culture, qui implique de rechercher de rendements élevés, et la nécessité d'expérimenter les variétés selon les meilleures pratiques recommandées aux agriculteurs, c'est à dire avec une conduite raisonnée basée sur des règles de décisions et non dans des essais sans aucune limitation des intrants. Dès lors, depuis 2010, chaque plateforme d'essais inclut désormais 2 modules de contrôle : un module pour le déclenchement des traitements fongicides, et un module de contrôle de l'azote.

En plus du contrôle des intrants fongicide et azote, l'objectif est également de mieux caractériser les sites d'expérimentation en relation avec le comportement des variétés à travers de l'étude de l'interaction génotype – environnement.

MATERIEL ET METHODES

Dispositif général

Sur chacune des 19 plateformes d'essais, à côté des essais rendement, sont placés 2 modules de contrôle :

- Un module pour le suivi des maladies du feuillage, avec des témoins pour le déclenchement des traitements sur la base de seuils, complété par des parcelles de prélèvement réparties autour des essais.
- Un module pour l'azote, avec 3 niveaux de fertilisation azotée.

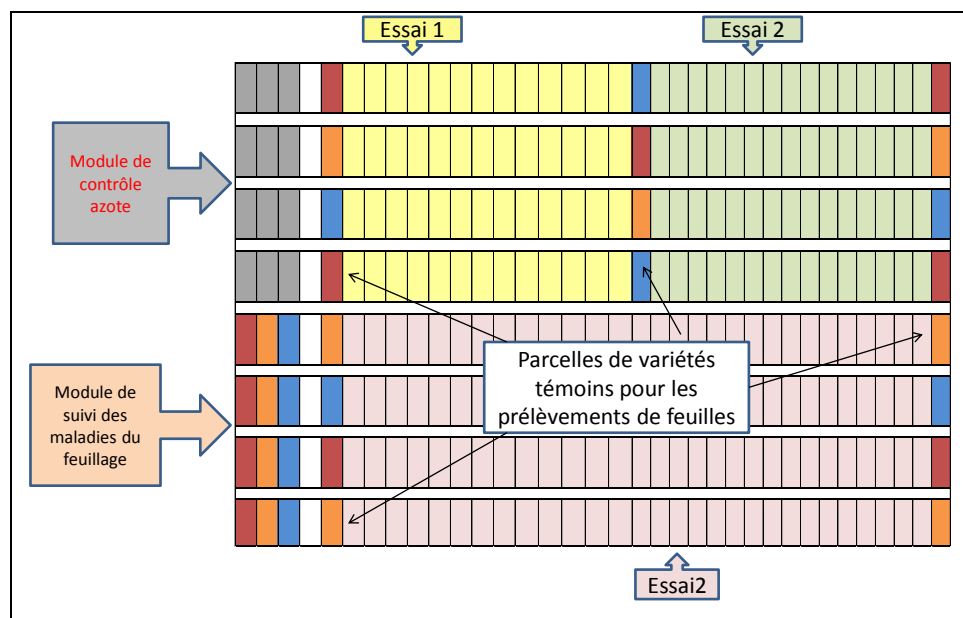


Figure 1 : dispositif général avec modules de contrôle azote et maladies du feuillage. Exemple sur une plateforme de 3 essais.

Module maladies du feuillage

3 variétés témoins ont été choisies pour déclencher les traitements sur les 4 principales maladies du feuillage :

- *Cercospora beticola* : Skipper
- *Erysiphe communis* and *Ramularia beticola* : Eleonora KWS
- *Uromyces betae* : Danube

Ces variétés ont été choisies au vu de leur faible sensibilité par rapport aux maladies sur lesquelles elles vont déclencher le traitement. Le traitement est normalement appliqué plus tard que si son déclenchement avait été basé sur une variété de sensibilité moyenne à élevée : l'objectif est de pénaliser les variétés les plus sensibles dans les essais.

Au cours des mois de juillet et d'août, 100 feuilles sont prélevées chaque semaine sur chacune des parcelles de prélèvement réparties autour des essais (figure 1), et notées pour la maladie correspondant à la variété de référence.

Un traitement est déclenché si le seuil est atteint pour une maladie, comme indiqué sur le tableau 1. Ce seuil est le seuil « IPM » (Indice de Pression Maladie) qui s'applique pour la recommandation aux planteurs de betterave dans le cadre du réseau de suivi des maladies du feuillage *RESOBET FONGI* de l'ITB (Institut Technique de la Betterave industrielle).

Maladie	Variété de référence	Seuil pour le 1 ^{er} traitement nb de feuilles avec symptômes /100	Seuil pour le 2 ^{ème} traitement nb de feuilles avec symptômes /100	Seuil pour le 3 ^{ème} traitement (rare) nb de feuilles avec symptômes /100
Oïdium	Eleonora KWS	15	30	30
Cercosporiose	Skipper	5	20	25
Rouille	Danube	15	30	40
Ramulariose	Eleonora KWS	5	20	25

Tableau 1 : seuils pour le déclenchement des traitements fongicides.

Le produit de traitement n'est pas imposé ; il doit cependant être raisonné en fonction de la maladie qui l'a déclenché, en tenant compte de la région, et parmi les produits homologués sur la culture ayant la meilleure efficacité sur cette maladie.

Chaque traitement est appliqué sur l'ensemble des essais de la plateforme, à l'exception d'une partie du module de contrôle (voir figure 2) :

- une partie ne reçoit aucun traitement,
- une partie du module ne reçoit que 1 traitement si 2 ou 2 traitements sont appliqués ;
- une partie ne reçoit que 2 traitements si 3 traitements sont appliqués (rare).

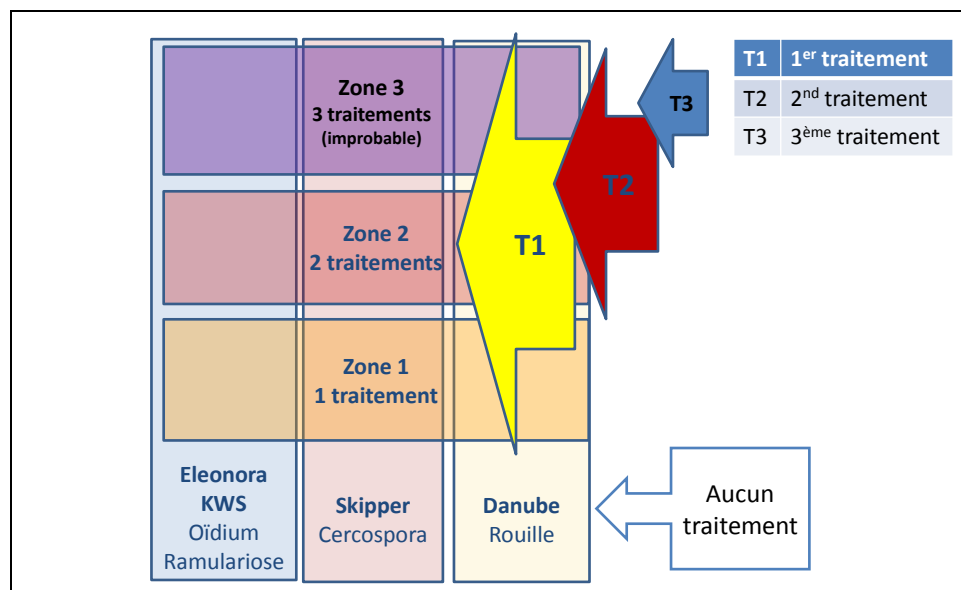


Figure 2 : module maladies du feuillage

Après chaque traitement, il n'y a pas de prélèvement de feuilles pendant un délai de 2 semaines. Aucun traitement n'est réalisé dans un délai de 45 jours avant récolte. Si des symptômes de maladies apparaissent dans les essais traités, ils doivent être notés (échelle de 0 à 10).

Module azote

Pour chaque plateforme d'essai, la fertilisation azotée doit être raisonnée. La dose conseillée est calculée par le logiciel Azofert® et basée sur la méthode des bilans, en tenant compte de la culture précédente, du reliquat mesuré dans les différents horizons du sol et du climat moyen du lieu.

Le module comprend 3 niveaux de fertilisation azotée sur une seule variété (variété Python en 2010 et 2011) :

- **0 N** : aucune fertilisation azotée. Cette modalité est obtenue par délimitation et arrêt de pulvérisation dans le cas de l'azote liquide ou par bâchage de la zone.
- **DC** : dose conseillée : raisonnée au moyen du logiciel azofert®: c'est la dose appliquée sur l'ensemble du champ, à l'exception de la partie ci-dessus.
- **DC + 40** : dose conseillée + 40 unités : 40 unités supplémentaires sont appliquées soit par une nouvelle pulvérisation dans le cas de l'azote liquide, soit par apport complémentaire d'ammonitrate.

Pour chacune des modalités, 4 parcelles standard (3 rangs de 7 m environ) sont délimitées au sein de parcelles plus larges (12 à 18 rangs) afin d'éviter les effets de bordure entre modalités (voir figure 3). Ces parcelles sont récoltées comme les autres parcelles de l'essai, avec mesure du rendement, de la teneur en sucre et des éléments mélassigènes (en particulier l'azote alpha aminé). Au mois de septembre, ces parcelles sont également notées visuellement pour le développement foliaire et la couleur verte du feuillage.

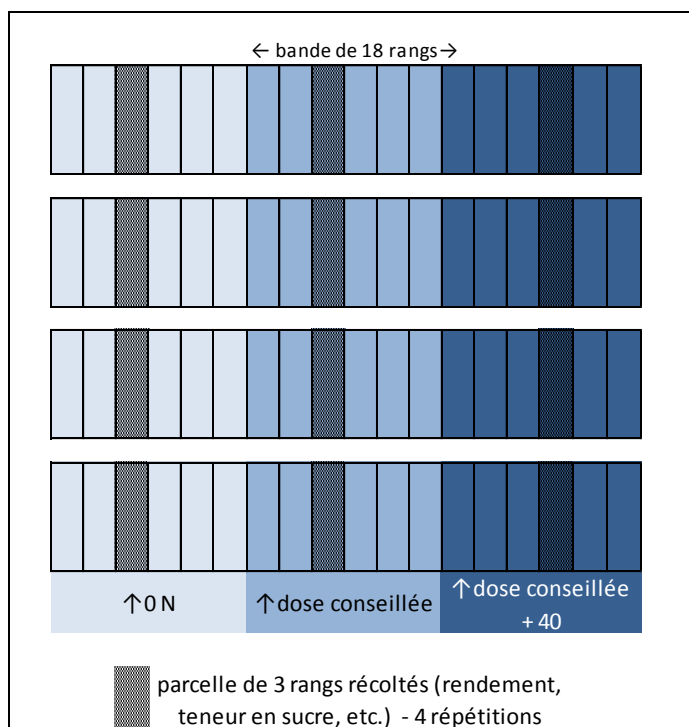


Figure 3 : module azote

En fin de campagne, au vu de l'ensemble des données, une commission d'experts du CTPS essaie de caractériser le statut azoté des différents essais : sur fertilisé, fertilisation proche de l'optimum, sous-fertilisation.

RESULTATS ET DISCUSSION

Maladies du feuillage

Depuis qu'il a été mis en place (2010), le dispositif de déclenchement raisonné des traitements fongicides a permis de réduire sensiblement le nombre moyen de traitements.

- Avant 2010, le nombre de traitements dans les essais CTPS était supérieur au nombre moyen de traitements recommandés par l'ITB dans le réseau d'observation RESOBET FONGI, sur la base de l'indice de pression maladie (IPM).
- A partir de 2010, le nombre de traitements du réseau CTPS est proche et même légèrement inférieur à ce qui est recommandé en culture.

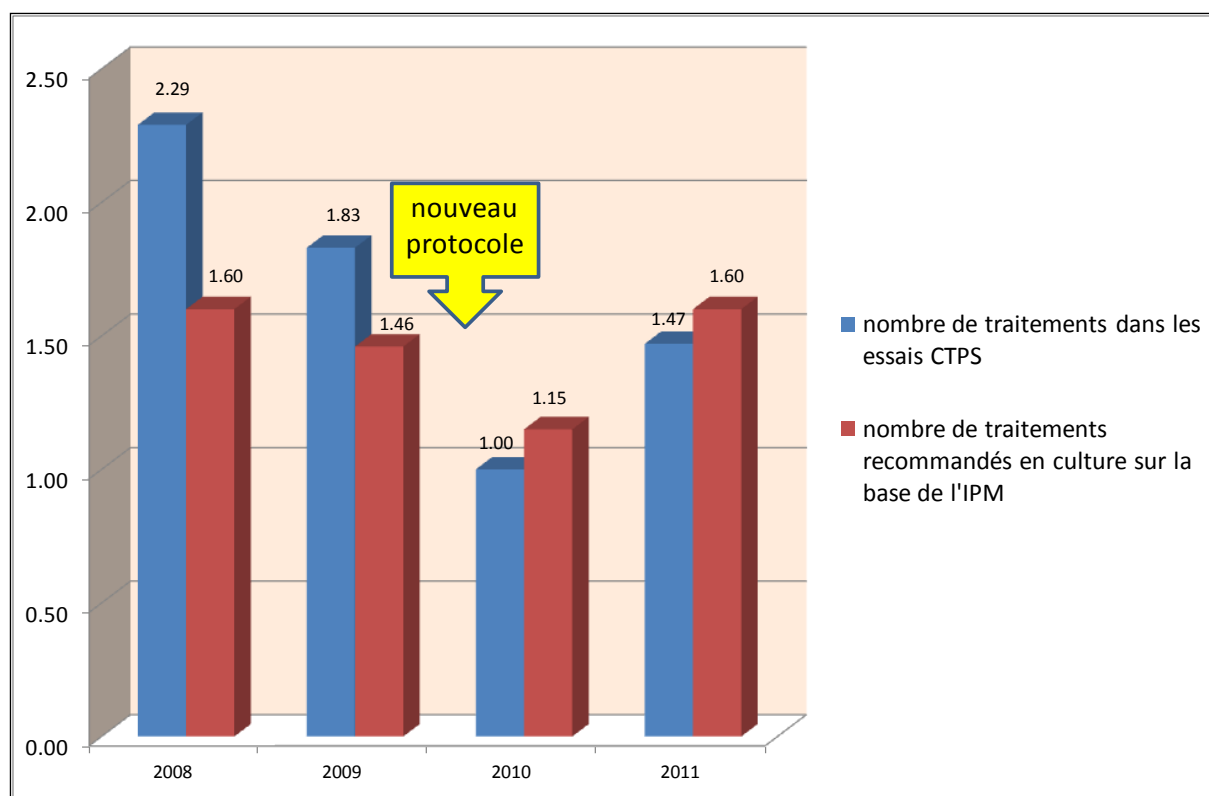


Figure 4 : nombre de traitements dans le réseau CTPS et recommandés en culture de 2008 à 2011.

En 2010 et 2011, les maladies qui déclenchent les traitements ont été surtout l'oïdium et la cercosporiose, avec une situation plus variée en 2011 (toutes les maladies sont représentées) ; à noter qu'en 2010, 4 essais n'ont reçu aucun traitement (voir tableau 2).

Année / nombre de sites		Maladie ayant déclenché le traitement				Nombre total de traitements
		Oïdium	Cercosporiose	Ramulariose	Rouille	
2010 18 Lieux	T1	5	7	2	0	14
	T2	0	3	1	0	4
2011 19 Lieux	T1	7	5	5	2	19
	T2	2	4	1	2	9

Tableau 2 : traitements effectués en 2009 et 2010. T1 : 1^{er} traitement – T2 : 2^{ème} traitement

Une commission du CTPS visite l'ensemble des essais et note les maladies présentes dans la partie non traitée du module de contrôle mais aussi dans les essais qui ont été traités. D'une manière globale, l'état sanitaire des essais est satisfaisant, mais avec ce nouveau protocole, contrairement aux années précédentes où l'on recherchait une protection maximum (3 traitements étaient fréquemment appliqués sur certains essais), des symptômes maladies peuvent apparaître dans les essais, sur les variétés les plus sensibles.



Figure 5 : symptôme de cercosporiose sur variété sensible



Figure 6 : variété sensible à l'oïdium à gauche, résistante à droite.

Il est désormais demandé aux expérimentateurs de noter ces maladies si des symptômes discriminants sont présents. En 2010 peu de notations ont pu être valorisées, car ce n'était pas une pratique habituelle auparavant. En 2011 une journée de formation et d'harmonisation a été organisée pour les expérimentateurs, ce qui a permis de disposer de davantage de notations qui ont pu être regroupées en fin de campagne. L'effort sera poursuivi en 2012.

Azote

Les modules azote impliquent des contraintes importantes pour les expérimentateurs, notamment pour la partie 0N ; après une année de mise en place en 2010, l'année 2011 a permis de consolider le dispositif et de l'améliorer. Sur tous les lieux, les doses conseillées ont été respectées.

En fin de campagne, l'ensemble des résultats des essais et des observations visuelles ont été examinées par les experts du CTPS. Pour un certain nombre de lieux, il a été possible de définir *a posteriori* le statut azoté de la plateforme d'essai : « sur fertilisé », « proche de l'optimum » ou « sous fertilisé ». Le classement en « sur » ou « sous » fertilisé ne signifie pas que l'expérimentateur n'a pas respecté la dose conseillée, mais que le climat réel de l'année a permis une fourniture du sol par minéralisation supérieure ou inférieure à ce qui avait été prévu par le logiciel d'aide à la décision Azofert® qui est basé sur le climat moyen du lieu.

Lieux	Rendement en sucre en % du témoin – témoin : modalité dose conseillée DC		Conclusion
	0 N	DC + 40	
Lieu 1	83	115	sous fertilisé
Lieu 2	81	109	sous fertilisé
Lieu 3	87	119	sous fertilisé
Lieu 4	90	105	sous fertilisé/ optimum
Lieu 5	81	103	sous fertilisé/ optimum
Lieu 6	93	98	optimum
Lieu 7	83	97	optimum
Lieu 8	103	100	sur fertilisé

Tableau 3 : exemple de classification des lieux pour le statut azoté.

L'interprétation est plus difficile pour les lieux où un apport d'amendement organique généralisé avait été réalisé avant l'implantation : il n'y a dans ce cas pas de 0N *sensu stricto*.

CONCLUSION

La mise en place de ce nouveau protocole d'expérimentation à partir de 2010 pour les essais officiels du CTPS avait plusieurs objectifs :

- Réaliser les essais officiels du CTPS selon une conduite raisonnée, basée sur des règles de décisions, pour les traitements fongicides et pour l'azote. On peut considérer que cet objectif a été atteint dans les deux cas :
 - o Depuis la mise en place de ce protocole, le nombre de traitements fongicides a nettement diminué pour être conforme à ce qui est recommandé aux agriculteurs, voire même légèrement inférieur.
 - o Sur tous les sites d'expérimentation, c'est la dose d'azote conseillée par les outils d'aide à la décision qui a été appliquée.
- Pour la partie « maladies du feuillage », par le choix de témoins d'un bon niveau de résistance de déclenchement des traitements, pénaliser les variétés les plus sensibles. Il est encore trop tôt pour pouvoir conclure sur ce point. Il s'agit de mettre en relation les notations maladies des essais avec le rendement, et davantage de données sont nécessaires pour voir si cet objectif est atteint.
- Mieux caractériser les lieux d'essais par des covariables d'environnement pour les maladies du feuillage et le statut azoté. Cet objectif s'inscrit dans une réflexion plus générale de l'ensemble du CTPS sur une meilleure valorisation de l'interaction génotype-environnement. Un début de réponse a commencé à être donné par une première caractérisation du statut azoté des sites d'expérimentation au moyen du marqueur biologique que constitue le module « azote » implanté sur les plateformes d'essais. A terme, le CTPS souhaiterait disposer d'un outil de modélisation *a posteriori* pour la partie azote, et d'une manière générale, de nouveaux outils d'analyse pour la caractérisation des variétés en relation avec les variables d'environnement. L'objectif est aussi de valoriser les informations sur les variétés qui sont recueillies au cours des 2 années d'essais officiels, pour qu'elles soient prises en compte par l'ITB dans la phase de post inscription et de recommandation.

REFERENCES

1. RICHARD, B. : Protocole d'expérimentation - Essais de rendement (champs avec et sans rhizomanie) – DOCVAT/BETS/PROTO/001/IND7 (campagne 2011). Disponible sur www.geves.fr, 2011.
2. ESCRIOU, H.: InoVa: Favoriser une réorientation de la sélection des variétés vers des génétiques moins exigeantes en intrants. IIRB 72^{ème} congrès, 2010.
3. VIALLE, P. : Semences et Agriculture durable, rapport présenté au Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, 2011. Disponible sur <http://agriculture.gouv.fr/>, 2011.

Following: [Figures and tables in English]

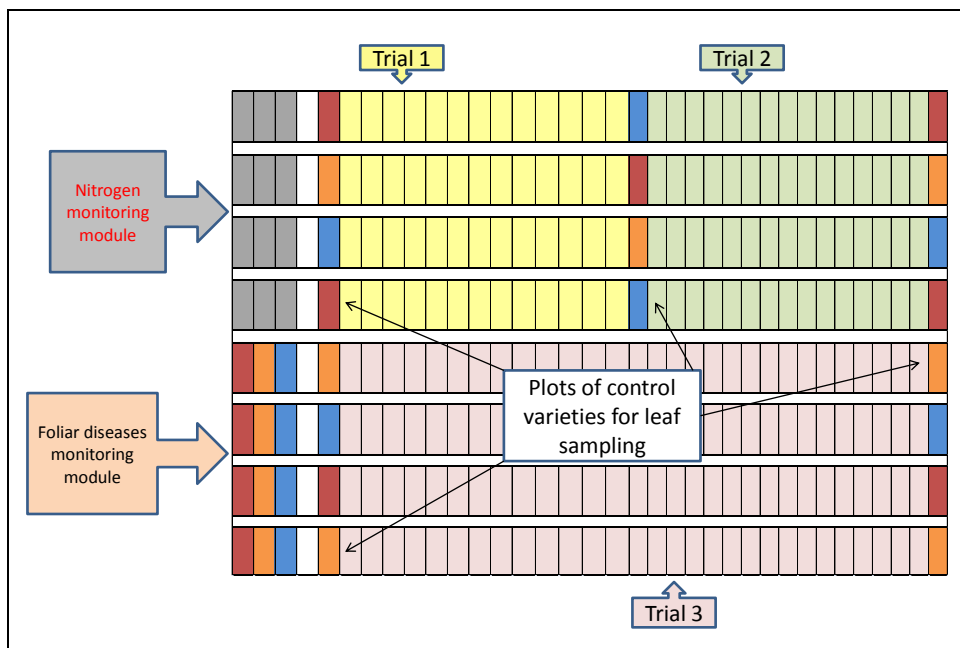


Figure 1: General design with nitrogen and foliar diseases monitoring modules; example on a layout with 3 trials.

Table 1: thresholds for the release of fungicide treatments (number of leaves with symptoms /100).

Foliar disease	Control variety	1st treatment	2 nd treatment	3rd treatment
Powdery mildew	Eleonora KWS	15	30	30
Cercospora	Skipper	5	20	25
Leaf rust	Danube	15	30	40
Ramularia	Eleonora KWS	5	20	25

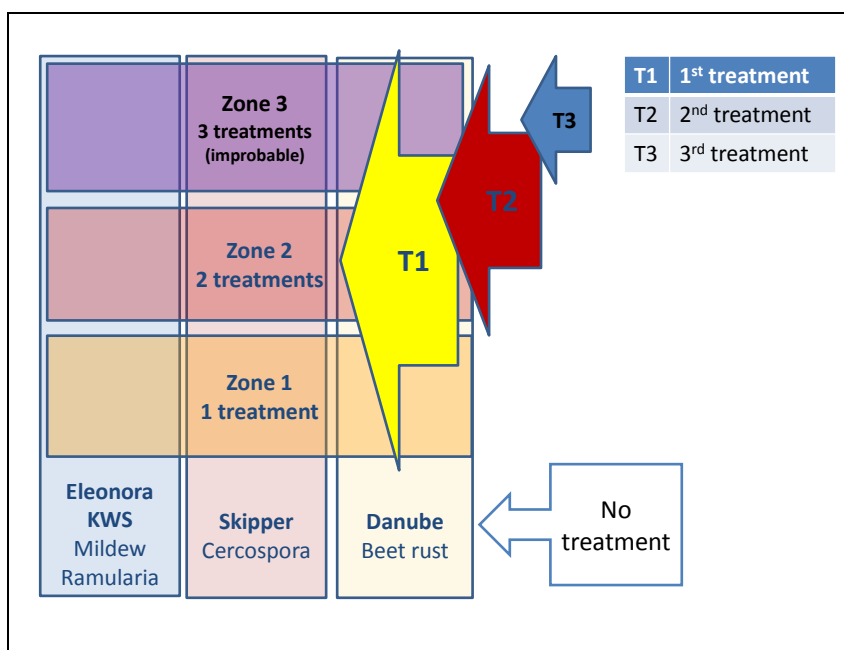


Figure 2: foliar disease monitoring module

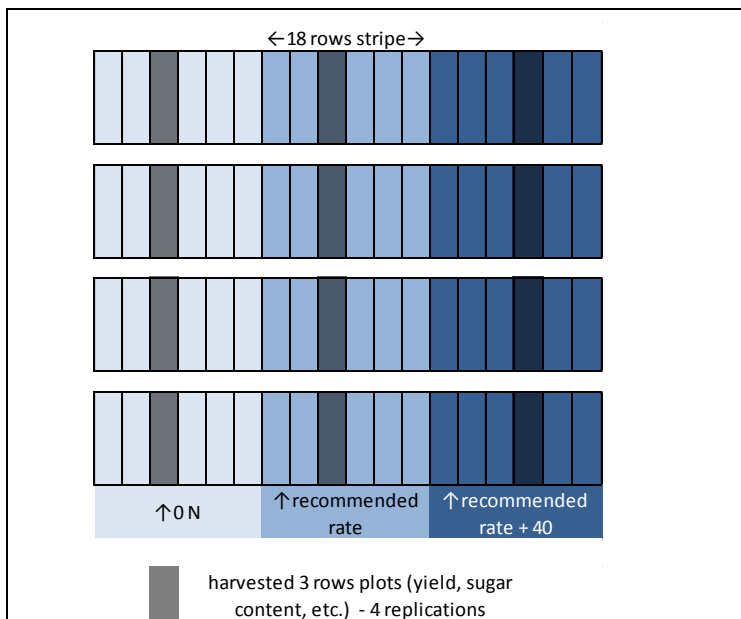


Figure 3: nitrogen monitoring module

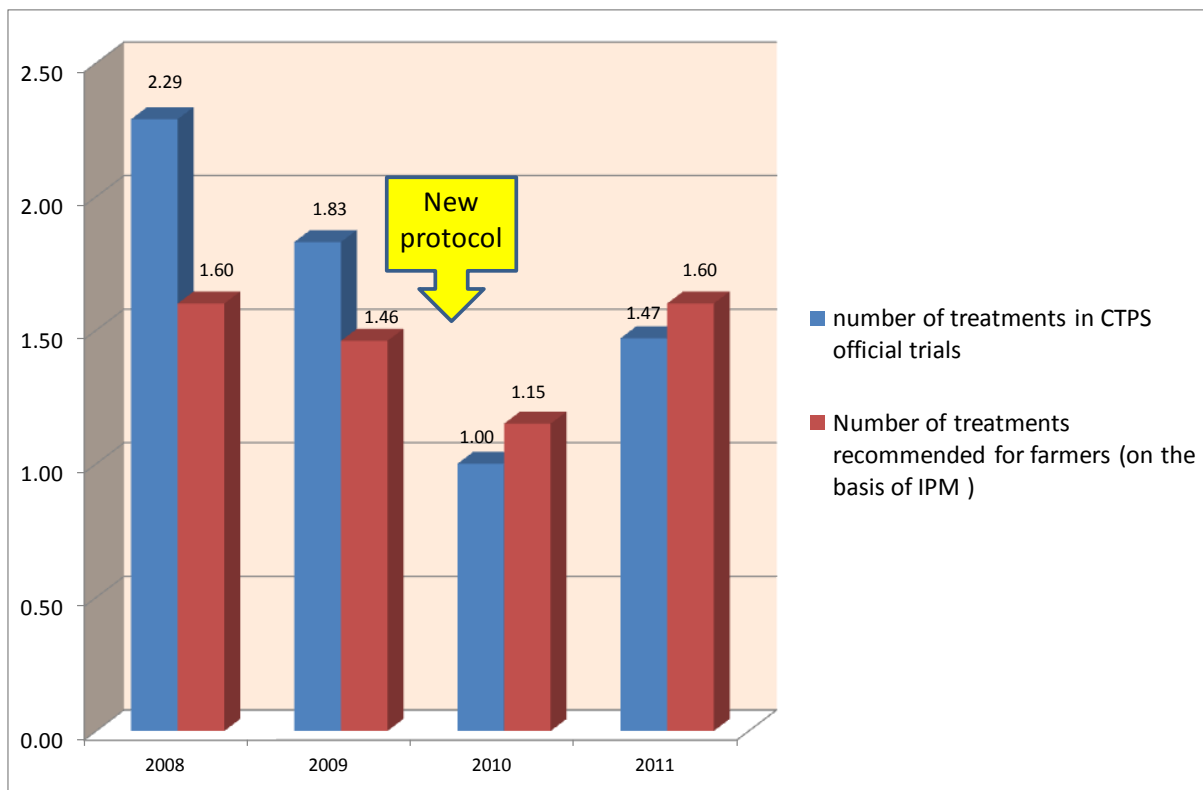


Figure 4: number of treatments in CTPS official trials and recommended for farmers from 2008 to 2011.

Table 2: number of fungicide treatments in 2009 and 2010. T1: 1st treatment; T2: 2nd treatment.

Year/ number of locations		Disease which released the treatment				Total number of treatments
		Powdery mildew	Cercospora	Ramularia	Leaf rust	
2010 18 sites	T1	5	7	2	0	14
	T2	0	3	1	0	4
2011 19 sites	T1	7	5	5	2	19
	T2	2	4	1	2	9



Figure 5: *Cercospora* on a susceptible variety



Figure 6: Powdery mildew: susceptible (left) and resistant (right) variety.

Table 3: nitrogen status of the trials.

Locations	Relative yield of the control plots reference : recommended rate		Conclusion
	0 N	DC + 40	
Loc. 1	83	115	under fertilized
Loc. 2	81	109	under fertilized
Loc. 3	87	119	under fertilized
Loc. 4	90	105	under fertilized / optimum
Loc. 5	81	103	under fertilized / optimum
Loc. 6	93	98	optimum
Loc. 7	83	97	optimum
Loc. 8	103	100	over fertilized

3.7 FRED FÜRSTENFELD¹, THOMAS HETTERICH¹, UND DIETMAR HORN²

¹Bodengesundheitsdienst GmbH, Marktbreiter Str. 74, D – 97199 Ochsenfurt

²EUF-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit, Marktbreiter Str. 74, D – 97199 Ochsenfurt

EVALUATION OF NITROGEN FROM INTERCROPS FOR SUGAR BEETS

ABSTRACT

A survey conducted by the Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) Göttingen for the year 2010 has shown that around 50% of the fields in southern Germany are cultivated with intercrops before sugar beets. 88% of these intercrops are mustard and oilseed radish. Nematode tolerant varieties are used to control *Heterodera schachtii*. Further effects from intercrops are to minimize soil erosion and to protect easily soluble nutrients from dislocation into deeper soil layers over winter. Nutrients taken up by intercrops will be mineralized and available during vegetation period for the following crops. However it was unclear, how nutrients, particular nitrogen from intercrops have to consider for the following sugar beets. For this purpose, over a period of 6 years a total of 42 field trials on loamy soil were applied. With the trials the development of nitrogen in soils and the yield and quality of sugar beets are recorded. The results show that the intercrops significantly reduce the nitrate levels in the soil until the end of the growing season. The nitrogen fertilization to intercrops or the nitrogen compensation for the straw increase the amino-N-content of sugar beet by approximately 2 mmol /1000g root. In comparison with the control without intercrops and without N-fertilization the sugar content of sugar beets from the N fertilized intercrop was approximately 0.1% higher. Without N-fertilization of intercrops the sugar content was 0.2% higher than in the control. Regardless of whether the intercrops were fertilized or not with nitrogen fertilizer the sugar yield came to the same result. That is why it can be concluded that nitrogen from the organic mass of intercrops is not taken into account for the subsequent sugar beet.

EVALUATION DE L'AZOTE ISSU DE L'INTERCULTURE POUR LA BETTERAVE A SUCRE

RESUME

Une étude réalisée par l'Institut de recherches betteravières de Göttingen (IfZ) au cours de l'année 2010, a montré qu'environ 50 % des champs situés dans le sud de l'Allemagne sont cultivés avec des cultures intercalaires avant la culture de la betterave à sucre. 88 % de ces intercultures sont la moutarde et le radis oléagineux. Les variétés tolérantes au nématode de la betterave sont utilisées pour contrôler le nématode *Heterodera schachtii*. Ces cultures intercalaires sont également implantées pour réduire l'érosion des sols et maintenir les éléments nutritifs facilement lessivables dans les couches supérieures du sol durant l'hiver. Les éléments nutritifs absorbés par les cultures intercalaires seront minéralisés et disponibles pendant la période de végétation des cultures qui suivent. Cependant, il fallait préciser la façon dont ces éléments nutritifs sont à prendre en considération pour la betterave à sucre suivante, et en particulier pour l'azote issu des cultures intercalaires. À cette fin, un total de 42 essais au champ sur des sols limoneux a été réalisé sur une période de 6 ans. La dynamique de l'azote dans les sols et le rendement et la qualité des betteraves à sucre ont été déterminés dans ces essais. Les résultats montrent que les cultures intercalaires réduisent significativement les niveaux de nitrate dans le sol jusqu'à la fin de la saison de croissance. La fertilisation azotée issue des cultures intercalaires ou l'apport complémentaire d'azote pour la minéralisation de la paille augmente l'azote alpha aminé de la betterave à sucre d'2 mmol/1000g de racine. En comparaison avec le témoin sans cultures intercalaires et sans apport d'azote, la teneur en sucre des betteraves cultivées après culture intercalaire avec azote était d'environ 0,1 % plus élevée. En absence d'apport d'azote dans les cultures intercalaires, la teneur en sucre était 0,2 % plus élevée que dans le contrôle. Indépendamment de la question de savoir si les cultures intercalaires ont reçu ou non un apport d'engrais azoté, le rendement en sucre arrive au même résultat. C'est pourquoi il peut être conclu que l'azote issu de la masse organique des cultures intercalaires ne doit pas être pris en compte pour la betterave à sucre subséquente.

DIE BEWERTUNG VON STICKSTOFF AUS ZWISCHENFRÜCHTEN FÜR DIE ZUCKERRÜBE

KURZFASSUNG

Die Umfrage des Instituts für Zuckerrübenforschung Göttingen für das Jahr 2010 hat ergeben, dass rund 50 % der Schläge in Süddeutschland mit Zwischenfrüchten vor der Zuckerrübe angebaut werden. Als Zwischenfrüchte dienen zu 88 % Senf und Ölrettich. Der Anbau nematodentoleranter Zwischenfrüchte dient der Bekämpfung von *Heterodera schachtii*. Weiter wirken sich Zwischenfrüchte erosionsmindernd aus und schützen leicht lösliche Nährstoffe vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten über Winter. Die mit den Zwischenfrüchten aufgenommenen Nährstoffe werden über die Mineralisierung im Vegetationszeitraum für die Nachfolgefrüchte wieder verfügbar. Die Wirkungen des Zwischenfruchtanbaus sind also vielfältig. Unklar war jedoch, wie die Nährstoffe, insbesondere Stickstoff, aus der Zwischenfrucht für die Zuckerrübe anzurechnen sind. Dazu wurden über einen Zeitraum von 6 Jahren insgesamt 42 Feldversuche auf mittelschweren Böden angelegt. Dabei wurde die Entwicklung des Stickstoffs im Boden gemessen und die Erträge und Qualitäten der folgenden Zuckerrübe erfasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zwischenfrucht den Nitratgehalt im Boden bis zum Ende der Vegetationsperiode deutlich vermindert. Eine N-Düngung zur Zwischenfrucht oder als N-Ausgleich für den Strohabbau erhöhte den Amino-N-Gehalt der Zuckerrübe um ca. 2 mmol/1000g Rübe. Im Vergleich zur Kontrolle ohne Zwischenfrucht und ohne N-Düngung lag der Zuckergehalt in der mit N gedüngten Zwischenfrucht im Mittel um 0,1 % höher. Ohne N-Düngung der Zwischenfrucht lag der Zuckergehalt sogar um 0,2 % höher als in der Kontrolle. Unabhängig, ob die Zwischenfrucht nicht oder mit Stickstoff gedüngt wurde, lag der bereinigte Zuckerertrag gleich hoch. Deshalb kann geschlossen werden, dass Stickstoff aus der organischen Masse von Zwischenfrüchten für die nachfolgende Zuckerrübe nicht anzurechnen ist.

EINLEITUNG

In Süddeutschland werden rund 50% der Schläge vor der Zuckerrübe mit Zwischenfrüchten angebaut. Dies hat die Umfrage im Jahr 2010 von Südzucker und dem Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen ergeben. 38% dieser Zwischenfrüchte entfallen auf Senf, jeweils 4% auf Ölrettich und Phacelia sowie sonstige Zwischenfrüchte. Vielfach sind die eingesetzten Zwischenfrüchte nematodenresistent. Der Anbau nematodentoleranter Zwischenfrüchte dient der Bekämpfung von *Heterodera schachtii*. Weiterhin wirken sich Zwischenfrüchte erosionsmindernd aus und schützen leicht lösliche Nährstoffe vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten über Winter. Die mit den Zwischenfrüchten aufgenommenen Nährstoffe werden über die Mineralisierung im Vegetationszeitraum für die Nachfolgefrüchte wieder verfügbar. Die Wirkungen des Zwischenfruchtanbaus sind also vielfältig. Unklar war jedoch, wie die Nährstoffe, insbesondere Stickstoff, aus der Zwischenfrucht für die Zuckerrübe anzurechnen sind.

MATERIAL UND METHODEN

Über einen Zeitraum von 6 Jahren zwischen 2002 und 2007 wurden insgesamt 43 Feldversuche auf mittelschweren Böden angelegt. Dabei wurde die Entwicklung des Stickstoffs im Boden, beginnend von der Vorfrucht der Zuckerrübe im Vorjahr bis zum Ende der Vegetationsperiode sowie zur Aussaat der Zuckerrübe im Frühjahr gemessen und die Erträge und Qualitäten der folgenden Zuckerrübe erfasst.

Durchführung

Die Feldversuche wurden im Sommer nach der Vorfrucht Getreide als Streifenversuch mit 4 Varianten angelegt. Jeder Streifen hatte eine Breite von 12 bis 18 m. Die Aufteilung der Varianten geht aus nachfolgender Abbildung hervor:





- Variante 1: ohne Zwischenfrucht im Herbst, keine mineralische oder organische Düngung vor dem Anbau der Zuckerrübe (= Kontrolle): 
- Variante 2: ohne Zwischenfrucht im Herbst, mit mineralischer oder organischer Düngung zur Zwischenfrucht vor dem Anbau der Zuckerrübe (N-Düngung zu Stroh): 
- Variante 3: mit Zwischenfrucht im Herbst, keine mineralische oder organische Düngung zur Zwischenfrucht vor dem Anbau der Zuckerrübe: 
- Variante 4: mit Zwischenfrucht im Herbst, mit mineralischer oder organischer Düngung zur Zwischenfrucht vor dem Anbau der Zuckerrübe: 



Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Bewertung des Stickstoffs aus Zwischenfrüchten für die Zuckerrübe

Figure 1: Field trial for evaluation of nitrogen from intercrops for sugar beets

Figure 1: Essai in situ pour l'évaluation de l'azote issu de l'interculture pour la betterave à sucre

Die Probenahme für die Bestimmung des verfügbaren Stickstoffs mit dem Verfahren der Elektro-Ultrafiltration (EUF) erfolgte im Sommer des Vorjahres in der Vorkultur, im Herbst nach dem Ende der Vegetationsperiode (n = 43) sowie im Frühjahr zu Vegetationsbeginn in 0 – 60 cm (n=19).

Im Frühjahr wurde eine betriebsübliche Stickstoffdüngung verabreicht. In den Jahren 2005 – 2007 wurden die Feldversuche zusätzlich im Frühjahr ohne jegliche N-Düngung angelegt (n=19).

Die Beerntung erfolgte in jedem Streifen mit jeweils 4 Parzellen á 10 m² mit der Hand. Für die Zuckerrüben wurden das Erntegewicht, die Gehalte an Zucker, Kalium, Natrium und Amino-N festgestellt.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Entwicklung an EUF-N (NO₃-N, löslicher organischer N) vom Sommer während der Vegetationszeit der Zwischenfrüchte bis Herbst

Nach dem Ende der Vorfrucht wurden mittels EUF insgesamt 151 kg N/ha als Nitrat und löslicher organischer N gefunden. Bis zum Ende des Vegetationsperiode im Herbst nahm der EUF-N-Gehalt in der Kontrolle (ohne Zwischenfrucht und ohne N-Düngung) um 14 kg/ha zu. Diese Zunahme ist auf die N-Mineralisierung im Boden zurückzuführen. Wird zusätzlich Stickstoff als N-Düngung zur besseren Strohhütte mit 50 kg N/ha (mineralisch oder organisch) verabreicht, erhöht sich der EUF-N-Gehalt des Bodens um weitere 31 kg N/ha. Der Anbau einer Zwischenfrucht ohne N-Düngung vermindert den EUF-N-Gehalt im Boden gegenüber der Kontrolle um 22 kg N/ha bis zum Herbst. Wird die angebaute Zwischenfrucht zusätzlich mit 50 kg N/ha (mineralisch oder organisch) gedüngt, wird der EUF-N-Gehalt des Bodens gegenüber dem Ausgangswert im Sommer praktisch nicht verändert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

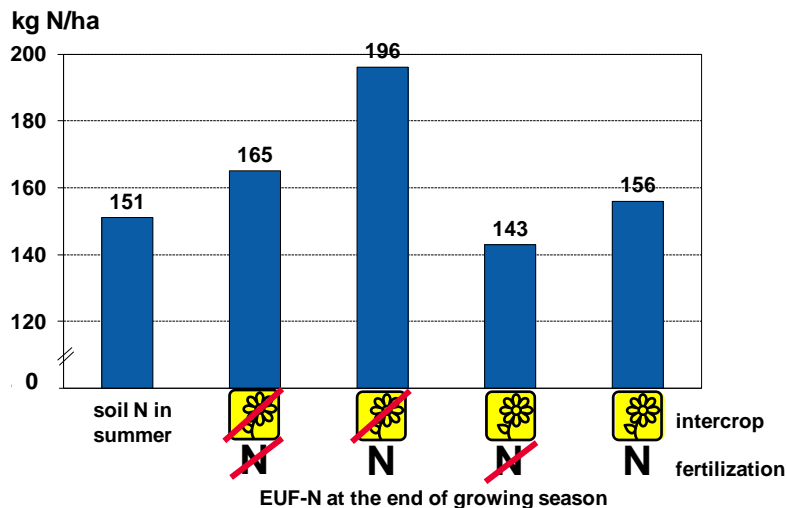


Abbildung 2: Entwicklung von EUF-N (Nitrat, löslicher organischer N) von Sommer während der Vegetationsperiode der Zwischenfrüchte mit und ohne N-Düngung

Figure 2: Development of EUF-N (nitrate, soluble organic N) from summer during growing season of intercrops and with or without N fertilization

Figure 2: La dynamique de l'azote dans les sols (nitrate, soluble organique nitrogène) dès l'été pendant la période de végétation de l'interculture avec et sans fertilisation d'azote

Einfluss der Zwischenfrüchte auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe

Einfluss auf den Amino-N-Gehalt der Zuckerrübe

Die Düngung von Stickstoff (50 kg/ha) mit und ohne Anbau einer Zwischenfrucht erhöht den Amino-N-Gehalt der nachfolgenden Zuckerrübe beträchtlich (Abbildung 2). Die Zunahme durch die N-Düngung im Vorjahr beträgt gegenüber der Kontrolle (ohne Zwischenfrucht und ohne N-Düngung) 1,32 bzw. 1,45 mmol/1000 g Rübe. Wird die Zwischenfrucht nicht mit N gedüngt, vermindert sich der Amino-N-Gehalt der Zuckerrübe um 0,2 mmol/1000 g Rübe.

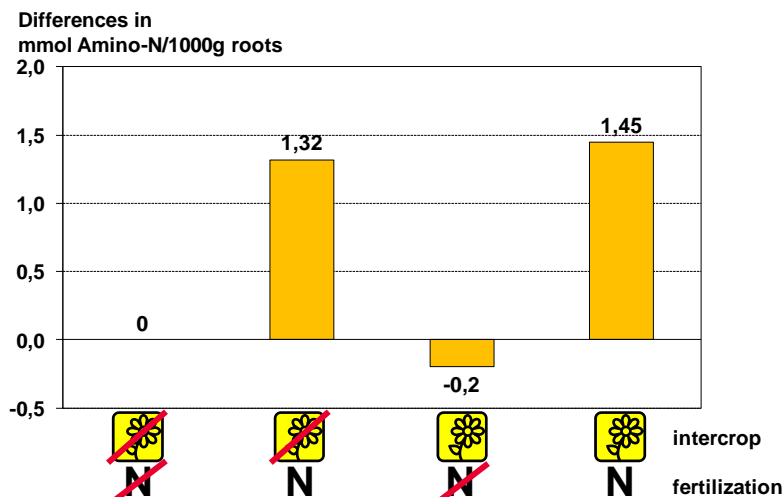


Abbildung 3: Veränderung im Amino-N durch Anbau von Zwischenfrüchten mit und ohne N-Düngung im Vergleich zur Kontrolle (ohne Zwischenfrucht, ohne N-Düngung)

Figure 3: Differences in amino-N by intercrops with and without N fertilization compared to control (without intercrop, without N fertilization)

Figure 3: Variation d'azote aminé par l'implantation des intercultures avec et sans fertilisation d'azote en comparaison à la contrôle (sans l'interculture, sans fertilisation d'azote)

Einfluss auf den Zuckergehalt der Zuckerrübe

Die Düngung von Stickstoff (50 kg/ha) als N-Ausgleichsdüngung zum Stroh verminderte den Zuckergehalt der Rübe im Mittel um 0,06 % gegenüber der Kontrolle (Abbildung 4). Der Anbau von Zwischenfrüchten erhöhte den Zuckergehalt mit 0,20 % beträchtlich, insbesondere, wenn die Zwischenfrucht nicht mit N gedüngt wird. Wird die Zwischenfrucht mit 50 kg N/ha gedüngt, so wird dennoch im Mittel 0,11 % mehr im Gehalt an Zucker gemessen. Die Zwischenfrucht wirkt somit positiv auf den Zuckergehalt der nachfolgenden Zuckerrübe.

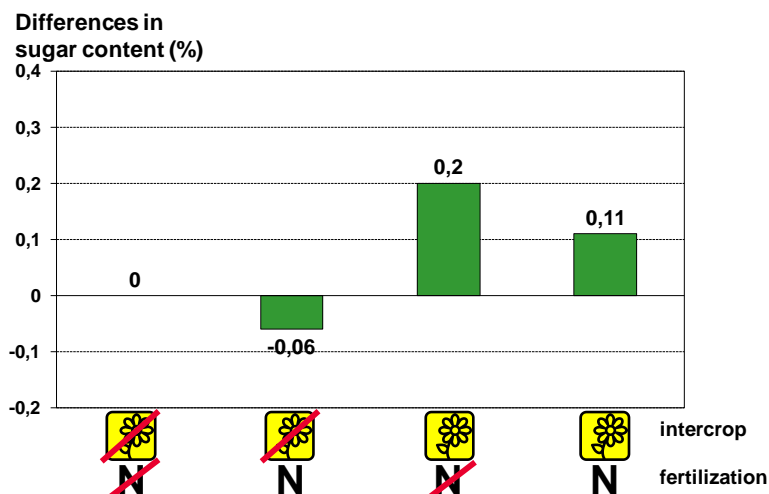


Abbildung 4: Veränderung im Zuckergehalt durch Anbau von Zwischenfrüchten mit und ohne N-Düngung im Vergleich zur Kontrolle (ohne Zwischenfrucht, ohne N-Düngung)

Figure 4: Differences in sugar content by intercrops with and without N fertilization compared to control (without intercrop, without N fertilization)

Figure 4: Variations des teneurs en sucre par l'implantation des intercultures avec et sans fertilisation d'azote en comparaison à la contrôle (sans l'interculture, sans fertilisation d'azote)

Einfluss auf den Zuckerertrag der Zuckerrübe

Der Anbau einer Zwischenfrucht sowie N-Düngung zur Zwischenfrucht hatte praktisch keinen Einfluss auf den Zuckerertrag. Es zeigten sich keine Unterschiede im Zuckerertrag, unabhängig davon, ob die Zwischenfrucht mit Stickstoff (50 kg/ha) gedüngt wurde oder ohne N-Düngung blieb (Abbildung 5). Aus diesem Grund kann geschlossen werden, dass Stickstoff aus Zwischenfrüchten für die nachfolgende Zuckerrübe nicht anzurechnen ist.

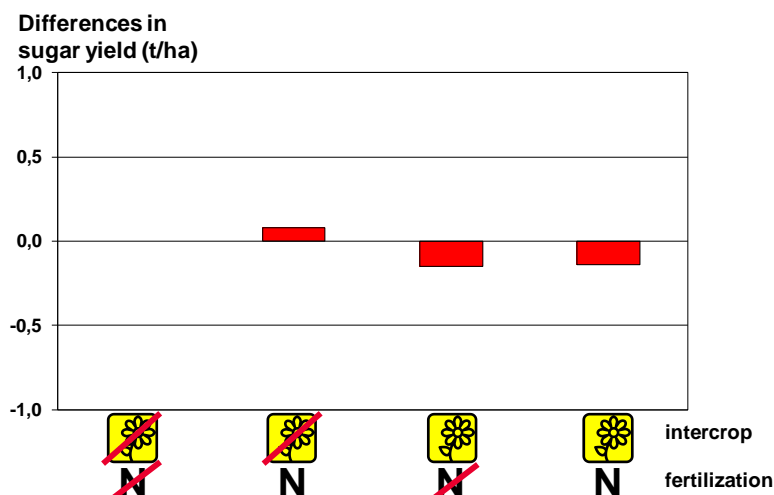


Abbildung 5: Veränderung im Zuckerertrag durch Anbau von Zwischenfrüchten mit und ohne N-Düngung im Vergleich zur Kontrolle (ohne Zwischenfrucht, ohne N-Düngung)

Figure 5: Differences in white sugar yield by intercrops with and without N fertilization compared to control (without intercrop, without N fertilization)

Figure 5: Variations des rendements du sucre par l'implantation des intercultures avec et sans fertilisation d'azote en comparaison à la contrôle (sans l'interculture, sans fertilisation d'azote)

SCHLUSSFOLGERUNG

- Die Entwicklung des Stickstoffs im Boden wird durch die N-Düngung und Zwischenfrüchten beeinflusst und kann mit der EUF-Methode gemessen werden.
- Die N-Ausgleichsdüngung zum Stroh erhöhte den Amino-N von Zuckerrüben beträchtlich.
- Der Anbau von Zwischenfrüchten erhöhten den Zuckergehalt beträchtlich, den Zuckerertrag praktisch nicht.
- Die nicht oder mit Stickstoff gedüngten Zwischenfrüchte führten zum gleichen Zuckerertrag. Deshalb kann geschlossen werden, dass Stickstoff aus der organischen Masse von Zwischenfrüchten für die nachfolgende Zuckerrübe nicht anzurechnen ist.

CONCLUSION

- The development of N in soils influenced by N fertilization and intercrops can be measured by EUF-method.
- N fertilization to straw or intercrops increases amino-N of sugar beets considerably.
- Intercrops raise sugar content, but differences in sugar yield were not significant.
- N fertilized or not N fertilized intercrops have same sugar yield, therefore N from intercrops is not taken into account for subsequent sugar beets.

3.8 THOMAS APPEL¹, JOHANNA SEELIG, KATHARINA VENN, DIETMAR HORN²

¹University of Applied Science Bingen, Berlinstr. 109, D – 55411 Bingen

²EUF-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit, Marktbreiter Str. 74, D – 97199 Ochsenfurt

BORON AVAILABILITY FOR SUGAR BEETS AS RELATED TO BORON FERTILIZATION, LIMING AND THE CARBONATE CONTENT OF SOILS

ABSTRACT

Boron is essential for many physiological functions in plants, although it is very low concentrated in the plant biomass. Dicotyledonous plants, such as sugar beets, need an about five times higher boron concentration in the leave tissue than monocots such as cereals. Most of the boron in soils is not available for plants and particularly in soils with pH-values above 6, boron is adsorbed at clay mineral surfaces. Boron deficiency is, therefore, mostly reported from clayey and calcareous soils.

Contrariwise, the most common soil extraction methods used in Germany for the boron fertilizer recommendations, the electro-ultra-filtration (EUF) and the extraction with diethylen-triamin-penta-acetate (CAT-method), extract more boron from calcareous soils than from soils deficient in lime. In order to clarify this discrepancy, we carried out two pot experiments with sugar beets using soils of different lime content with and without boron amendment. We extracted the soils using EUF and the CAT-method and we analyzed the boron concentration in the leaves of the sugar beets grown on the different soils.

The results suggest that both extraction methods are capable to differentiate the soils accordingly to its plant available boron. This was found even in the calcareous soils with high soil pH-values. However, the results also suggest that the boron extracted from calcareous soils need to be less accounted for the fertilizer recommendations than that extracted from non-limy soils.

DISPONIBILITE DU BORE POUR LA BETTERAVE A SUCRE SELON L'APPORT DE BORE, LE CHAULAGE ET LA TENEUR EN CARBONATE DANS LE SOL

RESUME

Le bore est essentiel pour de nombreuses fonctions physiologiques chez les plantes, bien qu'il soit en très faible concentration dans la biomasse végétale. Les plantes dicotylédones, telle que la betterave à sucre, ont besoin d'environ cinq fois plus de concentration en bore dans les tissus foliaires que les monocotylédones comme les céréales. La plupart du bore présent dans les sols n'est pas disponible pour les plantes et en particulier dans les sols avec des valeurs de pH supérieures à 6,0, le bore étant alors adsorbé à la surface des minéraux argileux. La carence en bore est, par conséquent, surtout signalée dans les sols argileux et calcaires.

En revanche, les méthodes les plus courantes d'analyse du sol utilisées en Allemagne pour les avis de fertilisation à base de bore, soit l'électro-ultra-filtration (EUF) et l'extraction avec le diéthylène-triamine-penta-acétate (CAT-méthode), extraient plus de bore dans les sols calcaires que dans les sols déficients en chaux. Afin de clarifier cette divergence, nous avons effectué deux expériences en pots avec des betteraves à sucre cultivées dans des sols avec différents teneurs en chaux et avec et sans apports de bore. Nous avons analysé les sols à l'aide de la méthode EUF et à l'aide la méthode CAT et nous avons analysé la concentration en bore dans les feuilles des betteraves à sucre cultivées dans ces différents sols.

Les résultats suggèrent que les deux méthodes d'extraction sont capables de différencier les sols selon leur aptitude à permettre aux plantes d'assimiler le bore. Cela a été démontré, même dans les sols calcaires avec des valeurs élevées de pH du sol. Cependant, les résultats suggèrent également que dans les recommandations de fertilisation à base de bore, les teneurs recommandées doivent être moins élevées dans les sols calcaires par rapport aux sols non-calcaires.

BOR-VERFÜGBARKEIT FÜR DIE ZUCKERRÜBE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER BOR-DÜNGUNG, DER KALKUNG UND DEM CARBONATGEHALT DER BÖDEN

KURZFASSUNG

Bor ist ein Mikronährstoff, der in den Pflanzen nur in geringen Mengen vorkommt. Dennoch ist dieser Nährstoff für viele Funktionen in den Pflanzen sehr wichtig. Der Bor-Bedarf dikotyler Pflanzen – wie der Zuckerrüben – ist ca. fünfmal höher als der von Gramineen. Der größte Bor-Anteil im Boden ist für die Pflanzen nicht verfügbar. Allgemein wird angenommen, dass die Bor-Verfügbarkeit in einem höheren pH-Bereich abnimmt. Deshalb tritt Bor-Mangel vor allem auf ton- und kalkreichen Böden auf.

Andererseits wird mit den beiden in Deutschland gebräuchlichen Bodenuntersuchungsmethoden, der Extraktion mit Diethylentriaminpentaessigsäure (CAT-Methode) und der Elektro-Ultra-Filtration (EUF), auf den schweren Carbonatböden besonders viel Bor extrahiert. Um diesen Widerspruch aufzuklären, wurde ein Bor-Düngungsversuch im Gewächshaus mit Zuckerrüben unter Verwendung von drei Böden durchgeführt, die unterschiedliche pH-Werte und unterschiedliche Kalkgehalte aufwiesen.

Es zeigte sich, dass die EUF- und die CAT-Methode zur Bestimmung der Bor-Verfügbarkeit gut geeignet sind, weil sie auch im Carbonatboden bei hohen pH-Werten die Bor-Verfügbarkeit differenzieren können. Allerdings müssen die aus carbonathaltigen Böden extrahierten Bor-Gehalte anders bewertet werden als die Bor-Gehalte in Böden, die kein oder nur sehr wenig Carbonat enthalten.

EINLEITUNG

Bor ist ein Mikronährstoff, der in den Pflanzen nur in geringen Mengen vorkommt. Dennoch ist dieser Nährstoff für viele Funktionen in den Pflanzen sehr wichtig. Der Bor-Bedarf dikotyler Pflanzen - wie der Zuckerrüben - ist ca. fünfmal höher als der von Getreide. Der größte Bor-Anteil im Boden ist für die Pflanzen nicht verfügbar. Für die Düngeberatung werden deshalb Bodenuntersuchungen benötigt, die nicht das gesamte im Boden vorhandene Bor, sondern nur den pflanzenverfügbaren Anteil erfassen. Das lösliche Bor besteht hauptsächlich aus der Borsäure, welche im höheren pH-Bereich eine Lewis-Säure bildet. Das dabei entstandene Bor-Anion kann somit von Aluminium-, Eisenoxiden und Tonmineralien adsorbiert werden. Bor-Mangel tritt deshalb vor allem auf ton- und kalkreichen Böden auf (MARSCHNER 1986).

Mit der Elektro-Ultrafiltration (EUF) wird allerdings häufig mehr Bor aus carbonathaltigen Böden extrahiert als aus carbonatarmen (Abbildung 1). FRITSCH (2010) extrahierte mit Diethylen-Triamin-Penta-Essigsäure (CAT-Methode) im Rahmen eines Mikronährstoffmonitorings zahlreiche Böden, auf denen Raps angebaut wurde, in Rheinland-Pfalz. Er fand mit der CAT-Methode tendenziell höhere Bor-Gehalte in den Böden von Standorten, die höhere pH-Wert aufwiesen und er analysierte dort auch tendenziell höhere Bor-Konzentrationen in den Blättern der Rapspflanzen (Abbildung 2).

Um diesen Widerspruch zwischen Lehrmeinung und Untersuchungspraxis aufzuklären, wurde ein Bor-Düngungsversuch im Gewächshaus mit Zuckerrüben unter Verwendung von drei Böden durchgeführt (Versuch 1). Die Böden unterschieden sich im pH-Wert und im Kalkgehalt. Außerdem wurde ein zweiter Versuch im Freiland durchgeführt (Versuch 2), bei dem Zuckerrüben auf einem carbonathaltigen und einem carbonatarmen Boden ausgesät wurden, die vor mehr als 20 Jahren mit unterschiedlich hohen Mengen an gefrittetem Bor gedüngt worden waren.

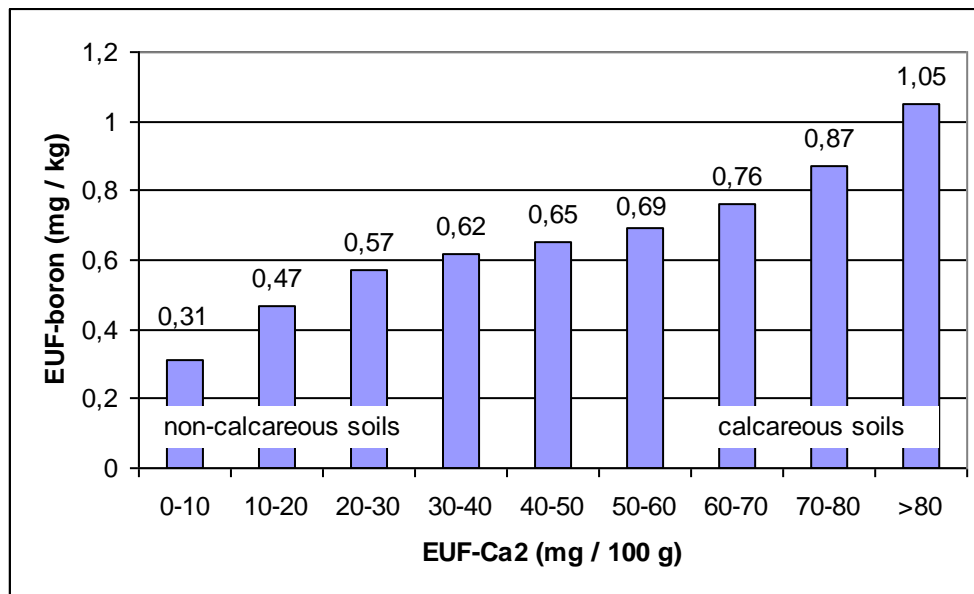


Abbildung 1: EUF-extrahierbares Bor in $n = 165.000$ Böden, klassifiziert nach unterschiedlichem EUF-Ca₂-Gehalt (der EUF-Ca₂-Gehalt ist das bei 80°C in der 2. EUF-Fraktion extrahierbare Calcium und fungiert bei der EUF-Methode als ein Indikator für den Kalkgehalt eines Bodens), Quelle: HORN, D., Vortrag VDLUFA-Kongress 2007

Figure 1: EUF-extractable boron in $n = 165,000$ soils, classified according to different EUF-Ca₂-concentrations (the EUF-Ca₂-concentration represents the Ca extracted as 2nd EUF-fraction at 80°C, serving as an indicator for the carbonate content of a soil), source: HORN, D., oral paper at the VDLUFA congress 2007

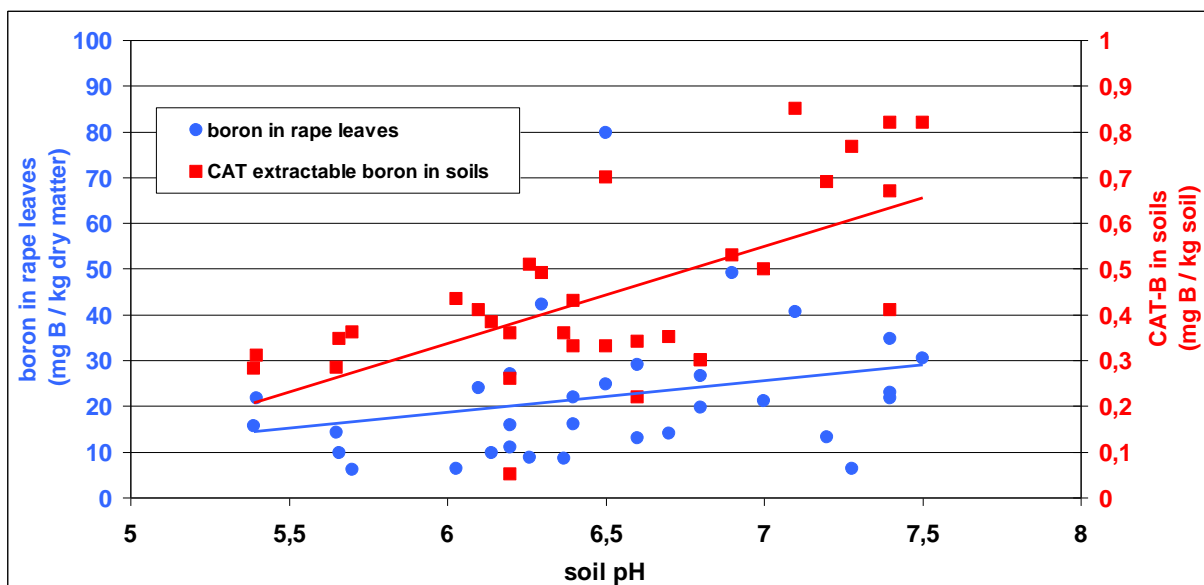


Abbildung 2: Bor in den Blättern von Raps und CAT-extrahierbares Bor in Böden in Abhängigkeit vom pH-Wert der Böden, Quelle: FRITSCH, F. Vortrag in Münchweiler 2010, Grafik verändert

Figure 2: Boron in leaves of rape and CAT-extractable boron in soils as related to the soil pH-values, source: FRITSCH, F., oral paper in Münchweiler 2010, figure changed

MATERIAL UND METHODEN

Versuch 1

Im Jahr 2010 wurde die Datenbank des Bodengesundheitsdienstes (BGD) der Südzucker AG in Ochsenfurt nach Standorten durchsucht, die möglicherweise Bor-Mangel ausweisen könnten. Insgesamt 14 Böden wurden ausgewählt und die Standorte erneut beprobt. Je 1 kg Boden wurde von diesen Standorten beschafft und EUF-Bor, pH-Wert und Carbonat bestimmt. Anhand dieser Analysen wurden dann drei Böden endgültig für den Versuch ausgewählt:

- Boden 1: Carbonatarmer Boden, pH-Wert 6,39
- Boden 2: Carbonatarmer Boden, pH-Wert 5,50 = „saurer Boden“
- Boden 3: Carbonathaltiger Boden, pH-Wert 7,31

Diese drei Böden wurden für einen Gefäßversuch mit Zuckerrüben, der in einem Folientunnel durchgeführt wurde, verwendet. Das Versuchsdesign beinhaltete drei kreuzklassifizierte Faktoren in vierfacher Wiederholung:

- Faktor 1: Boden 1, 2 und 3 (6,5 kg Boden-TS/Gefäß)
- Faktor 2: Bor-Düngung mit den beiden Faktorstufen ohne und mit Bor (0,5 mg/kg)
- Faktor 3: Kalkung mit den beiden Faktorstufen ohne und mit CaO (0,784 g/kg)

Die Varianten erhielten alle die gleiche Menge an Grundnährstoffen N, P und K sowie die gleiche Menge an Mikronährstoffen; sie unterschieden sich lediglich in der Kalkung (mit und ohne CaO) und der Bor-Düngung (mit und ohne Bor). Die Dünger wurden für jedes Gefäß separat eingewogen und beim Ansetzen mit dem Boden vermischt. Anschließend wurden die Böden befeuchtet und zwei Wochen im Gewächshaus stehen gelassen („Inkubationszeit“). Danach wurde aus jedem Gefäß eine Bodenprobe für die spätere Analyse entnommen und die Rüben ausgesät. Die Bodenproben wurden auf den pH-Wert (CaCl₂) und mit drei unterschiedlichen Methoden auf den extrahierbaren Bor-Gehalt untersucht:

- Methode 1: EUF-Methode (VDLUFA-Methodenbuch A6-4-2)
- Methode 2: CAT-Methode (VDLUFA-Methodenbuch A6-4-1)
- Methode 3: Heißwasserlösliches Bor (HWL-Bor), (VDLUFA-Methodenbuch A7-1-1)

Nach dem Auflaufen wurde so pikiert, dass die fünf stärksten Pflanzen stehen blieben (Abbildung 3). Weitere Details zur Durchführung sind in der Bachelor-Arbeit von SEELIG (2011) beschrieben.



Abbildung 3: Gewächshausversuch mit Zuckerrüben in Mitscherlichgefäßen (links junger Rübenaufwuchs, rechts am Tag der Ernte)

Figure 3: Greenhouse experiment with sugar beets in Mitscherlich pots (left: young plants, right: plants at the day of harvest)

Acht Wochen nach dem Auflaufen (BBCH-Stadium 17) wurden die Zuckerrüben geerntet. Die Blätter wurden von den Rübenkörpern entfernt, bei 40°C in einem Trockenschrank mit Ventilator getrocknet und die getrocknete Blattmasse anschließend in einer Zentrifugalmühle pulverisiert. Proben des gemahlene Blattmaterials wurden mittels Mikrowellen Druckaufschlusses aufgeschlossen und Nährstoffe in Salpetersäure gelöst. Diese Aufschlusslösungen sowie auch die Eluate der Bodenextrakte wurden mittels ICP-OES im Justus-Liebig-Labor in Rain am Lech auf ihre Elementgehalte analysiert.

Versuch 2

Bei dem zweiten Versuch handelt es sich um einen Langzeitversuch, der bereits im Jahr 1990 im Zuge einer Diplomarbeit (Scheid, 1991), als Freiland-Gefäßversuch auf dem Gelände der Fachhochschule Bingen angelegt worden war.

Hierfür wurden 24 Kunststoffässer (30 l) in ein Kiesbett eingegraben (Abbildung 4). Die obersten 22 cm der Äsler wurden mit zwei verschiedenen Böden befüllt, einem carbonatarmen Boden aus diluvialem Auensediment, der Nahe bei Bingen, Deutschland (pH 6,0, <0,1 % CaCO₃) und einem carbonathaltigen Boden aus Rommersheim, in Rheinhessen, Deutschland (pH 7,6, 15,8 % CaCO₃). In die obersten 8 cm wurde gefrittetes Bor als Bor-Vorratsdüngung gemischt. Um Staunässe zu verhindern, sind die Gefäße unten offen und im unteren Teil mit Kies gefüllt.

Der Bor-Dünger bestand aus Borfritten, die in unterschiedlichen Düngestufen (0, 15, 30 und 60 mg Bor / kg Oberkrume) in die oberen 8 cm eingearbeitet wurden. Die Borfritten wurden von der Firma Ferro in Kaiserslautern hergestellt. Gefrittete Spurenelemente stellen langsam lösliche Gläser dar, die den Pflanzen entsprechend ihrem Bedarf Spurenelemente freisetzen können. Die eingebauten Spurenelemente, wie hier Borsäure (B₂O₃), werden zur Herstellung von Gläsern als Netzwerkbildner benötigt (SCHEID, 1991). Weitere Details der Durchführung des Versuchs sind in der Projektarbeit von VENN (2011) beschrieben.



Abbildung 4: Gefäßversuch mit Zuckerrüben im Freiland

Figure 4: Outdoor pot experiment with sugar beets

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Gefäßversuch mit Rüben im Folientunnel (Versuch 1)

Blattmasse und Bor-Konzentration in den Blättern

Auf dem sauren und auf dem carbonathaltigen Boden war der Blattmasseertrag etwa gleich hoch und weder durch die Bor-Düngung noch durch die Kalkung beeinflusst worden. Auf dem Boden mit dem mittlerem pH-Wert (Boden 1) war der Blattertrag geringer. Die Bor-Düngung hatte bei diesem Boden ebenfalls keinen Effekt auf die geerntete Blattmasse. Allerdings wirkte sich hier die Kalkung negativ auf das Wachstum der Zuckerrüben aus (Abbildung 5), so dass weniger Blattmasse geerntet wurde. Für diese negative Wirkung des Kalkens haben wir keine Erklärung gefunden. Die Analyse der Mikronährstoffe in den Blättern (Daten nicht gezeigt), lieferte keinen Anhaltspunkt für Mikronährstoffmangel, der durch das Kalken möglicherweise hätte induziert sein können. Die durch das Kalken hervorgerufene Wachstumsdepression wirkte sich auf die Bor-Konzentration in den Blättern sogar positiv aus (Abbildung 6). Die Bor-Aufnahme war in den gekalkten Varianten also nicht beeinträchtigt. Auf allen drei Böden erhöhte die Bor-Düngung die Konzentration an Bor in den Blättern. Die Bor-Konzentration in den Blättern zeigte also die für die Verfügbarkeit des Bors für die Zuckerrüben an. Die Bor-Konzentrationen in den Blättern auf dem carbonathaltigen Boden und dem Boden mit dem sauren pH zeigten diesen Bor-Düngungseffekt besonders deutlich an.

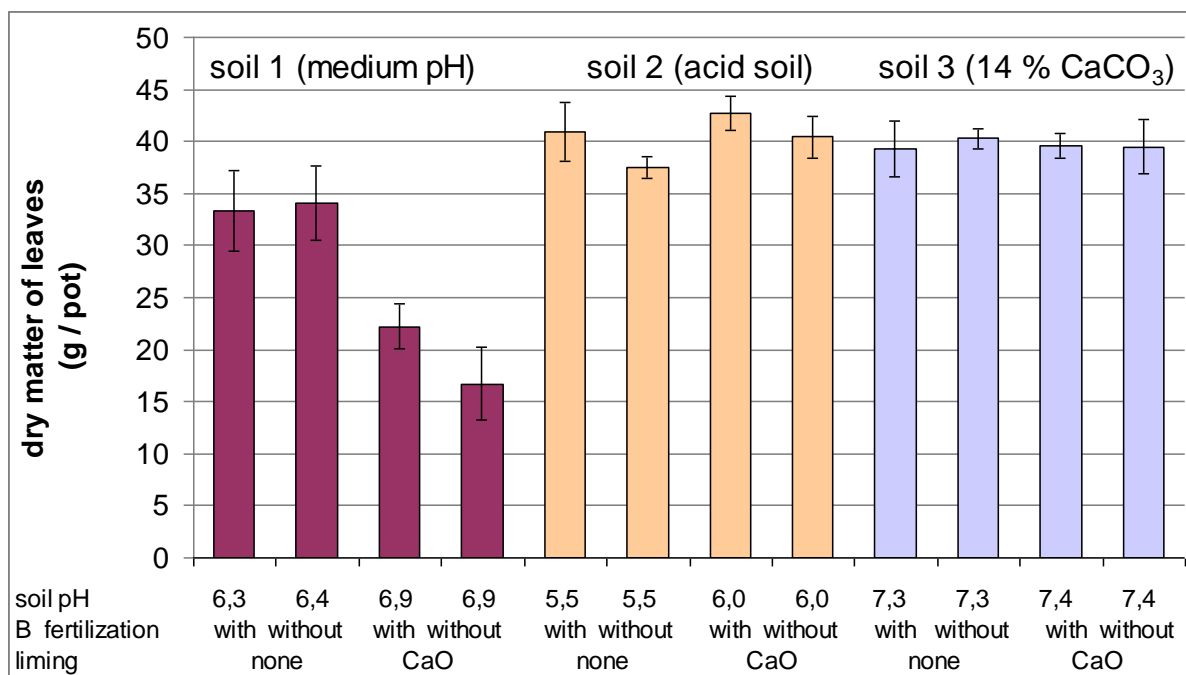


Abbildung 5: Blatt-Ertrag im Folientunnel-Versuch mit Zuckerrüben in Abhängigkeit vom Boden, der Bor-Düngung und der Kalkung ; die angezeigten pH-Werte wurden nach der zweiwöchigen Inkubation der Böden mit den Düngern gemessen ; Mittelwerte von $n = 4$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 5: Yield of leaves in the greenhouse pot experiment with sugar beets as related to the soil, the boron fertilization and the liming ; the pH-values were measured in the soils after the two week incubation period with the incorporated fertilizers ; means of $n = 4$ replicates \pm standard error

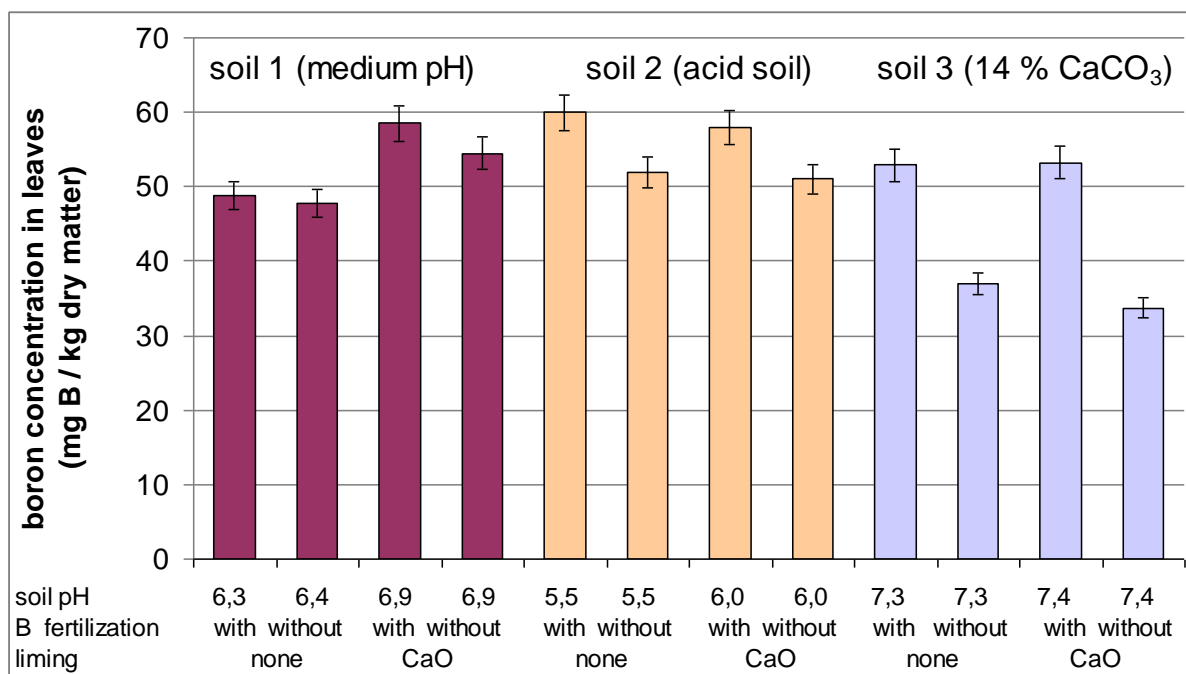


Abbildung 6: Bor-Konzentration in den Rübenblättern des Folientunnel-Versuchs in Abhängigkeit vom Boden, der Bor-Düngung und der Kalkung ; die angezeigten pH-Werte wurden nach der zweiwöchigen Inkubationsperiode gemessen ; Mittelwerte von $n = 4$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 6: Yield of leaves in the outdoor pot experiment with sugar beets as related to the soil, the boron fertilization and the liming ; the pH-values below the columns were measured in the soils after two weeks of incubation with the incorporated fertilizers ; means of $n = 4$ replicates \pm standard error

Extrahierbares Bor im Boden

Das EUF extrahierbare Bor differenzierte bei allen drei Böden zwischen den mit Bor gedüngten und den ungedüngten Varianten (Abbildung 7). Die Kalkung hatte keinen Einfluss auf EUF-Bor. Aus dem carbonathaltigen Boden wird mit der EUF-Methode allerdings wesentlich mehr Bor extrahiert als aus dem sauren Boden, obwohl die Bor-Verfügbarkeit - gemessen an der Bor-Konzentration in den Pflanzen - auf dem sauren Boden besser war. Das deutet darauf hin, dass die EUF-Methode die Bor-Verfügbarkeit auf dem Carbonatboden überschätzte und das EUF-Bor aus Carbonatböden anders bewertet werden müsste als das EUF-Bor aus dem sauren Boden.

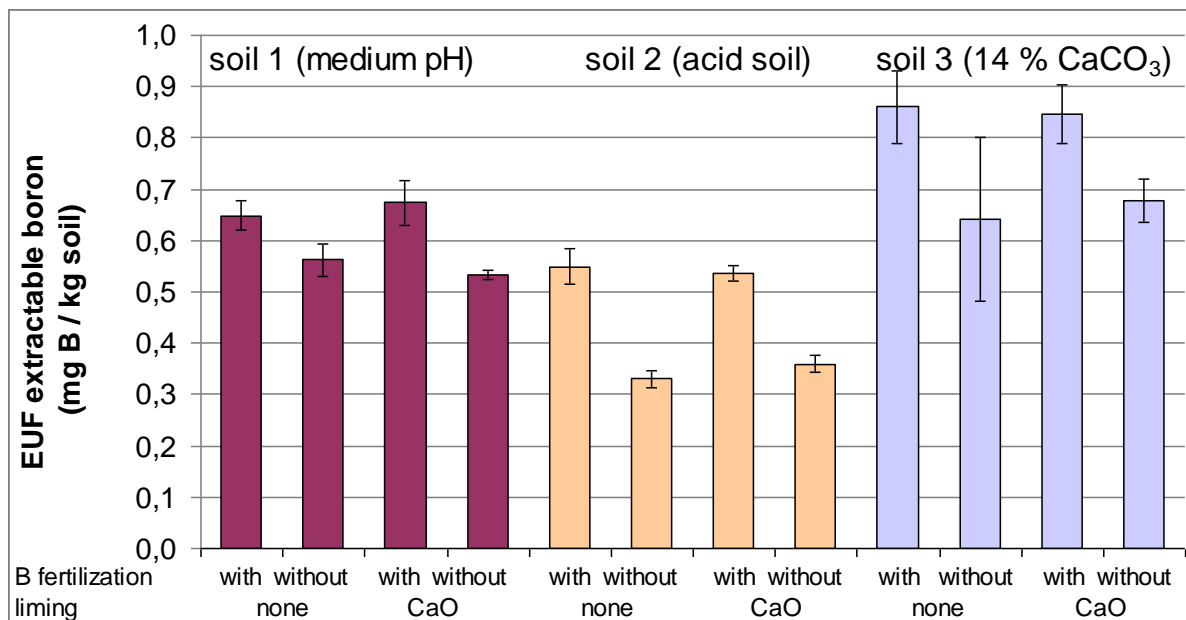


Abbildung 7: EUF-extrahierbares Bor in den Böden des Folientunnel-Versuchs in Abhängigkeit vom Boden, der Bor-Düngung und der Kalkung ; Mittelwerte von $n = 4$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 7: EUF extractable boron in the greenhouse pot experiment with sugar beets as related to the soil, the boron fertilization and the liming ; means of $n = 4$ replicates \pm standard error

Das CAT extrahierbare Bor differenzierte bei allen drei Böden ebenfalls gut zwischen den mit Bor gedüngten und den ungedüngten Varianten (Abbildung 8). Auch bei der CAT-Methode hatte die Kalkung keinen nennenswerten Effekt auf das extrahierbare Bor. Die CAT-Methode extrahierte aus dem Carbonatboden im Mittel etwas weniger Bor als aus dem sauren Boden. Das entspricht auch der Bor-Konzentration im Aufwuchs der Zuckerrüben, die auf dem Carbonatboden im Mittel ebenfalls etwas geringer war als auf den carbonatarmer Böden.

Das heißwasserlösliche (HWL) Bor differenzierte bei dem gekalkten Carbonatboden nicht zwischen mit und ohne Bor-Düngung (Abbildung 9). Die Methode zeigte auf dem gekalkten Carbonatboden die durch die Bor-Düngung hervorgerufene unterschiedliche Bor-Verfügbarkeit deshalb nicht richtig an. Aber auch auf dem ungekalkten Carbonatboden extrahierte die HWL-Methode wesentlich weniger Bor als aus den carbonatarmer Böden, obwohl die Bor-Verfügbarkeit in Boden 3, angezeigt durch die Bor-Konzentration im Pflanzenaufwuchs, in der Variante mit Bor-Düngung nicht geringer war als in den ungedüngten Varianten der carbonatarmer Böden. Die HWL-Methode unterschätzte also die Bor-Verfügbarkeit auf dem Carbonatboden und zwar insbesondere dann, wenn Ca-Hydroxide im Boden vorhanden waren.

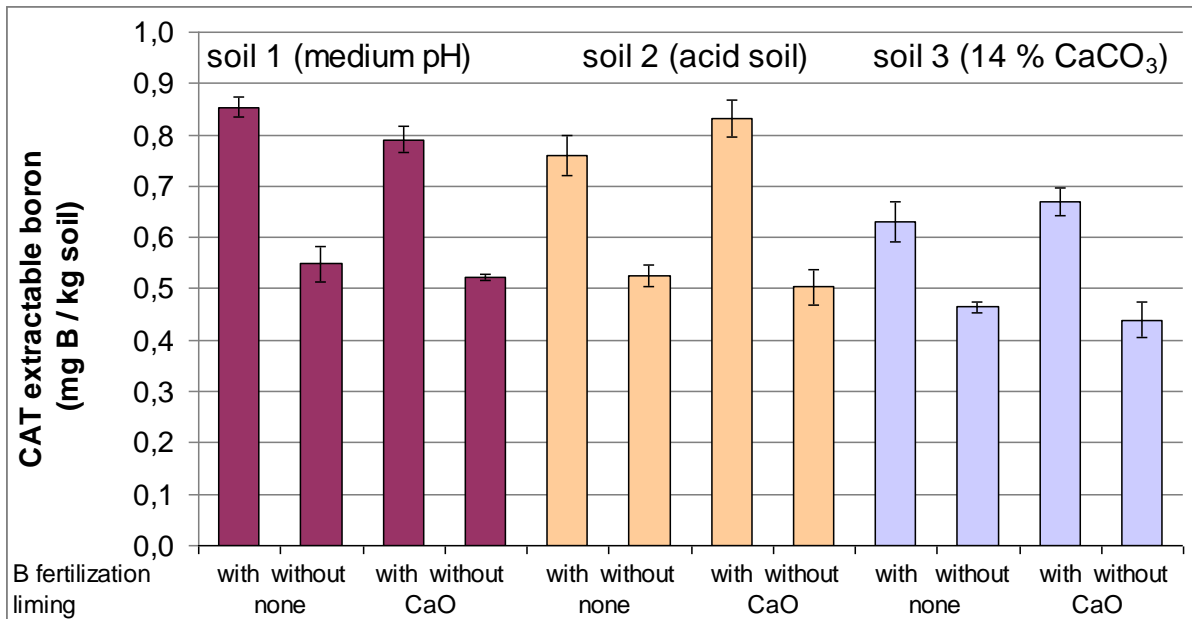


Abbildung 8: CAT-extrahierbares Bor in den Böden des Folientunnel-Versuchs in Abhängigkeit vom Boden, der Bor-Düngung und der Kalkung ; Mittelwerte von $n = 4$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 8: CAT extractable boron in the greenhouse pot experiment with sugar beets as related to the soil, the boron fertilization and the liming ; means of $n = 4$ replicates \pm standard error

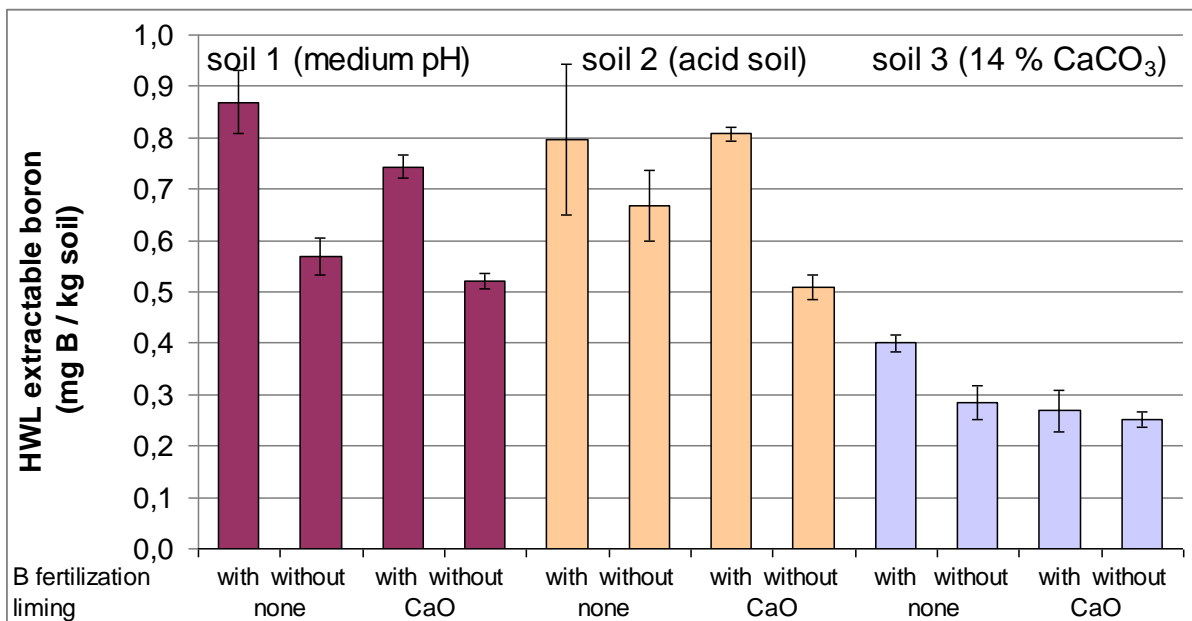


Abbildung 9: Heißwasserlösliches (HWL) Bor in den Böden des Folientunnel-Versuchs in Abhängigkeit vom Boden, der Bor-Düngung und der Kalkung ; Mittelwerte von $n = 4$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 9: Hot water soluble (HWL) boron in the greenhouse pot experiment with sugar beets as related to the soil, the boron fertilization and the liming ; means of $n = 4$ replicates \pm standard error

Gefäßversuch im Freiland mit gefrittetem Bor als Dünger (Versuch 2)

Blattmasse und Bor-Konzentration in den Blättern

Der Versuch 2 unterscheidet sich vom Versuch 1 dadurch, dass die Bor-Düngung schon über 20 Jahre zurück liegt und deshalb davon auszugehen ist, dass sich zwischen dem applizierten Dünger-Bor und den Bodenmineralen ein Lösungs- und Adsorptionsgleichgewicht eingestellt hat. Die geerntete Blattmasse der Zuckerrüben war im Mittel auf dem carbonatarmen Boden etwas geringer als auf

dem Carbonatboden. Die Bor-Düngung hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Pflanzenwachstum und die geerntete Blattmasse (Abbildung 10). Allerdings waren die Unterschiede zwischen den Parallelen recht groß. Hierfür verantwortlich waren vermutlich Bäume, die mittlerweile in der Nähe der Versuchsfläche herangewachsen waren und je nach Sonnenstand einen Teil des Versuchs beschatteten. Die Bäume wurden dann zwar gefällt, aber einige Pflanzen konnten den Entwicklungsrückstand offenbar nicht mehr aufholen.

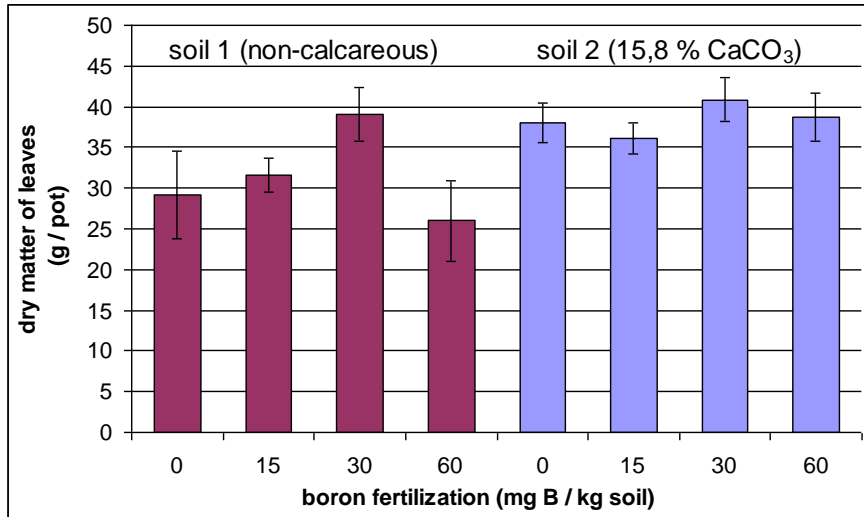


Abbildung 10: Blatt-Ertrag im Freiland-Gefäßversuch in Abhängigkeit vom Boden und der Düngung mit gefrittetem Bor; Mittelwerte von $n = 3$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 10: Yield of leaves in the outdoor pot experiment with sugar beets as related to the soil and the fertilization with frittered boron; means of $n = 3$ replicates \pm standard error

Die Bor-Verfügbarkeit auf dem Carbonatboden war im Vergleich zum carbonatarmen Böden auch langfristig nach der Bordüngung hervorragend. Das ergibt sich aus den höheren Borkonzentrationen im Aufwuchs der Pflanzen auf dem mit Bor gedüngten Carbonatboden. Möglicherweise wurden aus dem carbonatarmen Boden im Verlauf der letzten 20 Jahre bereits beträchtliche Mengen des gedüngten Bors ausgewaschen.

In den Blättern der Pflanzen, die auf den nicht mit Bor gedüngten Böden wuchsen, war die Bor-Konzentration gering, am geringsten war sie in den Blättern der Pflanzen auf dem nicht mit Bor gedüngten Carbonatboden (Abbildung 11). Mit 25 mg Bor / kg Trockensubstanz (TS) lagen die Werte im Mittel sogar unterhalb von 28 mg Bor / kg TS, dem Wert, der von der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft als Untergrenze ausreichender Versorgung von Zuckerrüben genannt wird (Kerschberger *et al.* 2001). In den Blättern der Pflanzen auf den carbonatarmen, nicht mit Bor gedüngten Varianten wurde im Mittel 28,5 mg B / kg TS gefunden. Der Wert liegt also ebenfalls an der Untergrenze der als ausreichend angesehenen Bor-Konzentration. Die Bor-Düngung erhöhte die Bor-Konzentration in den Blättern. Die höchsten Werte wurden in den Blättern der Pflanzen gemessen, die auf dem carbonathaltigen Boden wuchsen. Zwischen den Bor-Düngestufen differenzierte die Bor-Konzentration in den Blättern der Pflanzen auf dem Carbonatboden allerdings nicht weiter. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Bor-Verfügbarkeit in dem Carbonatboden in allen drei Bor-Dünge-Varianten ausreichend hoch war, so dass die Kapazität der Pflanzen zur Aufnahme von Bor ausgeschöpft wurde.

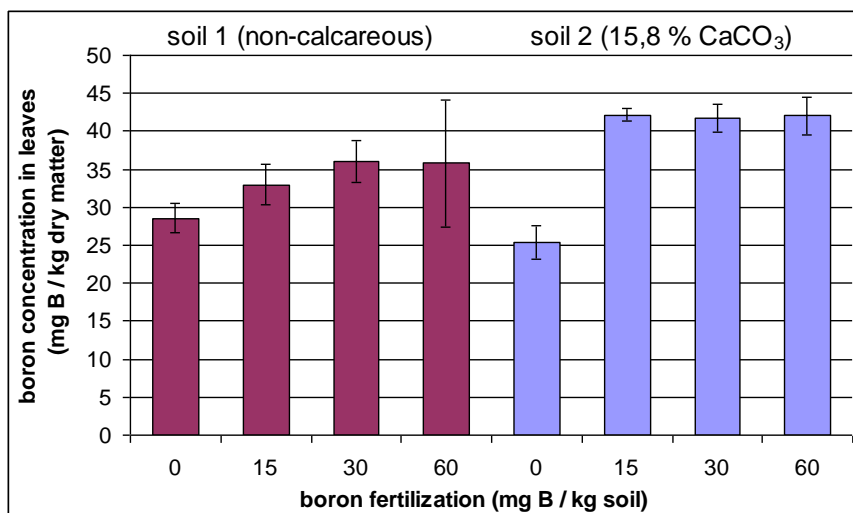


Abbildung 11: Bor-Konzentration in den Rübenblättern im Freiland-Gefäßversuch in Abhängigkeit vom Boden und der Düngung mit gefrittetem Bor; Mittelwerte von $n = 3$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 11: Boron concentrations in the sugar beet leaves of the outdoor pot experiment as related to the soil and the fertilization with frittered boron; means of $n = 3$ replicates \pm standard error

Extrahierbares Bor im Boden

Alle drei Methoden zur Bodenuntersuchung (EUF, CAT und HWL) extrahierten in Abhängigkeit von der vor über 20 Jahren erfolgten Bor-Düngung steigende Mengen an Bor aus dem Carbonatboden (Abbildung 12, 13 und 14). Bei dem carbonatarmen Boden war diese Differenzierung zwischen den Düngevarianten nur andeutungsweise zu erkennen. Im Vergleich zum Carbonatboden wurde mit den drei Methoden wesentlich weniger Bor aus dem carbonatarmen Boden extrahiert. Die Bor-Konzentration in den Blättern der Pflanzen, die auf dem carbonatarmen Boden wuchsen, waren allerdings nicht derart viel niedriger als die Konzentrationen in den Blättern der Rüben auf dem Carbonatboden.

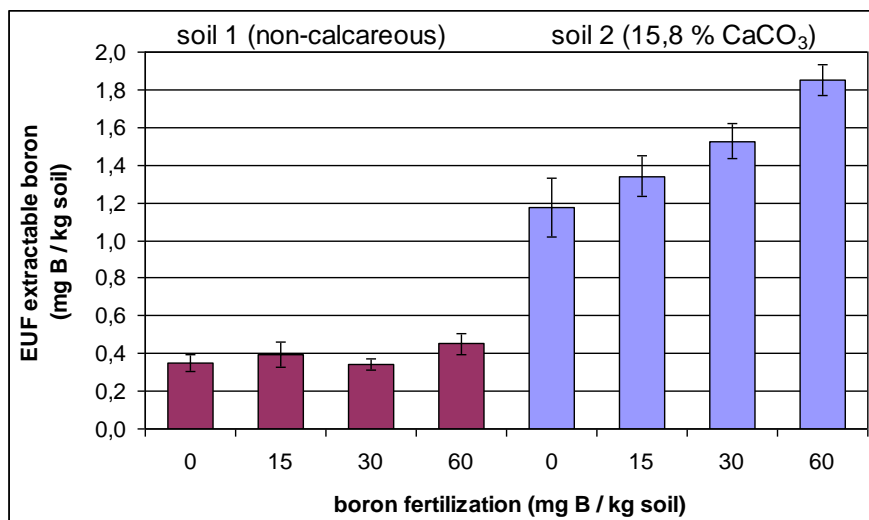


Abbildung 12: EUF extrahierbares Bor in den Böden des Freiland-Gefäßversuchs in Abhängigkeit vom Boden und der Düngung mit gefrittetem Bor; Mittelwerte von $n = 3$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 12: EUF extractable boron in the soils of the outdoor pot experiment as related to the soil and the fertilization with frittened boron; means of $n = 3$ replicates \pm standard error

Besonders auffällig ist die Wechselwirkung zwischen dem Boden, der Extrahierbarkeit des Bors und seiner Pflanzenverfügbarkeit in den Varianten, die nicht mit Bor gedüngt worden waren. Aus dem Carbonatboden wurde doppelt (CAT- und HWL-Methode), beziehungsweise sogar dreimal so viel (EUF-Methode) Bor extrahiert wie aus dem carbonatarmen Boden. Die Bor-Konzentration in den Blättern der Rüben war bei beiden Böden jedoch etwa gleich niedrig und an der Grenze zum Bor-Mangel (Abbildung 11).

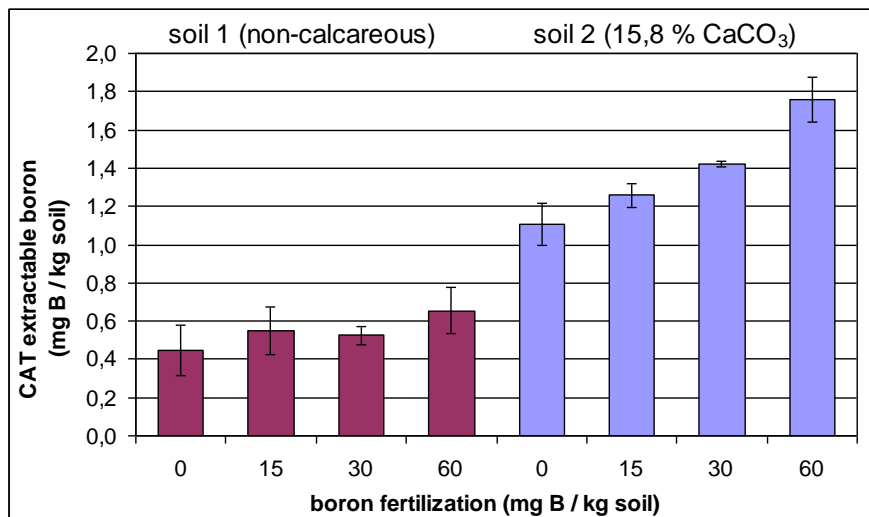


Abbildung 13: CAT extrahierbares Bor in den Böden des Freiland-Gefäßversuchs in Abhängigkeit vom Boden und der Düngung mit gefrittetem Bor; Mittelwerte von $n = 3$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 13: CAT extractable boron in the soils of the outdoor pot experiment as related to the soil and the fertilization with frittened boron; means of $n = 3$ replicates \pm standard error

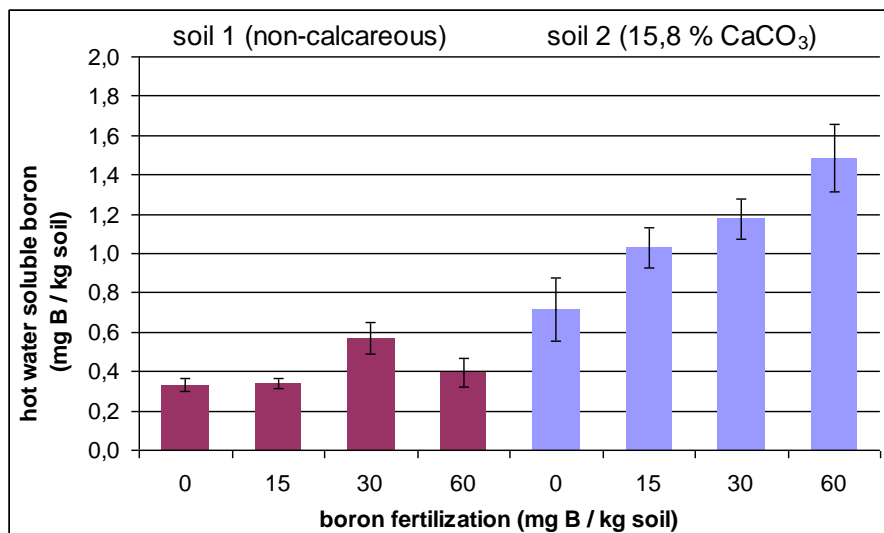


Abbildung 14: Heißwasserlösliches (HWL) Bor in den Böden des Freiland-Gefäßversuchs in Abhängigkeit vom Boden und der Düngung mit gefrittetem Bor; Mittelwerte von $n = 3$ Parallelen \pm Standardfehler

Figure 14: Hot water soluble (HWL) boron in the soils of the outdoor pot experiment as related to the soil and the fertilization with fritted boron; means of $n = 3$ replicates \pm standard error

SCHLUSSFOLGERUNG

Beide Versuche zeigen, dass die beiden in Deutschland häufig angewandten Methoden zur Bodenuntersuchung (EUF und CAT) die Verfügbarkeit des Bors auf den Carbonatböden beachtlich überschätzen, beziehungsweise auf dem carbonatarmer Boden unterschätzen. Welche Bedeutung der Carbonatgehalt im Boden für das heißwasserlösliche (HWL) Bor hat, ist dagegen nicht klar zu erkennen. Im Versuch 1 war die HWL-Methode nicht in der Lage, die unterschiedliche Borverfügbarkeit des Carbonatbodens anzuzeigen. Das Bor war hier zwei Wochen vor der Bodenuntersuchung gedüngt worden. Im Versuch 2, bei dem die Bor-Düngung bereits über 20 Jahre zurück liegt, lieferte die HWL-Methode dagegen im Prinzip die gleichen Ergebnisse wie die CAT-Methode, nämlich eine Überschätzung der Bor-Verfügbarkeit auf dem Carbonatboden bzw. einer Unterschätzung der Verfügbarkeit auf dem carbonatarmer Boden.

Insgesamt wird aus den Ergebnissen deutlich, dass die Pflanzenverfügbarkeit des extrahierbaren Bors je nach Carbonatgehalt des Bodens unterschiedlich bewertet werden muss.

REFERENZEN

- FRITSCH, F.: Ist eine Düngung mit Spurennährstoffen notwendig? [http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/05367FD008AAC807C1257464004DE1C8/\\$FILE/Vortrag%20Spurenn%C3%A4hrstoffd%C3%BCngung%2026%202%202010.pdf](http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/05367FD008AAC807C1257464004DE1C8/$FILE/Vortrag%20Spurenn%C3%A4hrstoffd%C3%BCngung%2026%202%202010.pdf), Vortrag in Münchweiler, 2010.
- HORN, D.: Vortrag auf dem Kongress des VDLUFA in Göttingen, 2007.
- KERSCHBERGER, M., KRAUSE, O., MARKS, G., ZORN, W.: Standpunkt zum Mikronährstoff-Düngebedarf (B, Cu, Mn, Mo, Zn) in der Pflanzenproduktion. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena (Hrsg.), URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/>, 2001.
- MARSCHNER, H.: Mineral Nutrition of Higher Plants, 2. Auflage, Academic Press, Heidelberg, 1986
- SCHEID, I.: Bor-Düngung mit gefrittetem Spurenelementen als meliorative Maßnahme in Böden mit Bor-Mangel. Diplomarbeit im Fachbereich Landbau der Fachhochschule Bingen, 1991.
- SEELIG, J.: Bor-Aufnahme von Zuckerrüben (*Beta vulgaris*) in Abhängigkeit von der Bor-Düngung, der Kalkung und dem Carbonatgehalt der Böden http://www.fh-bingen.de/fileadmin/user_upload/Lehrende/Appel_Thomas/Weitere_Informationen/Forschungsprojekte/Bor-Verfuegbarkeit/Bachelorarbeit%20Seelig%20final%20Version.pdf, Bachelorarbeit im Studiengang Agrarwirtschaft der Fachhochschule Bingen, 2011.

- 7 VDLUFA-Methodenbuch: Bestimmung von Magnesium, Natrium und den Spurennährstoffen Kupfer, Mangan, Zink und Bor im Calciumchlorid/DTPA-Auszug. VDLUFA-Methodenbuch I, A 6.4.1., VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2004.
- 8 VDLUFA-Methodenbuch: Bestimmung der durch Elektro-Ultrafiltration (EUF) lösbaren Anteile von Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium, Schwefel und Bor. VDLUFA-Methodenbuch I, A 6.4.2., VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2002.
- 9 VDLUFA-Methodenbuch: Bestimmung von pflanzenaufnehmbarem Bor (heißwasserlöslich). VDLUFA-Methodenbuch I, A 7.1.1., VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 1991.
- 10 VENN, K.: Methodenvergleich: Bestimmung von pflanzenverfügbarem Bor im Boden für Zuckerrüben, Projektarbeit im Studiengang Agrarwirtschaft der Fachhochschule Bingen, 2012.

3.9 HERBERT EIGNER¹, FRIEDRICH KEMPL¹, DIETMAR HORN²

¹Zuckerforschung Tulln, Josef-Reither-Str. 21-23, A – 3430 Tulln

²EUF-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit, Marktbreiter Str. 74, D – 97199 Ochsenfurt

ORGANIC SOIL MATTER AS CHARACTERISTIC PARAMETER OF AUSTRIAN SUGAR BEET AREAS

ABSTRACT

Organic carbon (humus) is a pre-requisite for soil formation as well as sustainable soil fertility. Protection of the organic soil matter is a main topic in actual discussions. For selected Austrian arable areas, investigations report an increase in humus content of about 0.3 to 0.4% during the last 15 years due to measures for environmental protection, e.g. the prohibition of straw burning, the growing of intercrops or mulch and direct sowing. The Austrian sugar beet area is characterized by different climatic conditions and consequently different soil types. On average of 1660 sugar beet sites in the pannonian climate, a humus content of 2.65% was determined in 2011. For about 770 sites in Austrian sugar beet areas with higher precipitation the average humus content was about 2.32%. The poster presents the distribution of the humus content for these areas. Based on the results of a regular survey linked to soil analysis, the development of soil management, crop residue management, organic fertilization and intercrop growing is presented.

LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL COMME DONNEE CARACTERISTIQUE DES REGIONS DE CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE EN AUTRICHE

RESUME

Le carbone organique (humus) est indispensable à la formation et à la bonne structuration d'un sol, il lui apporte aussi une fertilité durable. La préservation de la matière organique est un sujet très actuel. Pour certaines régions d'Autriche, des études rapportent une augmentation de la teneur en humus d'environ 0,3 à 0,4 % lors des quinze dernières années grâce à des mesures de protection environnementale, comme par exemple l'interdiction de brûlis, la mise en place de cultures intermédiaires, ou encore le mulch et le semis-direct. Les zones de culture de betterave à sucre en Autriche sont caractérisées par différentes conditions climatiques et en conséquence différents types de sol. En moyenne sur 1660 sites de culture de la betterave dans la zone pannonique, la teneur en humus déterminée en 2011 était de 2,65 %. Pour environ 770 sites ayant des précipitations plus élevées la teneur moyenne en humus était de 2,32 %. Cette affiche présente la distribution de la teneur en humus pour ces régions. L'évolution en matière de travail du sol, de gestion des résidus de culture, de fertilisation organique et de cultures intermédiaires est présentée sur la base de résultats issus de relevés réguliers destinés à des analyses de sol.

DER HUMUSGEHALT ALS CHARAKTERISTISCHES MERKMAL ÖSTERREICHISCHER ZUCKERRÜBENANBAUGEBIETE

KURZFASSUNG

Der organische Kohlenstoff (Humus) ist Voraussetzung für die Bodenbildung sowie für die nachhaltige Fruchtbarkeit des Bodens. Der Schutz der organischen Bodensubstanz ist Hauptthema aktueller Diskussionen. Im Verlauf von etwa 15 Jahren stiegen die Humusgehalte in ausgewählten österreichischen Ackerbaugebieten um etwa 0,3 bis 0,4 %. Diese Entwicklung folgt Umweltmaßnahmen wie u.a. dem Verbot des Abbrennens von Stroh, der Begrünung von Ackerflächen sowie des Einsatzes von Mulch- und Direktsaat. Das österreichische Zuckerrübenanbauggebiet ist durch unterschiedliche klimatische Bedingungen und folgend unterschiedliche Bodentypen charakterisiert. Untersuchungen aus 2011 zeigen für etwa 1660 Zuckerrübenstandorte im pannonischen Trockengebiet

einen mittleren Humusgehalt von 2,65 %, für etwa 770 Standorte in den niederschlagsreicheren Gebieten einen solchen von im Mittel 2,32 %. Der Poster zeigt die Verteilung der Humusgehalte für diese Gebiete. Basierend auf den regelmäßigen Erhebungen zur Bodenuntersuchung wird die Entwicklung in der Bodenbearbeitung, im Verbleib der Ernterückstände, der organischen Düngung und dem Anbau von Zwischenfrüchten vorgestellt.

INTRODUCTION

Soil is the natural habitat and basis of life for plants and animals. Consequently, it is of essential importance to mankind. Soil organic matter, particularly humus, is a pre-requisite for sustainable soil fertility. Opportunistic parameters of soil organic matter include a high infiltration rate; increased water capacity; improved storability of nutrients and enhanced anti-phytopathogen potential. Protection of the soil organic matter is the main topic within this discussion.

Within selected Austrian arable land areas, investigations report an increase in humus content of approximately 0.3 to 0.4% during the last 15 years due to measures for environmental protection, e.g. the prohibition of burning straw as well as the growth of intercrops or mulch and direct sowing (DERSCH, 2010). Specific for light soils (< 15% clay) is a humus content of more than 2%, for medium soils (15 - 25% clay) more than 2.5% and for heavy soils (> 25% clay) more than 3% humus content is recommended (BMLFUW, 2006).

MATERIALS AND METHODS

The growth area for sugar beet concentrates in the “Nordöstliches Flach- und Hügelland” and the “Alpenvorland” (Figure 1), two Austrian main production areas (Statistik Austria, 2010), is characterized by different climatic conditions and different soil types.



Figure 1: Main agricultural production areas in Austria

The area “Nordöstliches Flach- und Hügelland” is defined by an annual precipitation (1970 – 2000) of between 490 to 570 mm and a daily mean of temperature of 9.4 to 10.1°C on average. Arable soils are mainly calcareous chernozems of varying characteristics, to a lesser extent calcareous raw soils. The “Alpenvorland” shows up to 850 mm annual precipitation and a daily mean of temperature of 8.7°C (ZAMG, 2011). Brown earth, pseudogleyic brown earth and pseudogleys prevail.

To account for fertilizer recommendations, 10,500 soil samples were analyzed within 2011 in Austria using the EUF-method (VDLUFA, 1997). In addition, the humus content of 2,429 samples was determined. Soil analysis is linked to a survey including information on organic fertilization, crop residue management, growing of intercrops and soil management. The development of these measures for the period 1991 to 2011 is discussed.

RESULTS AND DISCUSSION

Humus content

From 2,429 sites, the median humus content determined is 2.33%. The first quartile lies at 1.98% and the third quartile at 2.87%. The median for approximately 1,660 sugar beet sites in the “Nordöstliches Flach- und Hügelland” in 2011 is reported with 2.44%. From approximately 770 sites in the “Alpenvorland” the reported median is 2.19%.

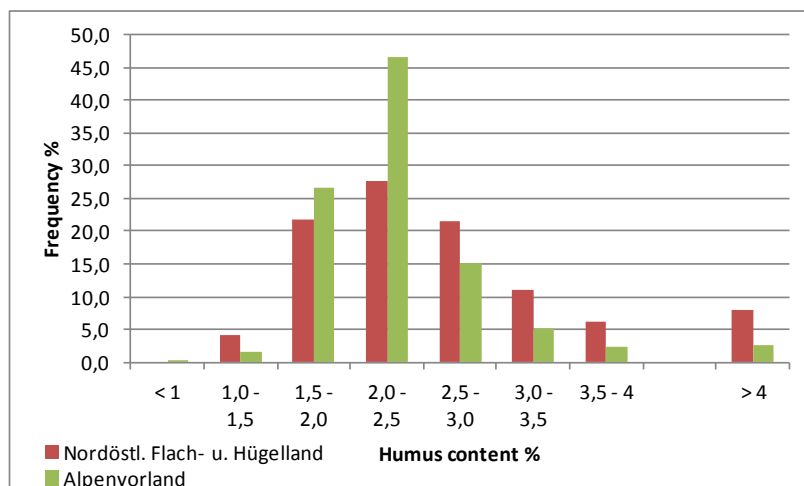


Figure 2: Distribution of the humus contents in Austrian sugar beet growing areas, Soil analysis 2011, 2,429 samples

A comparison of these results with those obtained from German growth areas (HORN, 2005) shows that while in the Austrian growth areas only 23% are allocated to a class consisting of 1.5 to 2.0% humus content (Figure 2), 42% of the German growth areas contain this same humus content. In contrast, within the Austrian growth areas 33% of the samples contain between 2.5 and less than 4.0% humus. The investigations of HORN (2005) report a 15% share of barely for this group.

Depending upon the dry matter content, manure contributes per ton of substrate between 30 and 40 kg C, slurry between 5 and 10 kg C, straw about 100 kg C and residues of intercrops about 10 kg C to the reproduction of humus (VDLUFA, 2004).

Farm manures

Table 1 documents the changes in the application of farm manures and in the management of crop residues for the period 1991 to 2011.

Table 1: Percentage of application of farm manure and remaining of crop residues before sugar beet, inquiries 1991, 2001 and 2011

	1991	2001	2011
Application of solid dung	35.3%	17.0%	6.0%
Application of slurry	8.3%	11.2%	10.8%
Remaining of crop residues	47.2%	62.6%	71.2%

The application of solid dung decreased between 1991 and 2011 from approximately 35% to only 6%. Compared to this, the application of slurry on about 10% of the fields remained more or less constant. Currently, the applied amount of stable manure is in 51% of the observations below 25 t/ha, in 82% below 35 t/ha. The quantity of cattle and pig slurry in two-thirds is below 20 m³/ha, in 95% below 35 m³/ha.

Crop residues

Pre-crop to sugar beet are in more than 90% of the cereal-crop fields. In 71% of the 10,500 sampled sites for sugar beet in 2012, crop residues remained in the field. Ten years before, the share was approximately 63%, twenty years before only 47% was observed.

Intercrops

Intercrops have been grown in Austria since 1995 on a large scale.

Table 2: Percentage of intercrop growing before sugar beet, inquiries 2001 und 2011

	2001	2011
without intercrops	31.9%	26.2%
mustard, oil radish, phacelia, <i>et al.</i>	61.6%	56.8%
leguminous plants	6.5%	7.0%
intercrops with leguminous plants	-	10.0%

In 2011, approximately 74% of the all fields analysed were seen to have grown intercrops. Compared to 2001 this means an additional increase of 5% points. Furthermore, the shift towards mixed intercrops including leguminous plants is noticeable. Up to 40% of the intercrops are ploughed before winter and approximately 60% remain as is. In this case sugar beet is seeded in mulch.

Soil tillage

The influence of ploughing on the content of humus is discussed. The assumption of higher humus contents under the conditions of reduced tillage owes to a simultaneous high bulk density and resulting differences in the sampling (APPEL, 2008).

In approximately 20% of all fields analysed, sugar beet is sown without ploughing. In another 20% of the fields a traditional plough furrow – without intercrops – is realized. Half of the remaining share is ploughed in the end of summer before intercrop seeding, the rest in late autumn after intercrops.

The choice of the soil tillage system is not influenced by the question, if crop residues remain in the field or not. Contrarily, intercrop species and soil tillage systems are dependent of each other. 75% of leguminous plants and 50% of mustard and oil radish crops are ploughed during the autumn season. In comparison, approximately 50% of the land is already ploughed in summer before cultivation of different intercrops mixtures. In these cases mulch seeding is preferred. Approximately, 20% of intercrop species are grown on sites which have not been ploughed prior to the growth of sugar beet.

CONCLUSION

The determined contents of humus characterize sugar beet production areas in Austria and beyond. In humus reproduction, an obvious decrease in application of farm manures is balanced by intensified incorporation of crop residues and since 1995 by extended intercrop cultivation. There is a clear tendency towards mixtures of intercrop species as well as towards a high percentage of leguminous plants. Reduced soil tillage prior to sugar beet is practiced in approximately 20% of the observations. As before, ploughing plays an important role.

REFERENCES

- 1 APPEL, T.: Umweltvorteil: ja, aber. *DLG-Mitteilungen* (12), 2008.
- 2 BMLFUW: Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage. Hrsg. *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*, 2006.
- 3 DERSCH, G.: Die Ackerböden bilden immer mehr Humus. *Agrozucker/Agrostärke*, 03, 2010.
- 4 HORN, D.: C-Gehalte landwirtschaftlicher Flächen und Anforderungen von Cross Compliance an den Erhalt der organischen Substanz im Boden. *Proceedings of the 68th IIRB Congress*, 2005.
- 5 STATISTIK AUSTRIA: Landwirtschaftliche Hauptproduktionsgebiete, 2010.
- 6 VDLUFA: Standpunkt Humusbilanzierung, Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland, 2004.
- 7 VDLUFA: Bestimmung von löslichem, organisch gebundenem Stickstoff sowie von Nitrat- und Ammonium-Stickstoff mittels Elektro-Ultra-Filtration (EUF). *Vdlufa, Methodenbuch I, A 6.1.7.3*, 2007.
- 8 ZAMG: Klimadaten Österreich von 1971 – 2000, <http://www.zamg.at/klima/>, 2011.

4.1 FRIEDRICH KEMPL, CLAUDIA TOMASETIG, SANDRA GOTSMI
AGRANA Zucker GmbH, Josef-Reither-Straße 21-23, A – 3430 Tulln

EFFECTS OF TRIAZOLS AND STROBILURINS ON THE SPREADING OF CERCOSPORA

ABSTRACT

Cercospora leaf spot is one of the major diseases in Austrian beet growing area. Without treatment yield losses up to 30% are common. Since Triazole based fungicides were established in sugar beet, this class of active ingredients was applied one to four times per year.

Farmers report since 2009 that the efficacy of the most used products seems not to be as good as some years ago. Therefore in 2010 a trial was established to test the efficacy of two triazol-fungicides and one triazol-strobilurine-fungicide on cercospora.

2011 trials were established in three sites to test nine fungicide treatments (Triazols and combinations with Strobilurines). Products with following active ingredients were tested: Azoxystrobin, Carbendazim, Cyproconazole, Difenconazole, Epoxyconazole, Fenpropidin, Flusilazole, Prochloraz, Propiconazole, Pyraclostrobin, Tetraconazole, Trifloxystrobin.

In each site three applications with fungicides were done and infection frequency and infection intensity evaluated. In addition effects on yield and quality of sugar beet were tested. The sugar yield gap between untreated control and best treatment was up to 26%, between worst and best treatment up to 15%.

The results show considerable differences in effects of fungicides. Treatments with combinations of Triazole and Strobilurin are superior to treatments just with Triazole in infection frequency and infection intensity as well as in yield and quality parameters of sugar beet.

INFLUENCES DE TRIAZOLS ET DE STROBILURINS SUR LA PROPAGATION DE LA CERCOSPORIOSE

RESUME

Dans les régions autrichiennes productrices de betteraves à sucre, la cercosporiose est une maladie majeure. Sans traitement, les pertes de rendement peuvent atteindre jusque 30 %. Depuis son introduction, le fongicide triazole est employé une à quatre fois par an dans les cultures de betteraves.

Les agriculteurs reportent depuis 2009 que l'efficacité des produits les plus employés n'est plus la même au fur et à mesure des années. C'est pourquoi en 2010 a été mis en place un essai pour tester deux fongicides à triazole et un fongicide à triazole-strobilurine.

Par la suite, en 2011, neuf mélanges de fongicides (triazole et combinaisons avec strobilurine) ont été testés sur trois sites. Les produits étudiés contenaient les substances suivantes : azoxystrobine, carbendazime, cyproconazole, difenoconazole, epoxyconazole, fenpropidine, flusilazole, prochloraze, propiconazole, pyraclostrobine, tetraconazole, trifloxystrobine.

Sur chaque site ont été effectués trois traitements suivis de relevés de la fréquence et de sévérité des infestations. De la même manière, les effets sur les rendements et la qualité des betteraves ont été examinés. La différence de rendement en sucre entre un système sans traitement et le système le plus efficace faisant appel à une combinaison de fongicides s'élève à 26 %. La différence entre la moins bonne et la meilleure combinaison de fongicide est de 15 %.

Les résultats montrent les différences significatives entre l'efficacité des fongicides employés. Cela s'exprime aussi bien dans l'estimation de la nuisibilité en fréquence et en intensité que dans les rendements. Concernant l'appréciation des qualités de la betterave sucrière, les combinaisons incluant triazole et strobilurine ont été jugées meilleures que les variantes ne contenant que le triazole.

AUSWIRKUNGEN VON TRIAZOLEN UND STROBILURINEN AUF DIE AUSBREITUNG VON CERCOSPORA

KURZFASSUNG

Die Cercospora-Blattfleckenkrankheit ist eine der wichtigsten Krankheiten im österreichischen Zuckerrübenanbaugebiet. Ohne Behandlung sind Ertragsverluste von bis zu 30 % gegeben. Seit der Einführung der Triazol-Fungizide im Zuckerrübenanbau kommt diese Wirkstoffgruppe ein bis vier Mal pro Jahr zur Anwendung.

Landwirte berichten seit 2009, dass die Wirkung der am stärksten eingesetzten Produkte nicht mehr so gut ist wie noch einige Jahre zuvor. Im Jahr 2010 wurde deshalb ein Versuch angelegt um zwei Triazol-Fungizide und ein Triazol-Strobilurin-Fungizid zu prüfen.

2011 wurden neun Fungizidvarianten (Triazole und Kombinationen mit Strobilurinen) auf drei Standorten getestet. Geprüft wurden Produkte mit folgenden Wirkstoffen: Azoxystrobin, Carbendazim, Cyproconazol, Difenoconazol, Epoxyconazol, Fenpropidin, Flusilazol, Prochloraz, Propiconazol, Pyraclostrobin, Tetraconazol, Trifloxystrobin.

Es wurden auf allen Standorten drei Behandlungen durchgeführt und Bonituren auf Befallshäufigkeit und Befallsstärke durchgeführt. Ebenso wurden die Auswirkungen auf Ertrag und Qualität der Zuckerrüben geprüft. Der Unterschied im Zuckerertrag zwischen der unbehandelten Kontrolle und der besten Fungizidvariante betrug bis zu 26 %, jener zwischen schlechtester und bester Fungizidvariante 15 %.

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in der Wirkung der eingesetzten Fungizide auf. Sowohl bei der Beurteilung von Befallshäufigkeit und Befallsstärke als auch in den Ertrags- und Qualitätsparametern der Zuckerrübe wurden Varianten die mit Kombinationen aus Triazol und Strobilurin besser beurteilt als reine Triazolvarianten.

INTRODUCTION

Due to climatic conditions, the Cercospora leaf spot (*Cercospora beticola*) is one of the major beet diseases in Austria. Without treatment, sugar yield losses up to 30% are common. This potential of yield loss justifies and requires the application of fungicides in beet cultivation. Nevertheless there is a big variance in infection intensity depending on location, weather, beet variety and treatments.

To consider the effect of location and weather, leaf disease monitoring and advising according to the IPM (integrated pest management) model of WOLF *et al.* (1995) was introduced in Austria in 2000 (Cercos-Watch) and 2001 (BetaExpert). This model depends on the efficacy of fungicides applied at the time of reaching the acting threshold. Fungicides based on Triazols fulfill this reason and were widely applied. In normal years from one to three applications, in some specific conditions up to four applications were necessary.

2009 was a year with very early infection and fast spreading of Cercospora. As this was uncommon, the fungicide spraying was too far delayed to cause a positive effect. As a consequence sugar yield losses occurred. Besides the question of right application time, the issue of efficacy of the common fungicides was raised.

Therefore field trials were conducted in 2010 and 2011 to test the efficacy of fungicides on Cercospora leaf spot.

MATERIALS AND METHODS

The field trials were established in Pöchlarn (2010) as well as in Trübensee, Zwingendorf and Eckartsau (2011). All sites were located in the beet growing area of Lower Austria.

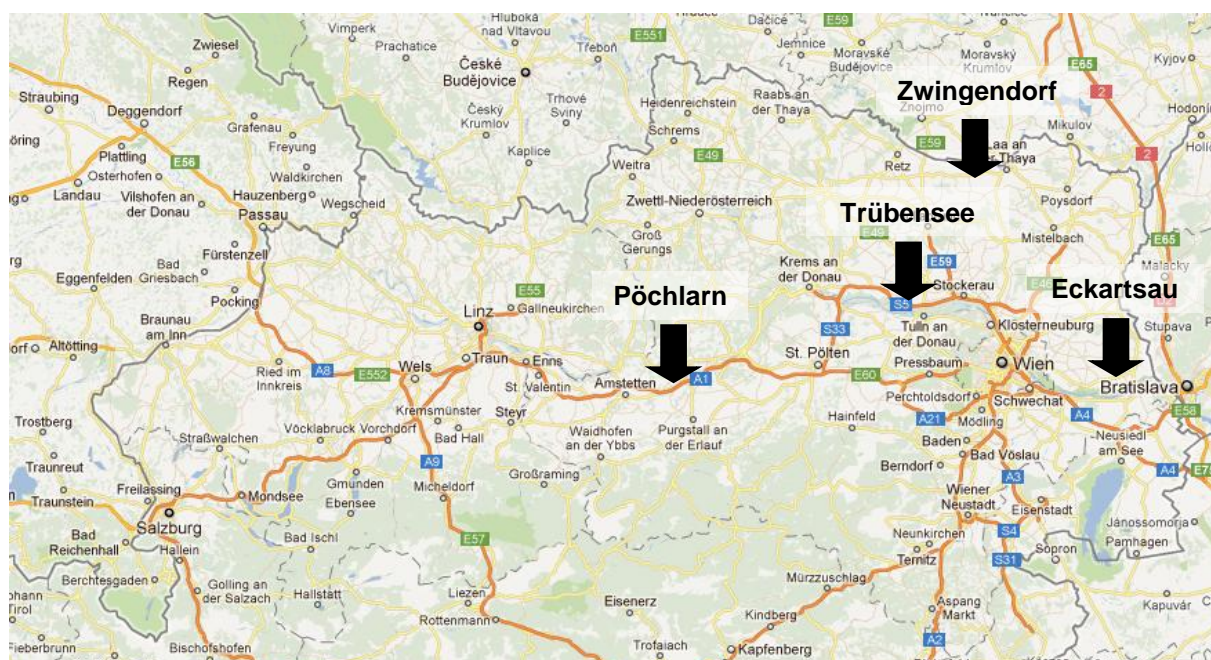


Figure 1: Map of trial sites

The trials were conducted as small plot trials in four replications. In 2010 the medium susceptible variety *Silenta* (Syngenta Seeds) with a *Cercospora* mark of 5 (range 1 to 9) and 2011 the high susceptible variety *Gladiator* with a *Cercospora* mark of 8 was chosen.

Each plot was sprayed three times with fungicides shown in Table 1 according to Treatments in Table 2 and 3.

Table 1: Applied fungicides

Fungicides	Active ingredients	„with Strobilurin“
Amistar	250 g/l Azoxystrobin	X
Caddy 200 EC	200 g/l Cyproconazol	
Circon	90 g/l Propiconazol + 400 g/l Prochloraz	
Domark 10 EC	100 g/l Tetraconazole	
Harvesan	250 g/l Flusilazol + 125 g/l Carbendazim	
Opera	50 g/l Epoxiconazol + 133 g/l Pyraclostrobin	X
Ortiva	250 g/l Azoxystrobin	X
Score	250 g/l Difenoconazol	
Sphere SC	160 g/l Cyproconazol + 375 g/l Trifloxystrobin	X
Spyrale	100g/l Difenoconazol + 375 g/l Fenpropidin	

Table 2: Treatments 2010

Treatments 2010	Dosage (l/ha)		
	1 st app. June 30 th	2 nd app. July 22 th	3 rd app. August 25 th
1 untreated control	-	-	-
2 Spyrale	1	1	1
3 Sphere SC	0.35	0.35	0.35
4 Domark 10 EC	1	1	1

Table 3: Treatments 2011

Treatments 2011 Eckartsau Trübensee, Zwingendorf	Dosage (l/ha)		
	1 st app. July 7 th July 1 th	2 nd app. August 9 th August 2 th	3 rd app. August 30 th August 30 th
1 untreated control	-	-	-
2 Spyrale	1	1	1
3 Sphere SC	0.4	0.4	0.4
4 Domark 10 EC	1	1	1
5 Opera	1	1	1
6 Circon	1.25	1.25	1.25
7 Score + Ortiva	0.4 + 0.4	0.4 + 0.4	0.4 + 0.4
8 Harvesan	0.6	1.6	2.6
9 Amistar + Caddy 200 EC	0.6 + 0.3	0.6 + 0.3	0.6 + 0.3
10 Opera / Harvesan / Domark	1 / 0 / 0	0 / 0,6 / 0	0 / 0 / 1

Evaluation of infection intensity with *Cercospora beticola* (% loss of leaf area) was performed on the inner four of six rows. On 25 leaves per plot the infection intensity was estimated without picking the leaves (simulated leaf picking method). The infection frequency was evaluated as the percentage of infected leaves.

Harvest was carried out in October just on the inner two rows of the plot.

RESULTS AND DISCUSSION

The harvest results for 2010 in table 4 show that each fungicide treatment worked well. There are slight differences in yield, quality or infection intensity between the treated plots, but of course there was a difference in comparison to the untreated control. The treatment with Sphere SC seem to be somewhat better in all tested parameters. Three applications were in this location to ensure reproducibility.

Table 4: Harvest results 2010, Pöchlarn

Treatments	Infection intensity [%]	Beet yield [t/ha]	Sugar content [%]	Sugar yield [t/ha]
1 untreated control	27.97	84.8	18.9	16.0
2 Spyrale	1.00	85.3	19.2	16.4
3 Sphere SC	0.07	87.9	19.2	16.9
4 Domark 10 EC	0.58	85.1	19.1	16.3

Table 5 presents a different result for 2011: Infection intensity at harvesting time in October was quite high, and there are significant differences even between the fungicide treatments. Especially plots treated with Sphere SC or Opera perform better than plots treated with Spyrale, Domark SC or Circon.

Table 5: Harvest results 2011, three sites

Treatments	Infection intensity [%]	Beet yield [t/ha]	Sugar content [%]	Sugar yield [t/ha]
1 untreated control	69.29 A	108.77 D	16.12 F	17.49 F
2 Spyrale	51.98 B	112.94 BCD	16.63 E	18.78 DE
3 Sphere SC	7.74 F	120.46 A	17.60 A	21.16 A
4 Domark 10 EC	51.75 B	112.96 BCD	16.75 DE	18.88 DE
5 Opera	12.37 F	117.51 AB	17.54 AB	20.59 AB
6 Circon	44.09 BC	112.31 CD	16.56 E	18.57 E
7 Score + Ortiva	37.80 CD	116.85 ABC	16.76 DE	19.55 CD
8 Harvesan	23.53 E	116.26 ABC	17.20 BC	19.96 BC
9 Amistar + Caddy 200 EC	30.92 DE	117.70 AB	16.90 CDE	19.81 BC
10 Opera / Harvesan / Domark	31.73 D	115.48 ABC	17.01 CD	19.62 CD

CONCLUSION

The results show considerable differences in the effects of fungicides. Treatments with combinations of Triazole and Strobilurin are superior to treatments with Triazole in terms of infection frequency and intensity as well as in yield and quality parameters of sugar beet.

REFERENCES

- 1 WOLF, P.F.J., WEIS, F.J., VERREET, J.-A.: Grundlagen einer integrierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben. *Zeitschr. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.* 102 (6), 574-585, 1995

4.2 GERHARD SIGL¹, EDMUND RAUCHBERGER², JOHANNES REFENNER², HERBERT EIGNER¹, PETER LIEBHARD²

¹Zuckerforschung Tulln, Josef-Reither-Str. 21-23, A – 3430 Tulln

²Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Str. 33, A – 1180 Wien

EFFECTS OF DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS ON YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET IN A LONG-TERM TRIAL

ABSTRACT

The influence of different soil management systems on crop growth, yield and essential quality criteria of various crops as well as selected soil physical parameters have been tested in a long-term field experiment set up in 1996 by the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.

Three systems with reduced tillage (mulch farming) respectively minimum tillage (shallow mulch farming and non tillage) were compared to conventional ploughing. Another system combined conventional and minimum tillage (integrated tillage). Trials with sugar beet were carried out 2010 and 2011 in two parallel crop rotations. 2010 68 t/ha and 2011 70 t/ha sugar beet have been harvested on average.

Conventional ploughing and mulch farming achieved significant higher yield in 2010. Beet yield of the remaining tillage systems was between four and eight percent lower compared to mulch farming. 2011 showed inverse results for these management systems. Non tillage, shallow mulch farming and integrated tillage were in advance with seven to twelve percent higher beet and sugar yield.

The observed results are in relation to the amount of precipitation in the period May to August. The accumulated precipitation for this period was by 42% lower in 2011 than in 2010. In case of insufficient water supply during critical growing stages of sugar beet, reduced tillage allows an increase in yield.

ESSAI A LONG TERME EXAMINANT LES INFLUENCES DE DIFFERENTS SYSTEMES DE GESTION DU SOL SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITE DES BETTERAVES SUCRIERES

RESUME

Afin d'étudier l'influence de différents systèmes de travail du sol sur le développement et la croissance de différentes cultures, ainsi que sur leur rendement et leurs critères de qualité, et en tenant compte de différents paramètres physiques du sol, un essai de longue durée fut mis en place dès 1996 à l'université agronomique de Vienne (Universität für Bodenkultur Wien).

Le labour conventionnel fut comparé à trois procédés différents de réduction du labour (pseudo-labour sur paille) ou de sa suppression (travail superficiel du sol, semis-direct). De plus, un système d'exploitation combiné fut testé. Des essais sur les betteraves à sucre ont pu être menés en 2010 et 2011 grâce à deux rotations en parallèle. En moyenne, 68t/ha de betteraves furent récoltées en 2010, et 70t/ha en 2011.

Les systèmes en labour conventionnel et en pseudo-labour sur paille (mulch) présentèrent des rendements significativement plus élevés pour l'année 2010. Les variantes avec un travail de sol minimal donnèrent des résultats entre 4 à 8 % plus bas que ceux du labour conventionnel et pseudo-labour. Ces mêmes variantes présentèrent cependant en 2011 une hausse de 7 à 12 % des rendements. Les mêmes relations furent retrouvées concernant le rendement en sucre.

La baisse de rendement pour les systèmes en labour conventionnel et en pseudo-labour sur paille en 2011 s'expliquerait par les bien moins importantes précipitations, en baisse de 42 % dans la période de mai à août. Ainsi, si l'apport en eau est trop faible lors des phases critiques de croissance de la betterave, il est possible d'augmenter les rendements en limitant le travail du sol, en particulier en utilisant le pseudo-labour.

AUSWIRKUNGEN VERSCHIEDENER BODENBEARBEITUNGSSYSTEME AUF ZUCKERRÜBENERTRAG UND –QUALITÄT IM LANGZEITVERSUCH

KURZFASSUNG

Zur Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Wachstumsprozesse, Ertrag und Qualitätskriterien verschiedener Kulturen sowie ausgewählte bodenphysikalische Parameter wurde an der Universität für Bodenkultur Wien 1996 ein Langzeitversuch angelegt.

Einer konventionellen Pflugvariante (Lockerbodenwirtschaft) wurden drei Verfahren mit reduzierter (Lockerboden-Mulchwirtschaft) bzw. minimaler Bodenbearbeitung (Festboden-Mulchwirtschaft, Festbodenwirtschaft) gegenübergestellt. Zudem stand eine Variante mit wechselnder Bewirtschaftung in Prüfung. Versuche zu Zuckerrübe konnten aufgrund zweier paralleler Fruchtfolgen 2010 und 2011 durchgeführt werden. Im Mittel wurden 2010 68 t/ha, 2011 70t/ha Rübe geerntet.

Die Lockerbodenwirtschaft sowie die Lockerboden-Mulchwirtschaft wiesen 2010 signifikant höhere Rübenenerträge auf. Die Varianten mit minimaler Bodenbearbeitung lagen in diesem Jahr zwischen vier und acht Prozent unter der Lockerbodenwirtschaft. Ebendiese Varianten verzeichneten jedoch 2011 Mehrererträge von sieben bis zwölf Prozent. Gleiche Relationen zeigen sich beim Zuckerertrag.

Als Ursache ist eine gegenüber 2010 mit minus 42 % deutlich geringere Niederschlagssumme 2011 für den Zeitraum Mai bis August anzusehen. Ist eine unzureichende Wasserversorgung in den kritischen Wachstumsphasen der Zuckerrübe gegeben, so ist eine Steigerung des Rübenenertrags durch reduzierte Bodenbearbeitung möglich.

INTRODUCTION

Compatibility of sugar beet production has to be improved. On the one hand proceeds can be increased by higher yields. On the other hand soil management, next to costs for fertilizers and manpower affect expenditures especially. Different systems of tillage and soil preparation, ranging from conventional ploughing to non tillage systems, are discussed. Fixed and variable costs are influenced.

A vast number of trials with different soil management systems were conducted in the past to define the impact on yield and quality. As comprehensive as the experiments are, the results are equally as comprehensive. Trials with reduced or minimum tillage showed higher yield of winter cereals (Hoffmann and Koch, 1998; Dieckmann *et al.*, 2006). Compared to this, yield in sugar beet decreased (Ehlers and Claupen, 1994; Liebhard, 1997; Dieckmann and Koch, 2008). Reduction in cultivation intensity induces mostly positive effects like reduced erosion, increased biodiversity or improved soil fertility. The present work focuses on the influences and consequences of different soil management systems on plant production aspects.

MATERIALS AND METHODS

In a long-term field experiment the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, compares different soil management systems in Raasdorf since 1996. The trial is located on a chernozem (sandy loam, humus content approximately 3.1%) under Pannonian climate conditions. Three systems with reduced tillage (mulch farming) respectively minimum tillage (shallow mulch farming and non tillage) were compared to conventional ploughing on a sandy loam. Another system combined conventional and minimum tillage (integrated tillage). Trials with sugar beet were carried out in two parallel crop rotations in 2010 and 2011.

The different soil management systems are defined in the following way:

Conventional ploughing: plough annually

Integrated tillage: cultivator or deep cultivator basically; plough only on demand; the plough has not been used since many years

Mulch farming: cultivator only; loosening depth approximately 20 cm; deep cultivator on demand

Shallow mulch farming: cultivator only; loosening depth approximately 10 cm

Non tillage: direct sowing into the harvested field

For a better differentiation between the soil management systems sugar beet was not irrigated. Precipitation at the trial site differed between years. Total precipitation from September of the previous year to October of the harvest year was decreasing by approximately 25% from 2010 to 2011 (Figure 1).

Statistics were accomplished with SAS 9.2, whereby a general linear model was alleged. Statistical analysis was done with real yield data, whereas – for better illustration - data are presented relative to conventional ploughing.

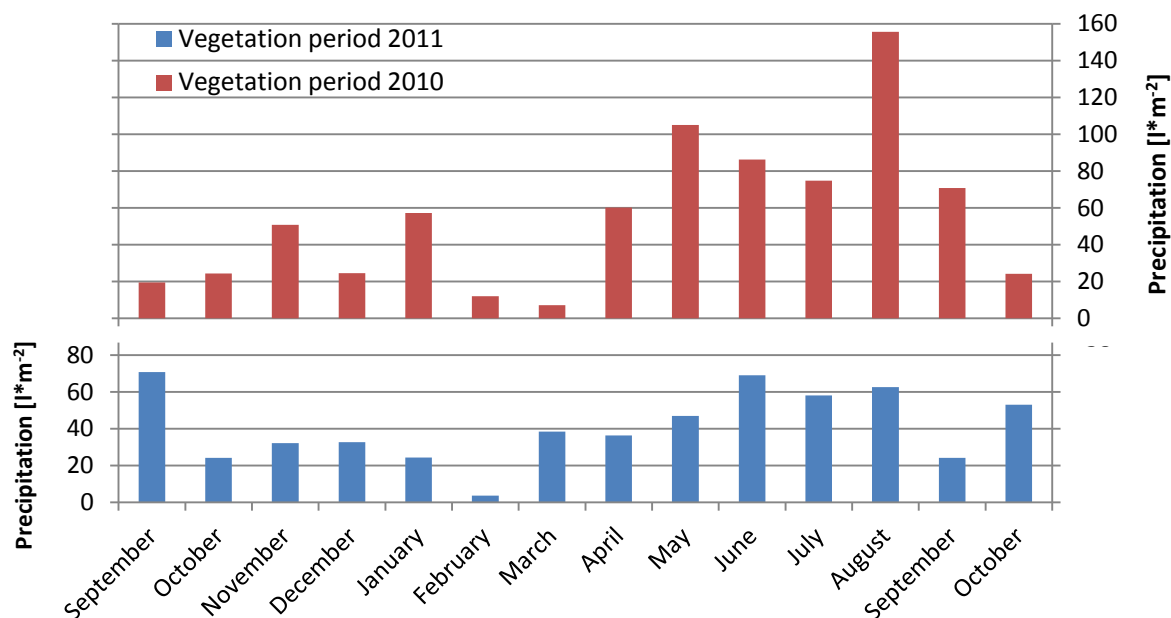


Figure 1: Precipitation [$l \cdot m^{-2}$] in the vegetation periods 2010 and 2011, Leopoldsdorf near Raasdorf

RESULTS AND DISCUSSION

In 2010 67.6 t/ha beet and 13.2 t/ha sugar have been harvested on average. In this year the systems “conventional ploughing” and “mulch farming” achieved significantly higher beet and sugar yields (Table 1). Beet yield from the remaining tillage systems was between four and eight percent lower compared to mulch farming.

2011 showed inverse results for these management systems. Non tillage, shallow mulch farming and integrated tillage were in advance with seven to twelve percent higher beet and sugar yield. The average yield of beet was 70.3 t/ha respective to 13.9 t/ha of sugar.

Table 1: Beet and sugar yield in 2010 and 2011, relative values of different soil management systems compared to conventional ploughing (100%), different letters show significant different groups at $p \leq 0.05$ (LSD)

	beet yield				sugar yield			
	2010		2011		2010		2011	
conventional ploughing	100.0 %	a	100.0 %	c	100.0 %	ab	100.0 %	a
integrated tillage	95.9 %	b	112.8 %	a	95.4 %	c	111.5 %	b
mulch farming	101.8 %	a	99.9 %	c	103.1 %	a	99.8 %	b
shallow mulch farming	96.0 %	b	107.4 %	b	96.9 %	bc	107.3 %	a
non tillage	92.9 %	b	112.8 %	a	93.8 %	c	109.0 %	a
	100 % = 69.2 t/ha		100 % = 66.2 t/ha		100 % = 13.5 t/ha		100 % = 13.2 t/ha	
LSD	2.26 t/ha		2.80 t/ha		0.47 t/ha		0.58 t/ha	

Differences in precipitation between the two years can be assumed as main reason for the observed interaction (Figure 1). While the accumulated precipitation for the whole vegetation year was approximately 25% less in 2011, precipitation in the – for sugar beet – crucial period from May to August is, in 2011, 180 mm lower than in 2010 (420 mm). This hypothesis is supported by the fact of the limited rooting depth at this site.

CONCLUSION

The observed results are in relation to the amount of precipitation in the period from May to August. In cases of insufficient water supply during critical growth stages of sugar beet, reduced tillage allows an increase in yield.

Due to the reduced cultivation intensity within the systems “non tillage”, “shallow mulch farming” and “integrated tillage” water availability is more sustainable – especially during long drought periods. This can be explained by a better and especially more continuous pore structure, which ensures higher water capacity.

Contrarily, soil management systems with higher process intensity show significant advantages in beet and sugar yield if enough precipitation is available.

The achieved results are valid for conditions equal to the trial site.

REFERENCES

- 1 DIECKMANN, J., KOCH H, H.-J.: Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf chemische Bodeneigenschaften und Zuckerrübenenertrag. *Pflanzenbauwiss.* 12 (1), 22-31, 2008.
- 2 DIECKMANN, J., MILLER, H., KOCH, H.-J.: Rübenwachstum und Bodenstruktur – Ergebnisse aus dem Gemeinschaftsprojekt Bodenbearbeitung. *Zuckerindustrie* 131, 642-654, 2006.
- 3 EHLERS, W., CLAUPEIN, W.: Approaches towards conservation tillage in Germany. In: CARTER, M.R. (ed.): Conservation tillage in temperate agroeco-systems. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 141-165, 1994.
- 4 HOFFMANN, C., KOCH, H.-J.: Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und N-Aufnahme von Weizen und Gerste bei unterschiedlicher N-Düngung. *Pflanzenbauwiss.* 2 (2), 69-75, 1998.
- 5 LIEBHARD, P.: Einfluss der Primärbodenbearbeitung auf Ertrag, Ertragsverhalten und ausgewählte Qualitätskriterien von Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 8). *Bodenkultur* 48 (1), 3-14, 1997.

4.7 GUY LEGRAND, ANDRÉ WAUTERS
IRBAB, Molenstraat. 45, B – 3 300 Tirlemont

EARLY SOWING OF SUGAR BEETS IN BELGIUM: POSSIBILITIES OF APPLICATION AND YIELD RESPONSE

ABSTRACT

Early sowing trials were performed in 2011 by the IRBAB. The testing protocol has 3 drilling time (beginning March, mid-March and beginning of April), combined with 3 harvesting time (beginning of September, beginning of October, beginning of November), with 4 varieties for each combination.

This type of experiment is intended to assess the yield response which can be expected, the bolting risk, the susceptibility to leaf diseases and the industrial quality at harvesting time.

The purpose of these experiments is to evaluate the yield potential of early sowing combined with early harvesting and therefore to assess the opportunity to start earlier the beet campaign period. The meteorological and agronomic criteria to achieve an early sowing are detailed.

SEMIS PRECOSES DE BETTERAVES EN BELGIQUE : POSSIBILITES DE REALISATION ET GAIN DE RENDEMENT

RESUME

Des essais de semis précoces ont été réalisés en 2011 par l'IRBAB. Le protocole des essais comporte 3 dates de semis (début mars, mi-mars et début avril), combinées avec 3 dates d'arrachage (début septembre, début octobre, début novembre), avec 4 variétés pour chaque combinaison.

Ce type d'essai est destiné à évaluer le gain de rendement que l'on peut envisager, le risque de montées à graine, la sensibilité aux maladies foliaires et la qualité industrielle au moment des récoltes.

Le but de ces essais est d'évaluer le potentiel des semis précoces combinés à des arrachages précoces et donc d'évaluer la possibilité d'avancer la période de la campagne betteravière. Les critères météorologiques et agronomiques permettant de réaliser un semis précoce sont détaillés.

FRÜHAUSSAAT VON ZUCKERRÜBEN IN BELGIEN: ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN UND ERTRAGSREAKTION

KURZFASSUNG

2011 wurden vom IRBAB Feldversuche mit früher Aussaat von Zuckerrüben durchgeführt. Geprüft wurden 3 Aussaattermine (Anfang März, Mitte März, Anfang April) in Kombination mit 3 Ernteterminen (Anfang September, Anfang Oktober, Anfang November) mit 4 Sorten in jeder Kombination. Die Anlage der Versuche beabsichtigte, die Reaktion auf den Ertrag, die Schossgefahr, die Anfälligkeit gegenüber Blattkrankheiten und die Verarbeitungsqualität der Rübe zum Erntetermin zu beurteilen. Das Ziel dieser Versuche ist, das Ertragspotenzial bei früher Aussaat kombiniert mit früher Ernte zu bewerten und folglich die Möglichkeit einer früheren Rübenkampagne zu prüfen. Die meteorologischen und agronomischen Kriterien für eine frühe Aussaat werden ausführlich vorgestellt.

INTRODUCTION

D'importantes études climatologiques réalisées par l'IRM (Institut Royal Météorologique, Uccle) démontrent l'impact du réchauffement climatique global sur notre climat national. Ainsi, vers 1830, la température annuelle moyenne en Belgique était de $\pm 9^{\circ}\text{C}$. Depuis, elle s'est élevée de $+1^{\circ}\text{C}$ en

moyenne vers les années 1910 et encore de +1°C vers les années 1980. De fortes variations entre les années sont néanmoins observées.

Parmi les nombreuses observations liées au changement climatique, ces études observent par exemple que la date du dernier jour de gel printanier en Belgique est devenue plus hâtive. Avant 1930, elle était située au ± 20 avril. Elle se situe actuellement au ± 15 mars.

Depuis ± 1980 (période à partir de laquelle le semis de la betterave est réalisé en place, avec des graines 100% monogermes), on observe en Belgique un avancement de la date du tout premier semis de la betterave (Figure 1). Cet avancement n'est pas uniquement lié à la climatologie. L'amélioration de la qualité des graines et de la tolérance à la montée à graines, la mécanisation, l'organisation des exploitations agricoles sont des éléments favorables à cette évolution.



Figure 1: Date du 1^{er} semis de betterave en Belgique, 1982 - 2011 (source : Service Agronomique des sucreries).

La date du 1^{er} semis n'est pas liée directement à la température du moment. Le 1^{er} semis (et les semis ultérieurs) sont réalisés lorsque la température est proche de 0°C, ou comprise entre 0 et 5°C ou supérieure à 5°C. Le réchauffement climatique n'est pas un élément déterminant pour effectuer un semis de betterave. D'un point de vue climatologique, c'est l'absence de pluies, et bien évidemment l'accessibilité des terres, qui détermine la faisabilité d'un semis.

De façon générale et sur base des relevés climatologiques de l'IRM à Uccle, on remarque qu'une période de 6 jours sans pluies observée à partir de la mi-février déclenche la date du 1^{er} semis (Figure 2). Cette corrélation n'est évidemment pas parfaite puisque les données pluviométriques à Uccle ne s'appliquent pas à l'ensemble de la zone betteravière nationale. L'absence de pluies pendant 6 jours n'est parfois pas suffisante dans certains cas pour que les terres soient suffisamment ressuyées avant de pouvoir les aborder. L'orientation du vent, la température extérieure, le type de sol, l'organisation de la ferme, les travaux du sol et l'épandage de matières organiques, la disponibilité des graines, ... interviennent également dans la décision d'effectuer un semis (très) hâtif de la betterave. La pluviométrie printanière, son importance et la fréquence des averses ne sont pas corrélées au réchauffement climatique.

MATERIEL ET METHODES

Des essais de semis précoces ont été réalisés par l'IRBAB en 2011, à Lens-Saint-Rémy et à Marilles (Brabant wallon). Ces essais comportaient des blocs de parcelles d'essais (4 répétitions), semés à 3 dates différentes (début mars, fin mars et début avril). Chacun de ces blocs était divisé en 3 sous-blocs. Ces derniers étaient destinés à être récoltés chacun à un moment différent (début septembre, début octobre, début novembre). Ces essais comportaient 4 variétés, soit une variété de chaque type (une variété riche, une variété lourde, une variété équilibrée) et une variété anti-nématodes.

Pour les semis de début mars 2011 (soit le 04.03 à Marilles et le 07.03 à Lens), le nombre de jours « vernalisants » (température < 5°C) jusqu'à la fin avril 2011 a été assez faible (± 14 jours). Le nombre de jours « dévernalissants » (température > 25°C) observé jusqu'à la fin juin a été de 10. Les

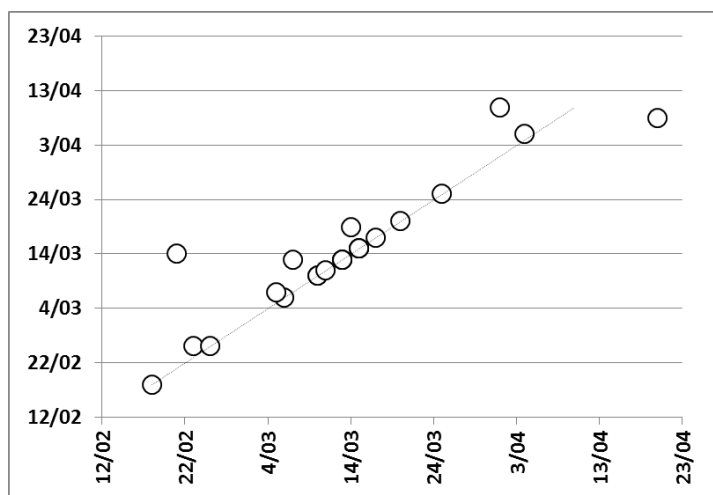


Figure 2: Corrélation entre la date de 1^{er} semis en Belgique (période 1989- 2010) (axe vertical) et une date théorique de possibilité de 1^{er} semis déterminée selon une période de 6 jours consécutifs sans pluies observée à Uccle par l'IRM, à partir de la mi-février (axe horizontal).

conditions climatiques de mars et avril 2011 ont été peu favorables à la vernalisation et à la montée à graines des betteraves. Il n'y a pas eu de montées à graines dans les essais, même chez la variété anti-nématodes.

Dans ces deux essais, l'évolution de la croissance foliaire des betteraves a été suivie chaque semaine, de la levée jusqu'à la fermeture des lignes (Figure 3). La cotation utilisée correspond à celle d'une échelle internationale (échelle BBCH où 5 = stade cotylédons et 40 = fermeture des lignes).

Ces essais ont été récoltés à 3 dates différentes pour établir l'évolution des paramètres de rendement. Suite à des coefficients de variation trop importants, les données de l'essai de Marilles ont été abandonnées. Les données de l'essai de Lens sont reprises ci-après. Suite aux trois dates de semis combinées chacune aux trois dates de récolte, on obtient neuf durées de végétation, telles que décrites dans le tableau 1.

Tableau 1. Nombre de jours de végétation pour chaque date de semis combinée à chacune des dates d'arrachage (Essai de Lens Saint Rémy).

Dates de semis	Dates de récolte		
	6 septembre	4 octobre	29 octobre
11 mars	179	207	232
27 mars	163	191	216
7 avril	152	180	205

Dans l'essai de Lens, le nombre de jours de végétation s'échelonne de 152 jours (± 5 mois) à 232 jours ($\pm 7,5$ mois). On peut noter que la durée maximale de végétation d'une culture de betterave peut atteindre 250 jours (± 8 mois) en Belgique, avec un semis effectué au plus tôt, soit le 10 mars, et récolté au plus tard, soit le 15 novembre.

RESULTATS ET DISCUSSION

On observe que le semis le plus précoce ne conserve pas son avance par rapport aux semis ultérieurs (Figure 3). Il ferme les lignes en même temps voire après le semis intermédiaire. Le semis intermédiaire (16.03 à Marilles et 27.03 à Lens) conserve son avance par rapport au semis effectué au début avril (07.04 à Marilles et à Lens) et ferme les lignes avant les autres semis.

Suite à la sécheresse observée au printemps 2011 (surtout en avril et mai), les semis effectués au début avril ont été pénalisés par rapport aux semis hâtifs effectués en mars. Les semis effectués en avril 2011 ont parfois été quelque peu freinés par un désherbage rendu plus agressif suite à la sécheresse persistante.

On observe, sur les graphiques de la figure 3, qu'il y a un délai d'environ deux mois entre la date de semis et la date de fermeture des lignes, lorsque le développement de la végétation n'est pas pertur-

bé par des conditions défavorables (températures trop froides, manque d'eau, traitements de désherbage trop agressifs, ...). Ce délai correspond à environ 800 à 900 degrés jours.

Suite à la sécheresse observée au printemps 2011 (surtout en avril et mai), les semis effectués au début avril ont été pénalisés par rapport aux semis hâtifs effectués en mars. Les semis effectués en avril 2011 ont parfois été quelque peu freinés par un désherbage rendu plus agressif suite à la sécheresse persistante.

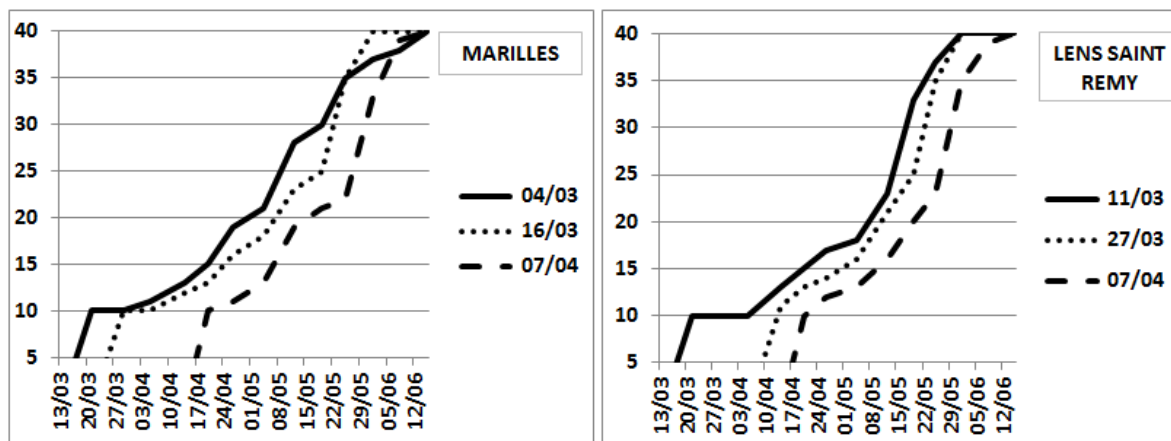


Figure 3: Évolution de la croissance foliaire des betteraves des essais de semis précoces 2011 à Marilles et à Lens pour 3 dates de semis et selon l'échelle de cotation internationale BBCH (axe vertical) (5 = stade cotylédons, 40 = fermeture des lignes)

Avec les conditions climatiques dans l'ensemble très favorables au développement de la betterave en 2011, on observe (Figure 4) que le rendement racine mesuré dans l'essai de Lens (toutes variétés confondues) atteint un niveau très élevé, mais que sa progression est asymptotique (évolution de plus en plus lente) en fonction du nombre de jours de végétation. Les rendements mesurés pour les parcelles semées en avril (07.04) ne suivent cependant pas cette évolution. Ces parcelles ont visiblement été pénalisées par la sécheresse du printemps pendant leur première période de végétation. Elles ne parviennent plus à rattraper ce handicap, même à des dates de récolte plus tardives. Leur rendement évolue peu en fonction du nombre de jours de végétation.

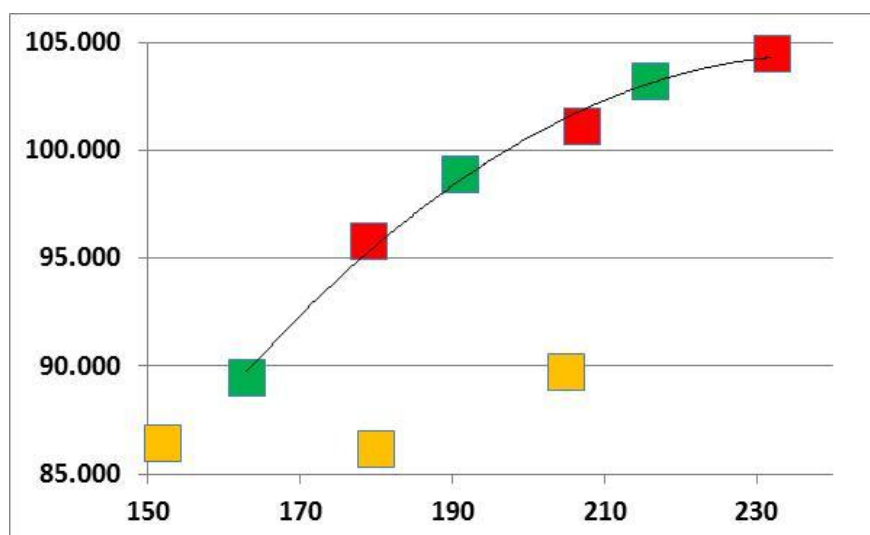


Figure 4: Évolution du rendement racines (kg/ha, axe vertical) selon le nombre de jours de végétation pour différentes dates de semis à Lens (moyenne de 4 variétés en 4 répétitions chacune) (rouge: semis au 11.03; vert: semis au 27.03; orange: semis au 07.04). La courbe de régression est établie avec les rendements racines des semis du 11.03 et du 27.03 uniquement. Le semis du 07.04 a été pénalisé par la sécheresse observée au printemps 2011.

Par contre, le rendement racines le plus élevé est atteint avec le semis le plus précoce, soit avec une durée de végétation de 232 jours dans cet essai. Le semis du 11.03 et celui du 27.03 ont tous deux bénéficié de conditions favorables pendant leurs premières périodes de végétation. Une courbe de régression peut être dessinée sur base des valeurs de ces deux premiers semis. Elle illustre l'évolution asymptotique du rendement racines selon le nombre de jours de végétation.

De façon plus générale, on observe un effet significatif de la date de semis et de la date de récolte sur le rendement racines.

A l'inverse du rendement racines, il n'y a pas d'effet significatif de la date de semis sur la teneur en sucre. En effet, celle-ci s'établit en fin de saison et est directement fonction de la date de récolte.

L'évolution de la teneur en sucre (toutes variétés confondues) de l'essai de Lens est présentée à la Figure 5: On observe toutefois que l'évolution de la teneur en sucre évolue de façon asymptotique, selon la date de récolte et qu'elle se stabilise en fin de saison. La teneur en sucre n'est pas directement fonction du nombre de jours de végétation.

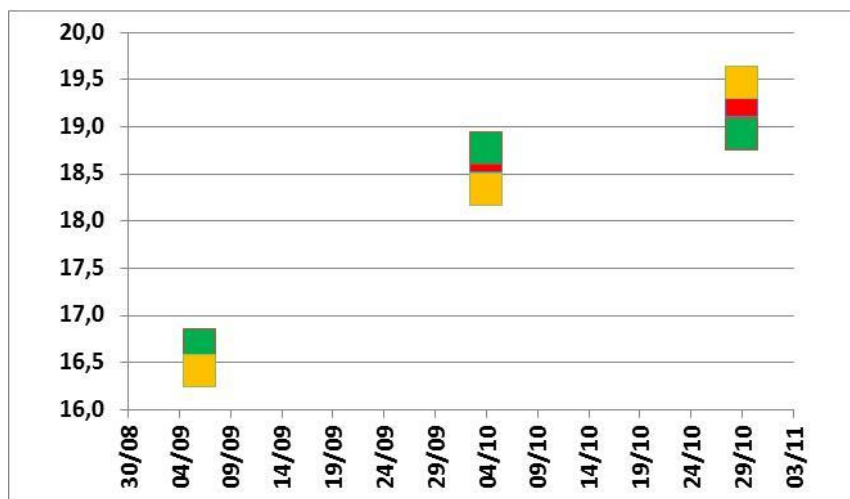


Figure 5: Évolution de la teneur en sucre (% , axe vertical) selon la date de récolte pour différentes dates de semis à Lens (moyenne de 4 variétés en 4 répétitions chacune) (rouge: semis au 11.03; vert: semis au 27.03; orange: semis au 07.04).

L'évolution du rendement sucre est fonction du nombre de jours de végétation (Figure 6). Il y a dans ce cas également un effet significatif de la date de semis et de la date de récolte. Le rendement sucre diminue selon une date de semis plus tardive et augmente selon une date de récolte plus tardive. Il est le plus élevé avec la durée de végétation la plus élevée (toutes variétés confondues), soit 20,10 t/ha pour le semis du 11.03, récolté le 29.10. Comme pour celle du rendement racines, l'évolution du rendement sucre est également asymptotique. Le graphique de la figure 6 est établi de la même façon que celui de la figure 4, en ce qui concerne l'établissement de la courbe de régression.

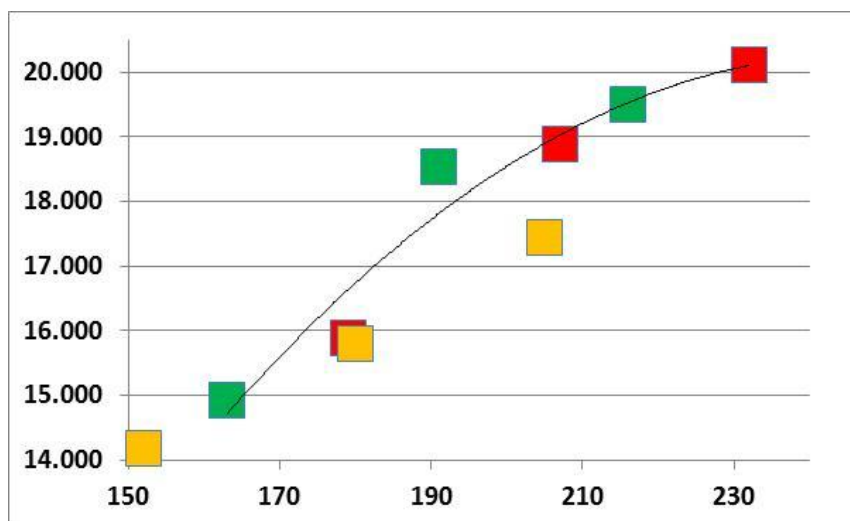


Figure 6 : Évolution du rendement sucre (kg/ ha, axe vertical) selon le nombre de jours de végétation pour différentes dates de semis à Lens (moyenne de 4 variétés en 4 répétitions chacune) (rouge: semis au 11.03; vert: semis au 27.03; orange: semis au 07.04). La courbe de régression est établie avec les rendements sucre des semis du 11.03 et du 27.03 uniquement. Le semis du 07.04 a été pénalisé par la sécheresse observée au printemps 2011.

Selon les données de l'essai de Lens, selon la différence entre la plus courte et la plus longue période de végétation (soit 80 jours), l'accroissement en sucre brut journalier est de 74 kg/jour/ha. Cet accroissement n'est plus que de 38 kg sucre brut/jour/ha entre l'arrachage au 04.10 et celui du 29.10 (soit 41 jours d'intervalle) pour les deux semis hâtifs.

Selon cet essai, il apparaît également que, pour une même durée de végétation, le semis du 11.03 récolté le 06.09 (= 179 jours de végétation) et le semis du 07.04, récolté un mois plus tard, soit le 04.10 (= 180 jours de végétation) présentent plus ou moins le même niveau de rendement sucre, soit respectivement 15,88 t/ha et 15,80 t/ha, sachant que le semis du 07.04 a été pénalisé par la sécheresse printanière.

Les données de l'essai de Lens montrent également que l'extractibilité évolue favorablement avec la saison. Elle était déjà très élevée lors de la première date de récolte. L'extractibilité n'est pas fonction de la date de semis.

CONCLUSIONS

De façon générale, on peut conclure que les niveaux de rendement racines et sucre de la betterave sont fonction du nombre de jours de végétation. En conditions climatiques favorables à la betterave (pas de stress hydrique), cette évolution est asymptotique. Le niveau maximum de rendement est atteint avec la plus longue période de végétation (soit 250 jours en Belgique).

Les autres conclusions de l'essai sont que :

- * le désherbage doit être effectué avec attention, quelle que soit la date de semis, c'est-à-dire dès la levée des premières adventices et être répété à intervalles réguliers de 6 à 8 jours,
- * les maladies foliaires n'apparaissent pas plus tôt dans les semis précoces,
- * la betterave laisse peu de reliquats azotés dans le profil (0-90 cm) à la récolte et ce indépendamment de la date de semis,
- * les conditions climatiques après le semis et jusqu'à la fermeture des lignes sont essentielles et déterminantes pour le niveau de rendement potentiel à atteindre,
- * un retard de la fermeture des lignes chez un semis très précoce ne se traduit pas nécessairement par un rendement sucre final plus faible (mais plus élevé car sa durée de végétation peut être plus longue),
- * que le semis doit être réalisé lorsque la terre est suffisamment ressuyée. Un semis effectué dans une terre encore trop humide peut pénaliser le développement de la betterave pendant de longs mois, que le semis ait été très hâtif, hâtif ou effectué à date normale. Un intervalle de 6 jours sans pluies observé à partir du début mars peut décider l'agriculteur à effectuer un semis hâtif. La température extérieure à partir de cette période n'est plus un élément pénalisant (les gelées nocturnes sont beaucoup moins fréquentes qu'auparavant et le risque de montées est plus faible),
- * il convient de conserver les meilleures terres pour les arrachages tardifs et, si possible, de les semer très tôt.

Rappelons enfin que dans l'essai de Lens, le semis très hâtif a toujours présenté un meilleur rendement sucre que le semis hâtif, pour une même date d'arrachage, malgré un retard de végétation en début de période et une fermeture des lignes observée à la même date. Par rapport au semis du 07.04 à Lens (pénalisé par la sécheresse), le gain de rendement sucre d'un semis très hâtif et d'un semis hâtif était respectivement de +12% et +5% à la récolte du 06.09 et de +20% et +17% à la récolte du 04.10.

De façon générale, des semis (très) hâtifs permettent d'augmenter le potentiel de production. Ils peuvent permettre aux betteraviers de livrer plus précocement des betteraves avec un revenu plus important. Une libération plus hâtive des terres est profitable à la culture qui suit et normalement aux conditions d'arrachage.

Des récoltes et des livraisons plus hâtives limitent les pertes au stockage, ce qui est profitable à l'ensemble de la filière betterave-sucre. En 2011, des semis hâtifs ont incité les sucreries à commencer la campagne betteravière très tôt (5 septembre), ce qui limite le risque inhérent à des campagnes qui se prolongent bien au-delà de la nouvelle année.

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un projet de recherches financé en partie par le Service public de Wallonie, Ministère de l'Agriculture, D'GARNE- Service de la Recherche.

5.1 GUY LEGRAND

IRBAB, Molenstraat. 45, B – 3 300 Tirlemont

SUGAR BEET CLAMP COVERING IN BELGIUM: POSSIBILITIES OF PROTECTION BY HEAVY FROST

ABSTRACT

Since 2010, the use of geotextile (Toptex fleece) to cover the sugar beet clamps is widespread in Belgium. By its property to limit the rainwater intake within the clamp, this type of fleece allows to keep the clamp dry and gradually dry the dirt tare. Cleaning capacity of the cleaning-loading machines is hereby significantly improved. This type of fleece allows good ventilation of the clamp, which is a negative element by intense frost, or winds of polar origin, in the absence of a sufficient protective snow cover.

In 2010, the Belgian Institute on Sugar beet Research (IRBAB) worked to develop and experiment a new prototype of plastic sheet that can easily be used on clamps covered with Toptex, to strengthen the protection of the clamp and especially the base of the clamp, during frost periods. This prototype is windproof and covers the clamp up to half. It is attached directly to the Toptex through hookfastener strips sewn on the edges. This cover can be placed manually by a single person. It requires no (or little) ballast to be fixed. It can be quickly removed for thawing and is reusable several years. In the presence of snow at loading time, it allows to remove the layer of snow at the bottom of the clamp conveniently. Protected in this way, Toptex fleece then freezes little. It stays almost dry and can be removed much more easily. With this extracovering used in the IRBAB 2010 trials, the determined percentage of frozen beet was significantly lower than that observed in clamps covered with Toptex alone.

A Belgian company has developed this prototype in 2011. These new plastic covering sheets (trade name: "Jupette") will be evaluated in different countries in 2011.

BACHAGE DE TAS DE BETTERAVES EN BELGIQUE : POSSIBILITES DE PROTECTION CONTRE LE GEL INTENSE

RESUME

Depuis 2010, l'utilisation de géotextiles (bâches Toptex) s'est généralisée en Belgique pour couvrir les tas de betteraves. Par sa propriété de limiter l'apport d'eau de pluie à l'intérieur du tas, ce type de bâche permet de maintenir le tas au sec et d'assécher progressivement la tare terre. La capacité de décrottage des avaleuses-décrotteuses de silos s'en trouve nettement améliorée. Ce type de bâche permet une bonne ventilation du tas, ce qui constitue un élément défavorable par gel intense, ou par vents d'origine polaire, en l'absence d'une couche de neige suffisamment protectrice.

Les travaux réalisés en 2010 par l'IRBAB ont veillé à développer et à expérimenter un nouveau prototype de bâche plastique qui puisse être aisément utilisée sur les tas bâchés avec Toptex, afin de renforcer la protection des tas de betteraves et surtout la base du tas, lors de périodes de gel. Ce prototype est imperméable au vent et couvre le tas jusqu'à mi-hauteur. Il s'accroche de lui-même au Toptex grâce à des bandes auto-agrippantes cousues sur les bords. Cette bâche peut être placée manuellement par une personne seule. Elle ne nécessite pas (ou peu) de lest. Elle peut être rapidement enlevée en cas de dégel et est réutilisable plusieurs années. En présence de neige au moment du chargement, elle permet d'évacuer commodément la couche de neige au pied du tas. Protégée de la sorte, la bâche Toptex est alors peu gelée, quasi sèche et s'enlève beaucoup plus facilement. Grâce à ce surbâchage, le pourcentage de betteraves gelées déterminé dans les essais de l'IRBAB en 2010 était nettement plus faible que celui observé dans un tas bâché avec Toptex seul.

Une société belge a développé ce prototype de bâche en 2011. Ces nouvelles bâches (nom commercial : « Jupettes ») seront évaluées dans différents pays en 2011.

ABDECKUNG VON ZUCKERRÜBENMIETEN IN BELGIEN: SCHUTZMÖGLICHKEITEN BEI STARKEM FROST

KURZFASSUNG

Seit 2010 ist der Einsatz von Geotextilien (Toptex Vlies) zur Abdeckung von Zuckerrübenmieten in Belgien weit verbreitet. Die Eigenschaft, das Eindringen von Regenwasser in die Miete zu begrenzen, erlaubt die Miete trocken zu halten und den Erdanhang schrittweise zu trocknen. Die Reinigungskapazität der Lade- und Reinigungsmaschinen wird beträchtlich verbessert. Dieser Vliestyp erlaubt eine gute Durchlüftung der Rübenmiete, die sich allerdings bei intensiven Frost oder Winden polaren Ursprungs negativ auswirkt, wenn eine ausreichende Schneedecke fehlt.

Im Jahr 2010 arbeitete das Belgische Institut für Zuckerrübenforschung (IRBAB) an der Entwicklung und Erprobung eines neuen Prototyps einer Plastikfolie, die einfach mit Toptex Vlies abgedeckten Rübenmieten eingesetzt werden kann, um die Miete und speziell den Fuß der Miete während Frostperioden zu schützen. Dieser Prototyp ist winddicht, und bedeckt die Miete bis zur Hälfte. Sie wird direkt am Toptex Vlies an den Kanten angebracht. Diese Abdeckung kann durch eine einzelne Person aufgebracht werden. Es erfordert keinen oder nur geringen Ballast zum Beschweren. Es kann zum Tauen schnell entfernt werden und ist über mehrere Jahre wiederverwendbar. Bei Vorhandensein von Schnee während der Beladung erlaubt es, die Schneesichten am Mietenfuß in geeigneter Weise zu entfernen. So als Schutz eingesetzt, gefriert das Toptex Vlies ein wenig. Die Abdeckung bleibt immer trocken und kann viel leichter entfernt werden. Mit der Extra-Abdeckung, wie sie in den IRBAB-Versuchen genutzt wurden, war der gemessene Anteil an Frostrüben signifikant niedriger als in der Kontrolle, die nur mit Toptex alleine abgedeckt waren.

Eine belgische Gesellschaft hat den Prototyp in 2011 entwickelt. Diese neue Plastik-Abdeckfolie (Handelsname „Jupette“) wird in verschiedenen Ländern in 2011 geprüft.

INTRODUCTION

The use of fleeces of the type geotextile (trade name : « Toptex[®] ») to cover the sugar beet clamps is widespread in Belgium since 2010, according to the inter-professional agreements established in this regard (Vandergeten, J.P. and Legrand, G., 2009 ; Legrand, G. and Vandergeten, J.P., 2010). This material is composed of non-woven polypropylene fibres. Micro-perforations allow passage of air but not rain. Properly placed on triangular sugar beet clamps, with regular top and sides, without indentations or hollows, it limits highly the rainwater intake within the clamp. After a certain period of time, depending on outside temperature and wind intensity, the residual moisture of the clamp dissipates and the soil adhering to the beets dries. After several days (or several weeks) this dirt tare is removed with greater efficiency by machines that load and clean the beet simultaneously (cleaning-loading machines). The base of the clamp has become less moist, which facilitates the loading operations.

The placement, fixation and removal of the Toptex fleece can be mechanized (Legrand, G., 2011a). These fleeces are reusable several years (5 to 10 years or more). They must be stored away from light (UV-sensitive).

The time of placing the Toptex fleece is established according to inter-professional agreements. In practice, a decision tree is proposed to the farmers for the placement of the Toptex fleece (Figure 1).

This type of covering allows good ventilation of the beet clamp and maintains drier air. Opposite, in winter weather and in absence of a sufficiently insulating and protective snow cover, one can observe a more or less important penetration of frost inside the clamp covered with the Toptex fleece, especially by intense frost or winds of polar origin. In these situations, the number of frozen beet layers on the sides of the clamp can become (very) important. Depending on the size of the clamp (width of 8 m or 10 m) and the penetration of the frost, the proportion of the frozen beet can vary from 10 to 20% of the whole clamp. In Belgium, frozen beets are accepted in the deliveries. Thawed beets are denied.

In case of intense frost, a second cover has to be placed on the clamps already covered with Toptex, to limit the penetration of frost in the clamp. Black plastic sheets, in polyethylene, are currently used (trade name « Hyplast », 12m to 15m x 25m, 150µ thick). These sheets have perforated zones (1m wide) in the centre and sides to facilitate the ventilation of the sugar beet clamp on the top and the sides. These sheets limit the penetrating effect of the wind and can maintain a low residual heat inside the clamp. These sheets are intended to cover the whole clamp. They are hard to place, especially in

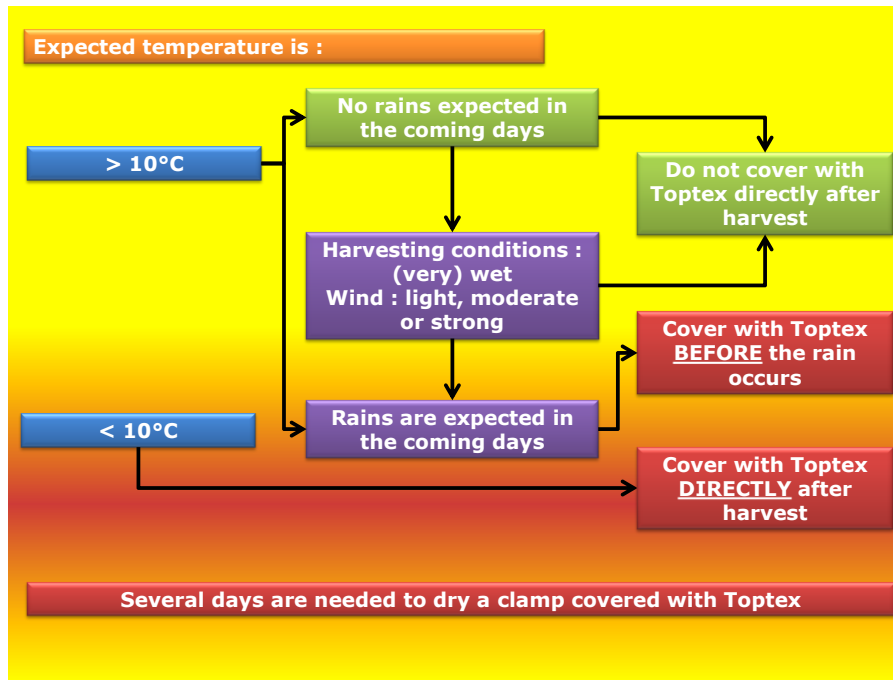


Figure 1: Decision tree for the placement of the Toptex fleece.

windy conditions, even moderate. Several people are needed for this operation. These sheets must be fully secured and fixed with ballast so as not to be damaged or carried away by stronger winds.

In case of intense frost, an advice for a second cover is sent by the sugar-beet factories, in collaboration with IRBAB, by different Medias (website, email, radio and television weather reports, SMS messages ...). The response time for placing a second cover on the sugar beet clamps is then very short, only a 2-3 days. In practice, a decision tree is offered to the farmers for the placement of a second sheet on the clamps covered with Toptex fleece (Figure 2).

In case of rapid or prolonged thawing, the plastic sheet covering the entire clamp must be removed to limit the rise in temperature and humidity in the clamp, favourable to the development of storage moulds. The black plastic sheets are very difficult to reuse. They must be renewed almost every year.

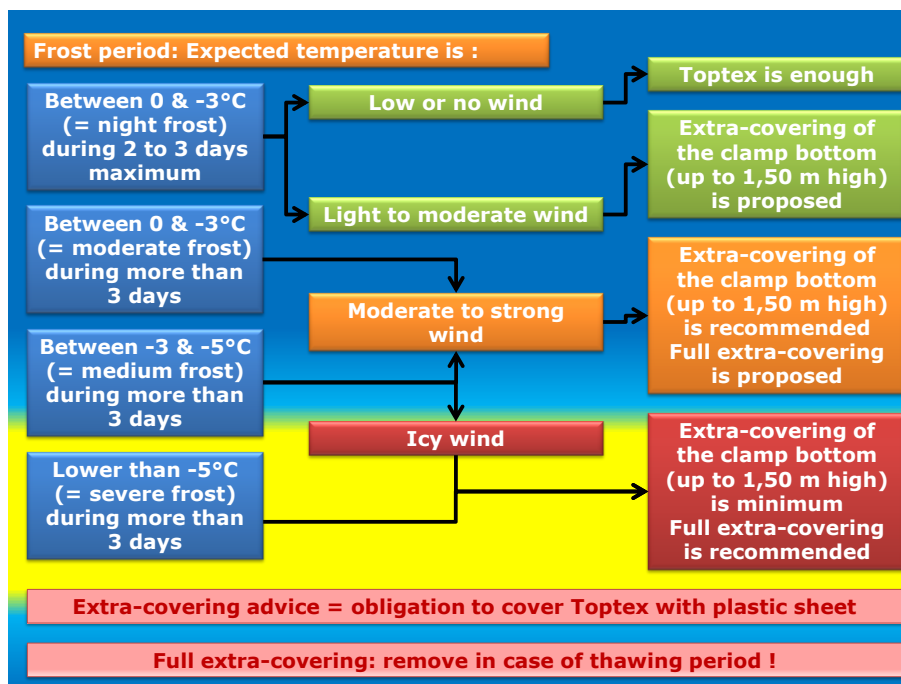


Figure 2: Decision tree for the placement of a second sheet on the clamps covered with Toptex fleece.

Facing various constraints, related to the protection of the clamps covered with Toptex in case of intense frost, the IRBAB has worked to develop in 2010 a prototype of plastic sheet that can be used as a second sheet on clamps already covered with Toptex. This prototype should ideally meet several criteria:

- Be windproof, for limiting the penetration of frost inside the clamp.
- Be sufficiently wide to cover at least the lower half of the clamp (or ± 2.60 m wide to cover the clamp from the ground until at least 1.50 m high = half-sheet). The upper half of the clamp is generally less sensitive to frost, because of the residual heat inside the clamp which is evacuated upwards. Thus, the half-sheet may not be removed too quickly in case of rapid or prolonged thawing. Part of the half-sheet can eventually cover some ground along the pile to adequately protect the part of the clamp which is not covered by the Toptex when this is mechanically fastened to the base of the clamp.
- Be light enough and easy to place by one person alone, with no gear or special equipment for mechanical placement of the second sheet. Indeed, the advice for a second cover demands an immediate response from the beet grower. The time limit for the placement of a second sheet is only one or two days.
- Be able to hold by itself on the Toptex fleece, without tedious fixation to install and with a minimum of ballast to be fixed or stowage system. The fastening system consists of self-gripping strips (hook-fastener trade name: « Velcro ») sewn along the entire length of the upper half of the half-sheet. There are many qualities of self-gripping strips. The ones used have the property to cling perfectly to the fibres of the fleece in geotextile. Subsequently, other prototypes of half-sheets have been developed with self-gripping strips also sewn on the sides of the half-sheets, and also at its base.
- Does not stick to the Toptex fleece in case of frost.
- Have a more or less rough surface for the snow, when present, to stay.
- Be white or colourless to limit a possible heating due to sunlight (as opposed to black plastic).
- Be of sufficient quality to be used for several years.

A prototype of plastic half-sheet meeting these criteria was developed in 2010 by IRBAB, in collaboration with the Belgian Company BONAR TF (Zelee, www.bonartf.com). In practice, this prototype of half-sheet proved to be very easy to place and remove, manually by one person alone and without special equipment. In addition, in the presence of snow, it allows to remove the layer of snow at the bottom of the clamp conveniently (Figure 3). In case of frost, the Toptex fleece under the half-sheet freezes little, stays dry and can be removed more easily. It is no longer necessary, in this case, to need lifting gear (crane, telescopic ...) to remove the Toptex fleece. When (very) windy weather, the self-gripping strips sewn on the half-sheet holds it enough on the Toptex fleece (Legrand G., 2011a and 2011b).

In case of very strong frost, a second half-sheet can be placed, if necessary, above the first half-sheet, to protect the upper half of the clamp. Similar sheets, but larger in width, can be placed athwart wise the clamp to protect the ends of the pile.



Figure 3: In the presence of snow, the half-sheet allows to remove the layer of snow at the bottom of the clamp conveniently. The Toptex fleece below is almost dry, little frozen and easy to remove.

MATERIALS AND METHODS

At the end of the sugar beet campaign 2010, several parts of trial clamps were covered with:

- the Toptex fleece only,
- the Toptex fleece + the half-sheet IRBAB prototype, placed when the advice for a second cover was issued,
- the Toptex fleece + a black plastic sheet, placed when the advice for a second cover was issued.

Three experimental clamps were made between 03 and 25.11.2010. They were covered with the Toptex fleece between 15 and 25.11.2010. Due to an imminent arrival of a period of intense frost, a advice for a second cover was issued by the sugar-beet factories and IRBAB on 29.11.2010. The prototypes of half-sheets of IRBAB and the black plastic sheets were placed on 29.11.2010, in the three trial sites.

The trial clamps were located in Lasne (Brabant wallon), in Dhuy (Province of Namur) and in Gesves (Condroz). A period of intense frost (minimum temperature below -5°C, in Uccle) was observed between 01.12.2010 and 04.12.2010, with strong winds of polar origin, in absence of snow. The snow came afterwards and remained until 05.01.2011. The sugar-beet campaign had ended on 10.01.2011, for some factories. December 2010 was characterized by heavy snowfalls which have harshly penalized the operations of uncovering and loading the sugar beet clamps (Legrand G., 2011c). There were 23 snow days in December 2010 in Uccle (norm: 4.6 days).

After the period of in intense frost, beet samples were taken in the 3 trial sites, for the different covering types, distinguishing them according to the successive beet layers, whether from the first outer layer of beets until \pm the 5th layer (up to \pm 1 m depth). The sampled beets (25 beets per layer) were put to thaw at room temperature. They were then cut in half to assess the impact of frost damage (0, 25, 50, 75 or 100% frost) and its penetration into the clamp, according to the different types of second covering.

Temperature loggers were placed under the different types of covering, at different depths or heights. These loggers reflect the frost penetration into the clamp, provided that the temperature corresponding to the beet zone where the temperature logger is located becomes lower than -3°C. Indeed, knowing that the beet freezes at \pm -3°C, the zone of sugar beets where a temperature logger is placed stays at -3°C until the beets of this zone are not 100% frozen (= protective effect of the outer layer of beets against frost penetration, in absence of winds and temperatures below freezing point of beets).

RESULTS AND DISCUSSION

The percentages of frozen beets set by layers and by methods of second covering are more revealing the intensity and the depth reached by the frost than the temperatures established by the loggers.

The average percentage of frozen beet by layers and methods established for the 3 trial sites is presented in table 1. According to these three trial sites, we observe that \pm 3.5 beet layers at least were frozen during this period of intense frost early December 2010, under the Toptex fleece without second sheet. Depending on the width of the clamp, this corresponds in total with \pm 8.5% frozen beets in a clamp of 10 m wide and with \pm 14.5% in a clamp of 8 m wide. We observed that there are \pm 1.5 layers of frozen beets at more under the Toptex fleece covered with the half-sheet IRBAB prototype or with the black plastic sheet. Depending on the width of the clamp, this corresponds in total with \pm 3.5% frozen beets in a clamp of 10 m wide and with \pm 6% in a clamp of 8 m wide.

Table 1. Average percentage of frozen beets by layer and by covering objects, for the 3 trial sites 2010. The 1st layer is the layer of beets at the clamp surface. The 5th layer is located at \pm 1 m deep.

Sampling level	Ttx	Ttx + 1/2	Ttx + PI
1 st layer	100	74	68
2 nd layer	100	50	44
3 th layer	94	27	30
4 th layer	58	14	17
5 th layer	28	7	19
Average of the 5 layers	76	34	36

Legend: Ttx : Toptex fleece only ; Ttx + 1/2 : Toptex fleece + half-sheet IRBAB prototype; Ttx + PI : Toptex fleece + black plastic sheet.

Similar results were obtained during the winter period at the end of the campaign 2009, with the Toptex fleece, with or without a second cover of black plastic sheet. Other geotextiles were tested in 2010. These results are not presented in this publication.

CONCLUSIONS

The prototype of half-sheet proposed and developed by IRBAB in 2010 was experimented in winter conditions ideal for this type of trials. It should be noted that there was no snowfall during the period of intense frost observed early December. The effect of the different covering methods in the presence of intense frost which in the case of snow occurrence would have partially be protected and insulated uniformly all the clamps with their different methods of testing. The snowfall observed in December 2010 occurred after the first period of intense frost.

The beet layers beneath the protection of the second sheeting with the prototype of half-sheet IRBAB were no more affected by the intense frost than those located under the second sheeting with the traditional black plastic sheet. The prototype meets the criteria listed earlier in the text.

However, the material originally used to make the prototype half-sheet proved somewhat permeable to the wind.

The other criteria: weight of the half-sheet, placement and removal by a single person, adhesion of the self-gripping strips, and protection against intense frost ...were all satisfactory.

The self-gripping strips can also be used to assemble the Toptex fleeces, when to use several Toptex to cover the entire length of a clamp.

If a Toptex fleece is too difficult to remove in case of intense frost (weight of the snow, ice and attached beets), it can be cut in half in the middle or at the top of the clamp along its length to remove it more easily. One uses then self-gripping strips to reassemble later the two halves of the Toptex fleece.

Self-gripping strips can be used to attach (and remove) easily ballasts on the Toptex fleece. Strips cut from Toptex fleece can be used on this occasion (Figure 4).



Figure 4: Use of self-gripping strips to fix two Toptex fleece together, or to set weights on Toptex. After removal, the self-gripping strips remain on the Toptex fleece and can be used directly for the following year.

The prototype of half-sheet imagined and tested by IRBAB in 2010 was developed in 2011 by the Belgian Company PYPE AGRO & GEO Textiles (Dadizele, www.pypeagt.be).

The quality of the plastic used has been improved (plastic sheet woven and plasticized, 150 g/m²; quality « 100% windproof »), and the number of self-gripping strips sewn on the half-sheet. The trade name « Mini-JUPETTE » or « Maxi-JUPETTE » was chosen according to the width of the sheet (respectively 2.60m x 20m and 5.40m x 10m). The Maxi-JUPETTE requires the presence of at least two persons to be placed correctly. The dimensions of the JUPETTE proposed by the Company PYPE AGRO & GEO Textiles may still be adjusted as necessary.

This work was carried out as part of a research project partly funded by the Walloon Public Service, Ministry of Agriculture, "DGARNE- Service Développement".

REFERENCES

- 1 LEGRAND, G., VANDERGETEN, J.P. : Bâchage des tas de betteraves : Recommandations 2010. *Le Betteravier*, juillet-août 2010, 7-10, 2010.
- 2 LEGRAND, G.: Bâchage des tas de betteraves. Nouveautés 2011. *Le Betteravier*, octobre 2011, 7-10, 2011a.
- 3 LEGRAND, G.: Beet clamp covering system in case of heavy frost. Meeting of the IIRB Working Group "Beet Quality & Storage", IRS, Bergen-op-Zoom, May 10th 2011, Power point presentation, 2011b.
- 4 LEGRAND, G.: Bilan de l'année betteravière 2010. Un des meilleurs rendements mais une des pires fins de campagne ! *Le Betteravier*, février 2011, 11-16, 2011c.
- 5 VANDERGETEN, J.P., LEGRAND, G. : L'utilisation des bâches TOPTEX[®]. *Le Betteravier*, octobre 2009, 7-10, 2009.

5.2 HERBERT EIGNER, WALTER HEIN, FRIEDRICH KEMPL, GERHARD SIGL
Zuckerforschung Tulln, Josef-Reither-Str. 21-23, A – 3430 Tulln

STORABILITY OF DIFFERENT SUGAR BEET VARIETIES

ABSTRACT

Storage trials with 16 sugar beet varieties each were set up in 2010 and 2011. The varieties were grown on two sites, one of those irrigated, in both years. In 2010, beet samples were brought into the pile according to harvest dates end of October and mid of November. The storage period lasted for about 55 days each. Results for 2010 report an average root yield of 71.4 t/ha resp. 92.7 t/ha for the irrigated site. The associated sugar content for the two sites was 19.04% and 17.10% on average, ranging from 18.3% to 19.7% and 15.2% to 17.8%, respectively, in dependence of the variety. Varieties differ in their storability. Average losses in sugar content amounted 0.25% (abs.) and 0.40% (abs.) for the two sites. Dependent on variety and on site, storage losses reached up to about 1% (abs.). Loss in sugar content was mainly determined by an increasing number of beets with rot symptoms after storage. Mould played an important role. The share of beets with symptoms of rot was significantly and negatively influenced by weak topping, significantly and positively by overtopping as well as by high root yield.

STOCKAGE DE VARIETES DIFFERENTES DE BETTERAVES SUCRIERES

RESUME

Des essais de stockage de betterave à sucre ont été mis en place en 2010 et 2011 à partir de seize variétés différentes. Les variétés ont été cultivées sur deux sites, l'un étant irrigué, l'autre pas. En 2010, la récolte a été stockée en tas selon la date de récolte fin octobre ou mi-novembre. La période de stockage s'est étendue sur environ 55 jours. Les résultats de 2010 reportent un rendement moyen des racines de respectivement 92,7 et 71,4t/ha selon que le système était irrigué ou non. La teneur en sucre associée aux deux sites fut en moyenne, respectivement de 17,10 et de 19,04 %, s'étendant sur deux gammes de 15,2 à 17,8 % et de 18,3 à 19,7 %, et variant selon la variété récoltée. Les variétés diffèrent selon leur aptitude au stockage. Les pertes moyennes en sucre s'échelonnent en valeur absolue de 0,25 à 0,40 % pour les deux sites. Selon le site et la variété, les pertes peuvent atteindre environ 1 %. La perte de teneur en sucre a été principalement déterminée par une augmentation du nombre de betteraves ayant des symptômes de rougeurs après le stockage. La moisissure joua aussi un rôle important. La part de betteraves ayant des symptômes de rougeurs était significativement et négativement influencée par un trop faible décolletage, inversement significativement et positivement influencée par un décolletage sévère ainsi que par un haut rendement des racines.

LAGERUNG VERSCHIEDENER ZUCKERRÜBENSORTEN

KURZFASSUNG

2010 und 2011 wurden Lagerversuche mit jeweils 16 Zuckerrübensorten durchgeführt. Die Sorten wurden in beiden Jahren an je zwei Standorten, einer hiervon mit Beregnung, angebaut. 2010 erfolgte die Einlagerung der Rübenproben in Abhängigkeit der Ernte zu zwei Terminen. Die Lagerdauer betrug jeweils etwa 55 Tage. 2010 wurden im Mittel Rübenerträge von 71,4 t/ha bzw. von 92,7 t/ha unter Beregnung erzielt. Der Zuckergehalt an den beiden Standorten betrug 19,04 % bzw. 17,10 %, wobei sich in Abhängigkeit der Sorten eine Streuung von 18,3 % bis 19,7 % bzw. 15,2 % bis 17,8 % für die beiden Standorte ergab. Die Sorten unterschieden sich in ihrer Lagerfähigkeit. Die mittlere Abnahme im Zuckergehalt betrug 0,25 % (abs.) und 0,40 % (abs.). Abhängig von Sorte und Standort erreichten die Verluste bis zu 1 % (abs.). Die Abnahme des Zuckergehalts wurde primär durch die Anzahl an Rüben mit Fäulnissymptomen bestimmt. Schimmel spielte eine wesentliche Rolle. Die Anzahl an Rüben mit Rottesymptomen ging signifikant negativ mit schwacher Köpfung, signifikant positiv mit Überköpfung und hohem Rübenertrag einher.

INTRODUCTION

The reform of the European sugar market forced the prolongation of the sugar beet campaign until mid January. Beets have to be stored up to two months under widely varying conditions, sometimes rapidly changing within the storage period. Excellent storability of beet is a main pre-requisite for stable beet quality, minimal sugar loss and satisfying processability.

Following the joint IIRB project on long-term storability of different sugar beet genotypes carried out in 2008 and 2009 (VAN SWAAIJ and HUIJBREGTS, 2010), additional trials should give more information about storability of commercial varieties present in the Austrian market.

MATERIALS AND METHODS

Specific trials with 16 sugar beet varieties each were set up in 2010 and 2011. The varieties were grown in both years on two sites in four replications each. Both sites are specified as loam with approximately 3.0% soil organic matter and a pH-value of 7.5. In one of the sites sugar beet was irrigated. Analytical work on the 2011 samples is currently ongoing.

Table 1 presents the variety characteristics of the set 2010. All of the varieties are tolerant towards Rizomania.

Table 1: Variety characteristics, storage trials 2010

Variety	Breeder	Tolerance
1	Maribo	Cercospora
2	Maribo	
3	Maribo	
4	Strube	
5	Strube	Cercospora
6	SESVDH	
7	SESVDH	Nematodes
8	SESVDH	
9	SESVDH	
10	KWS	Nematodes
11	KWS	Cercospora
12	KWS	Cercospora
13	KWS	Cercospora
14	Syngenta	Cercospora
15	Syngenta	Rhizoctonia
16	Syngenta	



Figure 1: Samples during piling, storage trials 2010

No large infestations of pests and diseases were observed. Plots were harvested on the 28th and 29th of October 2010 by machine-operation. Weight was determined for each plot in the field. Beets of the four replications were blended and samples for immediate quality determination as well as for storage were taken in three replications for each variety. Each sample contained 36 respectively 30 beets at the irrigated site, inducing a weight of 30 to 40 kg per sample. Samples were examined visually for topping and surface damage. Beet samples were brought into a commercial pile one day later (Figure 1). Piling conditions were dry; the content of dirt tare was low. The storage period lasted for about 55 days. Temperature during storage dropped from a 12°C maximum to approximately 0°C. After storage, sample weight was determined again and beets with sprouts, moulds or rots were counted.

RESULTS AND DISCUSSION

Results for 2010 report an average root yield of 71.4 t/ha resp. 92.7 t/ha for the irrigated site. The associated sugar content for the two sites was 19.0% and 17.1% on average, ranging from 18.3% to 19.7% and 15.2% to 17.8%, respectively, in dependence of the variety. Topping and surface damage showed significant differences between the sites as well as between the varieties.

Varieties differ in their storability. While losses in weight are not significant, average losses in sugar content amounted 0.25% (abs.) and 0.40% (abs.) for the two sites. Dependent on variety and site, the decrease in sugar content during storage reached approx. 1% (abs.). Figure 2 represents the significant differences between the investigated varieties. No interactions between site and variety are recorded.

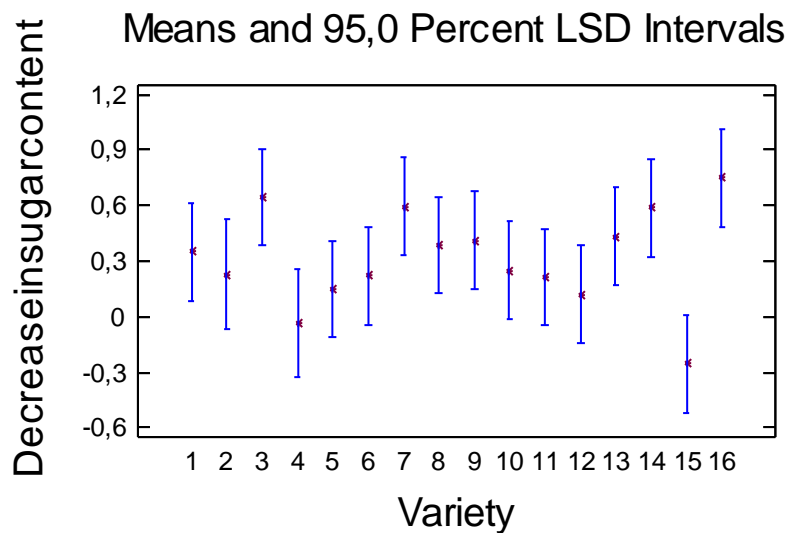


Figure 2: Decrease in sugar content in dependence of variety, storage trials 2010

The number of sprouting and heavily, as well as slightly, rotten beets differ significantly. Generally the extent of sprouting was rather negligible.

The loss in sugar content was mainly determined by an increasing number of beets with rot symptoms after storage. The correlation is weak ($r^2 = 0.26$) but significant. The number of slightly rotten beets in turn is dependent of root yield and topping ($r^2 = 0.37$). The share of beets with symptoms of rot was significantly negatively influenced by weak topping, significantly positive by overtopping as well as by high root yield. Mould played an important role.

CONCLUSION

Varieties differ in their storability. Mould plays an important role. High yield and overtopping seem to be of negative influence. More investigations are necessary to qualify the obtained results and to define the influence of e.g. year, different storing conditions or pests and diseases also. Variety recommendations based on storability are coming late for the following vegetation period. Frequent changes in variety supply intensify this problem. Parameter and models to predict the storage behaviour have to be developed.

REFERENCES

- 1 VAN SWAAIJ, N., HUIJBREGTS T.: Long-term storability of different sugar beet genotypes – results of a joint IIRB study. *Proceedings of the 72nd IIRB Congress, 2010.*

5.3 ZIVKO CURCIC, DARIO DANOJEVIC, NEVENA NAGL, KSENIJA TASKI-AJDUKOVIC, LAZAR KOVACEV
Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, RS – 21000 Novi Sad

EFFECT OF INTERACTION BETWEEN HARVEST DATE AND SUGAR BEET VARIETIES ON ROOT YIELD AND SUGAR CONTENT

ABSTRACT

Since the breeding companies recommend to sugar beet growers different sugar beet varieties depending on the planned harvesting date, the aim of this study was to determine the effect of harvesting dates, sugar beet varieties and their interaction on root yield and sugar content. The experiment was conducted 2010 with ten sugar beet varieties in a randomized block design with three replications. Analysis of variance for root yield detected a significant difference between the harvest dates, as well as between the varieties, but these two factors had no significant interaction. Analysis of variance for sugar content showed significant differences between the harvest dates and sugar beet varieties. Also, interaction of these two factors significantly affected sugar content. Average root yield for all varieties was increasing with delay of harvest date. As far as sugar content, due to the extremely wet year and rainfall that followed a few days just before the second harvest date, sugar content was not increased linearly with delay of the harvest date.

L'EFFET DE L'INTERACTION ENTRE LA DATE DE LA RECOLTE ET LA VARIETE DE BETTERAVE SUCRIERE SUR LE RENDEMENT DES BETTERAVES ET SUR LA TENEUR EN SUCRE

RESUME

Comme les sociétés d'élevages recommandent aux producteurs de betteraves sucrières des variétés différentes de betteraves selon la date de récolte prévue, le but de cette étude était de déterminer l'effet des dates de récolte, des variétés de betteraves sucrières et leur interaction sur le rendement des racines, ainsi que la teneur en sucre. L'expérience a été menée en 2010 avec dix variétés de betteraves sucrières mises par blocs en disposition aléatoire, reproduite trois fois. Les analyses de la variance du rendement des racines ont détecté une différence significative entre les dates de récolte ainsi qu'entre les variétés, mais ces deux facteurs n'avaient pas d'interaction significative. Les analyses de la variance de la teneur en sucre ont montré une différence significative entre la date de récolte et les variétés de betteraves sucrières. De plus, l'interaction de ces deux facteurs a affecté de manière significative la teneur en sucre. La moyenne du rendement des racines sur toutes les variétés a augmenté avec le repoussement de la date de récolte. Jusque le contenu de sucre, dû à l'année et aux précipitations extrêmement humides qui ont suivi quelques jours juste avant la deuxième date de la récolte, le contenu de sucre n'a pas été augmenté linéairement avec retard de la date de la récolte.

EINFLUSS DER INTERAKTION VON ERNTEZEITPUNKT UND ZUCKERRÜBENSORTEN AUF RÜBENERTRAG UND ZUCKERGEHALT

KURZFASSUNG

Da die Züchtungsunternehmen den Zuckerrübenanbauern unterschiedliche Sorten abhängig vom geplanten Erntezeitpunkt empfehlen, war das Ziel dieser Studie, den Effekt des Erntezeitpunkts, der Zuckerrübensorte und ihrer Interaktion auf den Rübenertrag und den Zuckergehalt festzustellen. 2010 wurde ein Experiment mit 10 Zuckerrübensorten in einem randomisierten Blockversuch mit drei Wiederholungen angelegt. Varianzanalyse für den Rübenertrag zeigten einen deutlichen Unterschied zwischen den Erntezeiten sowie zwischen den Sorten, aber diesen zwei Faktoren zeigten keine deutliche Interaktion. Eine Varianzanalyse zum Zuckergehalt zeigte deutliche Unterschiede zwischen den Erntezeitpunkten und der Zuckerrübensorte. Auch Interaktion dieser zwei Faktoren beeinflussten

den Zuckergehalt erheblich. Der durchschnittliche Rübenenertrag für alle Sorten erhöhte sich mit späterem Erntezeitpunkt. Der Zuckergehalt stieg wegen des extrem nassen Jahres und des Niederschlags, der wenige Tage vor dem zweiten Erntezeitpunkt erfolgte, nicht linear mit zunehmend späterem Erntezeitpunkt an.

INTRODUCTION

Sugar beet harvesting campaign in Serbia starts at the end of August and in some years, due to weather conditions, it can last more than three months. Breeding companies recommend different technological types of sugar beet to growers, depending on the planned harvesting date. For early harvest dates are usually recommended Z sugar beet varieties, since they are characterized by better technological properties (low content of impurities) and earlier attainment of technological maturity. For harvest in mid-October are recommended sugar beet varieties of N type, while for late harvest dates are recommended E type varieties.

Since the variety trials are usually harvested at the end of the vegetation, information about effect of harvest date on yield and quality of sugar beet root can be very valuable. Previous studies (Oldemeyer *et al.*, 1977, Lauer, 1997, Čačić *et al.*, 2000, Filipović *et al.*, 2009), did not offer the full explanation of interaction between variety and harvest date. One group of authors (Oldemeyer *et al.*, 1977, Kerr 2000) determined existence of significant interaction between variety and harvest date for root yield, sugar content and sugar yield. In contrast, the other group (Lauer, 1997, Bloch and Hoffmann, 2005, Heidari *et al.*, 2008) considered that there is no interaction between variety and harvest date and that all varieties react similarly to the delay of harvest date.

The aim of this study was to determine the effect of harvesting dates and sugar beet varieties of different technological type and their interaction on root yield and sugar content.

MATERIALS AND METHODS

In this research were included ten sugar beet varieties of different technological types, developed by five breeding companies (tab 2). The trial was conducted at the experimental field of Institute of Field and Vegetable Crops on Rimski Šančevi, Novi Sad, Serbia (45° 20' N, 19° 51' E) in 2010. It was established in a randomized block design with three replications, with the basic plot size of 30 m². Sowing was performed in optimal time in the third decade of March. During the growing season were applied regular cultural practices for sugar beet. The total amount of nitrogen applied was 212 kg. The roots were harvested manually, on three harvest dates: 01 September, 16 September and 01. October. Sugar content was determined in the Laboratory for root quality testing at the Institute of Field and Vegetable Crops, according to standard methodology.

Climatic conditions during vegetation period in 2010 were very specific, because of extremely high level of precipitation in comparison to long term average (tab 1).

Table 1: Precipitation amount in 2010 compared to long term average 1964-2010
Tableau 1: Quantité de précipitations en 2010 par rapport à la moyenne à long terme 1964-2010
Tabelle 1: Niederschläge im Jahr 2010 im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt 1964-2010

	Precipitation (mm)	
	2010	1964-2010
August	167.7	61.2
15-Sep	53.8	46.7
30-Sep	13.9	
Vegetation period	683.6	373.4

All results were processed in the statistical software Statistica for Windows ver. 10, *Statsoft Inc.* by analysis of variance (ANOVA) as two-factorial (genotype / harvest date).

RESULTS AND DISCUSSION

The lowest root yield and sugar content for all harvest dates had varieties belonging to the E type (Table 2). It was expected because harvest dates in the trial were at the start of campaign and E type varieties are recommended for late harvest dates. The highest root yield for all harvest dates had variety 8 which belonged to N type. Although it was expected that one of Z type varieties would have the highest sugar content, the variety ranked first for this trait also belonged to N type. This is probably the result of effect of high level of nitrogen fertilizer and high precipitation during the vegetation. High level of nitrogen and water were accessible to plants in period when Z type varieties were attaining technological maturity, which caused their retrovegetation and lowered the sugar content. High level of nitrogen and water lowered sugar content for all varieties, compared to sugar beet production in seasons with average amount of precipitation and optimal application of nitrogen fertilizer.

Analysis of variance showed that both, harvest dates and varieties significantly influenced ($p < 0.001$) root yield and sugar content. Interaction of harvest date and variety affected ($p < 0.01$) only sugar content (Table 3). These results are partially in a disagreement with some previous studies (Eckhoff and Bergman, 1997, Bloch and Hoffmann, 2005, Heidari *et al.*, 2008) where this interaction had no effect on root yield and sugar content. Interactions between varieties and environmental factors in sugar beet are exceptionally low comparing to other field crops (Laidig, 1994). Main reason for absence of interaction is that in commercial sugar beet production root yield and its technological qualities are the main parameters for variety evaluation. Since root grows in vegetative phase of sugar beet development, it does not pass through sensitive stages like bolting, flowering, pollination and seed filling, in contrast to other field crops (Hoffmann *et al.*, 2009).

Table 2: Average root yield and sugar content

Tableau 2: La moyenne du rendement des racines ainsi la teneur en sucre
Tabelle 2: Durchschnittlicher Rübenertrag und Zuckergehalt

Variety	Breeding company	Technological type	Root yield (t/ha)	Sugar content (%)
1	A	Z	75.4 ^{8*}	12.42 ^{8*}
2	A	N	82.6 ⁵	12.56 ⁶
3	A	E	71.6 ¹⁰	12.42 ⁹
4	A	E	74.5 ⁹	12.29 ¹⁰
5	B	E	78.5 ⁶	12.58 ⁵
6	C	Z	89.4 ²	13.06 ³
7	D	Z	83.5 ⁴	13.22 ²
8	E	N	100.4 ¹	12.66 ⁴
9	C	N	84.8 ³	13.55 ¹
10	A	N	75.9 ⁷	12.50 ⁷

* rank in trial

Table 3: Analysis of variance for root yield and sugar content

Tableau 3: Analyses de la variance du rendement des racines et la variance de la teneur en sucre
Tabelle 3: Die Varianzanalyse für Rübenertrag und Zuckergehalt

Source of variation	df	Root yield			Sugar content		
		SS	MS	F test	SS	MS	F test
Harvest date (H)	2	5739.5	2869.7	51.98**	4.48	2.24	26.2**
Variety (V)	9	5705.5	633.9	11.48**	13.71	1.52	17.8**
H x V	18	742.5	41.2	0.75	3.47	0.19	2.26*
Error	60	3312.4	55.2		5.13	0.09	

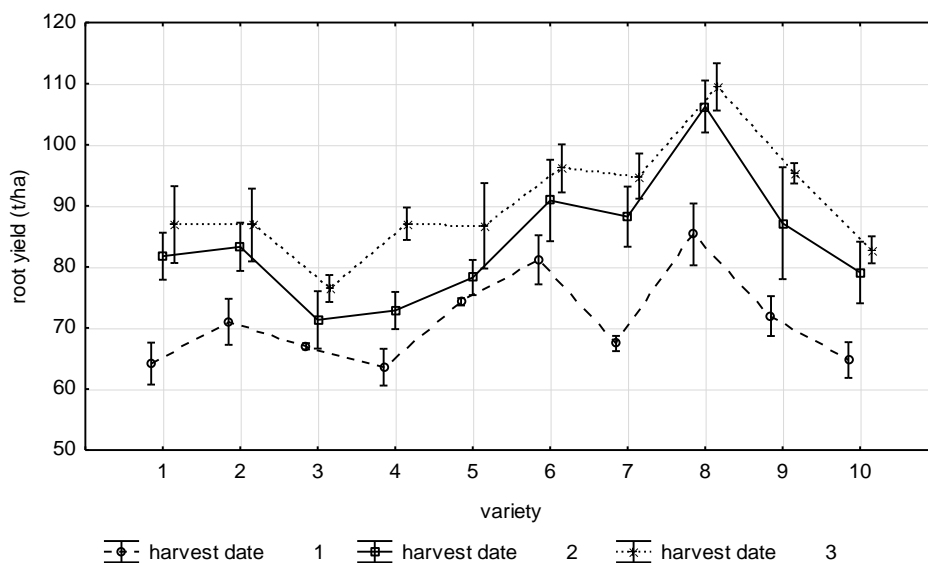
** , * - Significant at 0.001 and 0.01 level of probability.

All varieties reacted the same way on delay of harvest date, by increasing root yield (graph 1), which is consistent with results of Cakmaci and Oral (2002), Jozefyová *et al.* (2003) and Filipović *et al.* (2009).

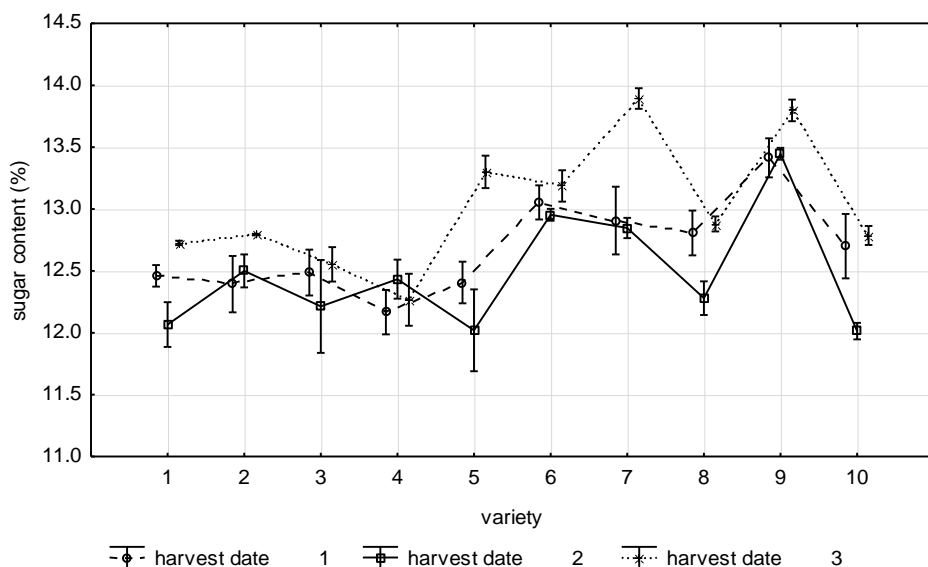
Delay of harvest had different effect on changes in sugar content in tested varieties (graph 2.). Varieties 1, 8 and 10 reacted with decrease of sugar content in second harvest date. High level of precipitation before second harvest date caused retrovegetation which resulted in lowered sugar content, unlike in the previous studies (Lauer, 1997, Bloch and Hoffmann, 2005, and Heidari *et al.*, 2008), where delay of harvest date caused linear growth of sugar content. Between second and third harvest date in five varieties (1, 2, 5, 7, 9) there was an increase in sugar content. Only variety 2 had linear growth of sugar content with the delay of harvest date.

Graph 1. Effect of harvest dates on root yield in investigated sugar beet varieties
Graphique 1. Effet des dates de recolte des varietes de betteraves sucrieres sur le rendement des racines

Diagramm 1. Effekt der Erntezeitpunkt auf Rübenertrag im untersuchten Zuckerrübensorten
Vertical bars denote +/- standard errors



Graph 2. Effect of harvest dates on sugar content in investigated sugar beet varieties
Graphique 2. Effet des dates de recolte des varietes de betteraves sucrieres sur la teneur en sucre
Diagramm 2. Effekt der Erntezeitpunkt auf Zuckergehalt im untersuchten Zuckerrübensorten
Vertical bars denote +/- standard errors



CONCLUSION

Harvest dates had significant influence on root yield and sugar content. With the delay of harvest date root yield increased. Sugar content was dependent on climatic conditions (precipitation) between first and second harvest date. High amount of precipitation immediately before second harvest date led to decrease of sugar content in varieties 1, 8 and 10.

There were differences in root yield and sugar content among varieties. Variety 8 had highest root yield, while variety 9 had highest average sugar content.

Interaction between harvest dates and varieties significantly affected sugar content, which means that attention should be paid to choosing varieties for particular harvest dates. In this research, due to specific climatic conditions N type of sugar beet varieties had the best performance.

REFERENCES

- 1 BLOCH, D., HOFFMANN, C.: Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. *J. Agron. Crop Sci.* 191, 263-272, 2005.
- 2 CACIC, N., KOVAČEV, L., MEZEI, S., SKLENAR, P., NAGL, N.: Proces sazrevanja razlicitih tipova sorti secerne repe. *Selekcija i semenarstvo*, 7, 9-13, 2000.
- 3 ÇAKMAKCI, R., ORAL, E.: Root yield and quality of sugarbeet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26, 133-139, 2002.
- 4 ECKHOFF, J. L. A., BERGMAN, J. W.: Influence of harvest date on sugar beet yield, quality, and economic return. *Proc. Am. Soc. Sugar Beet Technol.*, Phoenix, 139-144, 1997.
- 5 FILIPOVIC, V., GLAMOČLIJA, D., RADIVOJEVIC, S., JACIMOVIC, G.: Uticaj gustine useva i rokova vadenja na prinos i kvalitet razlicitih sorti secerne repe. *Selekcija i Semenarstvo*, 15, 45-53, 2009.
- 6 HEIDARI, G., SOHRABI, Y., ESMAILPOOR, B.: Influence of Harvesting Time on Yield and Yield Components of Sugar Beet. *J. Agri. Soc. Sci.*, 4, 69-73, 2008.
- 7 HOFFMANN, C. M., HUIJBREGTS, T., VAN SWAAIJ, N., JANSEN, R.: Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. *Eur. J. Agron.*, 30, 17-26, 2009.
- 8 JOZEFYOVÁ, L., PULKRÁBEK, J., URBAN, J.: The influence of harvest date and crop treatment on the production of two different sugar beet variety types. *Plant, Soil Environ.*, 49, 492-498, 2003.
- 9 KERR, S.: Variety interactions with sowing, soils and harvest. *British Sugar Beet Review*, 68, 18-21, 2000.
- 10 LAIDIG, F.: Biometrische Fragen bei der Verkürzung der Wertprüfungsdauer. *Ber. Arbeitstagung der Saatzuchtleiter*, Gumpenstein, 1994.
- 11 LAUER, J. G.: Sugar beet performance and interactions with planting date, genotype and harvest date. *Agron. J.* 89, 469-75, 1997.
- 12 OLDEMEYER, R. K., ERICHSEN, A. W., SUZUKI, A.: Effect of harvest date on performance of sugar beet hybrids. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.*, 19, 294-306, 1977.

5.4 WALTER HEIN

Zuckerforschung Tulln, Josef-Reither-Str. 21-23, A – 3430 Tulln

COMPARISON OF MODELS FOR THE PREDICTION OF THE TECHNOLOGICAL BEET QUALITY

ABSTRACT

Investigations about the prediction of the technological beet quality in the 1990s, which were carried out at Zuckerforschung Tulln, demonstrated that a predictive model solely based on sugar and dry substance content of the beet digest delivers good results when aluminium sulphate is used as clarifying agent and dry substance determination is carried out refractometrically. Due to the fact that in campaign 2010/2011 the clarifying agent in Austria changed to aluminium sulphate, it was possible to perform a large comparative test with beet material from a practice variety trial. Aside from the standard quality parameters this beet material was also processed in the laboratory in order to obtain thin juice. The results obtained indicated good parallelism between the so-called “refractometer formula” and commonly used formulas, and were again confirmed by purity values of the thin juices produced in the laboratory. Additionally, investigations of weekly blended beet samples, which were collected in the factories throughout the campaign 2010/2011, demonstrated that the refractometer formula considerably reacts to decreasing beet quality/thick juice purity. The results were also comparable to a particular formula, which also takes into account the invert sugar but requires more complex equipment and expenditure of time. Finally, the results based on campaign beet material from the factories were utilized in order to recalculate the factors for the refractometer formula. This so-called “new refractometer formula” delivered good results when reapplied to the beet material from the practice variety trial.

COMPARAISON DE MODELES POUR DETERMINER A L'AVANCE LA QUALITE TECHNIQUE DE BETTERAVES SUCRIERES

RESUME

Les analyses réalisées par le Zuckerforschung Tulln pendant les années 1990 portant sur la prédiction de la qualité technologique de la betterave ont permis de montrer qu'un modèle basé simplement sur la teneur en sucre et en matière sèche fournit de très bons résultats lorsque l'agent d'épuration est le sulfate d'aluminium et que la teneur en matière sèche est déterminée par réfractométrie. Dès la campagne 2010/11, le sulfate d'aluminium est utilisé comme agent d'épuration en Autriche. A cette occasion de nombreux tests comparatifs sont mis en place avec des variétés de betteraves issues de tests pratiques. Ce matériel végétal est alors non seulement analysé selon des paramètres de qualité mais aussi transformé en laboratoire en jus filtré. Par là même, il a été mis en évidence un très bon parallèle entre les résultats obtenus par la dite formule de réfractométrie et ceux obtenus par d'autres formules déjà établies. D'autre part les quotients de pureté des jus filtrés analysés en laboratoire ont permis de confirmer ces valeurs. Par ailleurs les analyses de betteraves traitées en sucrerie ont montré que la formule de réfractométrie réagit aussi à la perte de qualité de la betterave -de la pureté du sirop- au cours de la campagne. Les résultats étaient comparables au modèle de prédiction prenant en compte le taux de sucre inverti, ce qui en revanche présente un gros investissement en matériel. Ainsi, les résultats des analyses basées sur des betteraves issues de sucrerie ont été employés afin de redéfinir les facteurs du modèle de réfractométrie. «La nouvelle formule de réfractométrie» qui en découle livre à présent des très bons résultats dans son utilisation pratique.

VERGLEICH VON MODELLEN ZUR VORHERSAGE DER TECHNISCHEN QUALITÄT VON ZUCKERRÜBEN

KURZFASSUNG

Untersuchungen zur Vorhersage der technologischen Rübenqualität in 1990er Jahren am ZFT konnte gezeigt werden, dass ein Modell, das nur vom Zuckergehalt und vom Trockensubstanzgehalt des Rübendigerats ausgeht, sehr gute Ergebnisse liefert, wenn als Klärmittel Al-Sulfat verwendet und der Trockensubstanzgehalt refraktometrisch bestimmt wurden. Nachdem in der Kampagne 2010/11 in Österreich bei der Rohstoffanalytik auf Al-Sulfat als Klärmittel umgestellt wurde, wurde eine umfangreiche Vergleichsuntersuchung mit Rübenmaterial aus einem Praxissortenversuch durchgeführt. Dieses Rübenmaterial wurde nicht nur auf die erforderlichen Qualitätsparameter analysiert, sondern auch im Labormaßstab bis zum Dünnsaft aufgearbeitet. Dabei konnte eine gute Parallelität der Ergebnisse nach der sog. Refraktometer-Formel zu den Ergebnissen, die nach den etablierten Formeln erhalten wurden, gefunden werden. Diese Ergebnisse wurden wiederum durch die Reinheitsquotienten der im Labormaßstab hergestellten Dünnsäfte bestätigt. Bei Untersuchungen an in den Fabriken verarbeiteten Rübenmaterial (Wochenmischmustern der Kampagne 2010/11) konnte zusätzlich gezeigt werden, dass die Refraktometer-Formel auch auf die Abnahme der Rübenqualität/Dicksaftreinheit im Kampagneverlauf reagiert. Die Ergebnisse waren mit einem Vorhersagemodell vergleichbar, bei dem der Invertzuckergehalt berücksichtigt wird, was aber einen wesentlich höheren apparativen Aufwand bedeutet. Die Ergebnisse der Untersuchungen auf Basis Fabriksrübenmaterials wurden nun herangezogen, um die Faktoren des Refraktometermodells neu zu berechnen. Diese sogenannte „Refraktometer-Formel neu“ lieferte nun bei Anwendung auf das Rübenmaterial des Praxissortenversuch sehr gute Ergebnisse.

INTRODUCTION

Stagnation of the technological beet quality in Austria has peaked in discussions about calculation methods used for predicting the same. When Zuckerforschung Tulln focused on the topic the last time in the 1990ies, it was demonstrated that for certain questions (e.g. processing of long-stored beet) the consideration of invert sugar leads to clearly better results. However, routine determination of invert sugar in automated beet laboratories is connected with high labour input and costs. At that time, it was also shown that a forecast solely based on sugar content and refractometrically determined dry substance of beet juice obtained by cold digestion – in principle the same procedure as carried out in the cane sugar industry – leads to good results, when aluminium sulphate is used as the clarifying agent. For the 2010/11 campaign in Austria, it was necessary to replace lead acetate with aluminium sulphate as clarifying agent. The newly installed analytical unit in the beet laboratory also features a refractometer, thus offering the possibility to analyze the parameter for a large number of samples for the first time.

Practice variety trial

The basis for this study was beet material from a practice variety trial (3 harvesting dates from 3 growing sites with 16 varieties and 4 replications each; fresh as well as stored beet material). This material was analyzed for sugar content, potassium, sodium, α -amino nitrogen, glucose, fructose and refractometric dry substance content of the digest as well as processed to thin juice by using a laboratory juice purification method. Analytical data was subsequently used to calculate thick juice purity by means of different predictive formulas (Table 1). The resulting thick juice purity values again were compared with the purity of thin juices obtained by the laboratory juice purification method.

Table 1: Formulas for the prediction of the technological beet quality

Wieninger & Kubadinow (1971): „Wieninger formula“

$$Q_{TJ} = 99.36 - 0.1427 * (K + Na + \alpha-N) \quad \text{in mmol / 100 g S}$$

Pollach et al. (1991): „Component formula + GF“

$$Q_{TJ} = 10\,000 / 102.06 + K * 0.085 + Na * 0.068 + \alpha-N * 0.16 + GF * 0.23$$

Pollach et al. (1992): „Refractometer formula“

$$f_{TJ} = 6.069 * (W_{DS,Al-filtrate} / W_{S,B}) + 0.152 - 1$$

$$Q_{TJ} = 1 / (f_{TJ} + 1) * 100$$

Buchholz et al. (1995): „New Brunswick formula“

$$SML = 0.12 * (K + Na) + 0.24 * \alpha-N + 0.48 \quad \text{in mmol / 100 g B}$$

- Based on $Q_{mol} = 60$

$$Q_{TJ} = S_B - 0.6 / S_B - 0.6 + (SML/60 * 40)$$

Results from material of the practice variety trial

Figure 1 displays exemplary results from the second harvesting date of growing site “B”, which are particularly remarkable due to high variability. It is clearly visible that results for thick juice purity, which were calculated by using established predictive formulas, are relatively close to each other. In addition, the outcome is widely confirmed by results from the laboratory juice purification. In contrast to these results, thick juice purity values obtained by the refractometer formula indeed display the same overall tendency but a parallel shift to a higher level.

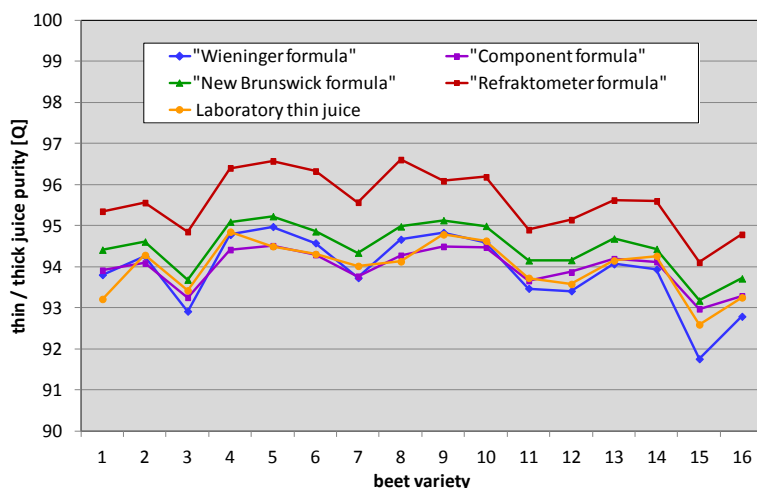


Figure 1: Results from beet material of the practice variety trial

Factory beet material

In addition to the material from the practice variety trial, weekly blended beet material samples, which were collected in the sugar factories Tulln and Leopoldsdorf during campaign 2010/11, was included in the study. This material was analyzed for the same analytical parameters and the data was used to calculate thick juice purity values with predictive formulas as well. The results were compared with actual thick juice purity values analysed in the Tulln and Leopoldsdorf factory laboratories. Figure 2 displays results for Tulln factory.

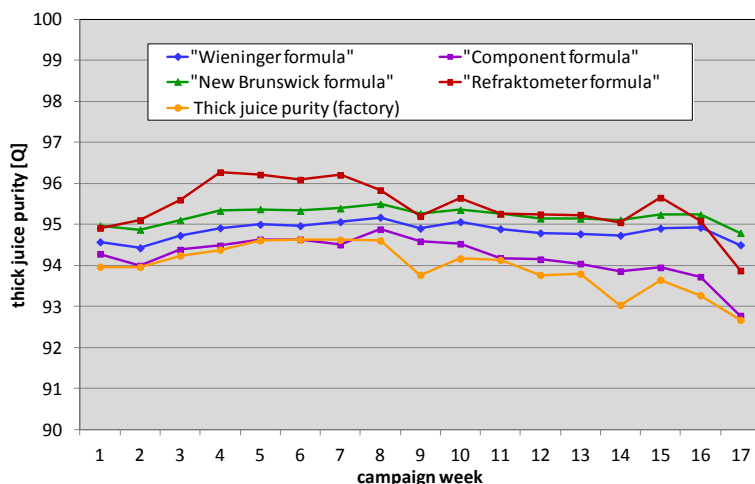


Figure 2: Results from factory beet material

Results from factory beet material

Differently to results with fresh beet material from the practice variety trial it is demonstrated that – out of all established formulas – only a formula which takes into account invert sugar predicts the decreasing trend for thick juice purity over the progression of the campaign. The same tendency – however, with a parallel shift to a higher level – is displayed by results, which were obtained by means of the refractometer formula.

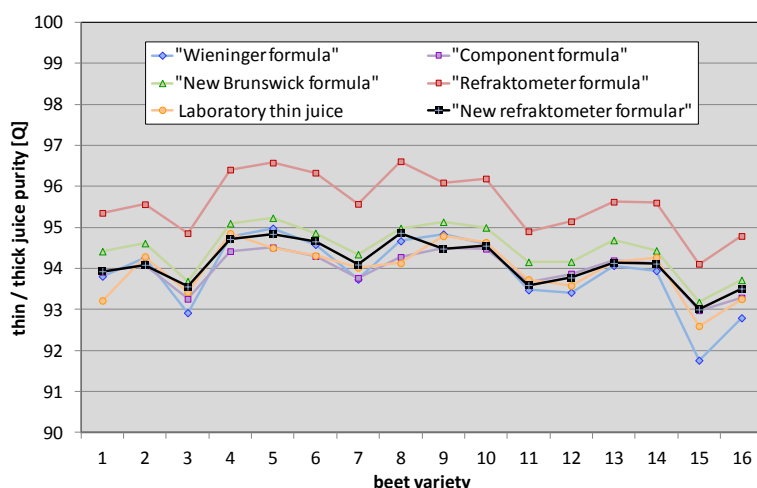


Figure 3: Results obtained with the new refractometer formula

New refractometer formula

After using the aforementioned results from investigations of factory beet material, the factors of the refractometer formula were recalculated in order to develop a new refractometer formula. Subsequently, this new formula was also used in order to calculate the thick juice purity for material from the practice variety trial. Hence, the problem with the parallel shift could be almost entirely eliminated.

Based on the promising results so far, it seems realistic to utilize the **new refractometer formula** to predict the technological beet quality not only for fresh but also for stored beet material with less time and effort than established formulas. In a next step, the formula will be challenged with beet material from campaign 2012/13.

REFERENCES

- 1 WIENINGER, L.; KUBADINOW, N.: Relations between analysis and technological value of sugar beets. *Zucker* 24, 599-604, 1971.
- 2 POLLACH, G.; HEIN, W.; RÖSNER, G.; BERNINGER, H.: Assessment of beet quality including Rhizomania-infected beet. *Sugar Industry* 116, 689-700, 1991.
- 3 POLLACH, G.; HEIN, W.; RÖSNER, G.; BERNINGER, H.; KERNCHEN, W.: Assessment of beet quality using a refractometric method. *Sugar Industry* 117, 242-247, 1992.
- 4 BUCHHOLZ, K.; MÄRLÄNDER, B.; PUKE, H.; GLATTKOWSKI, H.; THIELIKE, K.: Re-evaluation of technical value of sugar beet. *Sugar Industry* 120, 113-121, 1995.

6.9 CEDRIC ROYER
ITB, 45 rue de Naples, F – 75008 Paris

POSSIBILITIES TO REDUCE THE USE OF CHEMICAL HERBICIDES BY USING COMPLEMENTARY MECHANICAL TOOLS IN SUGAR BEET CROP

ABSTRACT

In 2007, French government issued a law establishing a target of reducing pesticides uses by 50% “if possible” before 2018. ITB launched or developed several programs in order to study the possibilities of reducing uses of herbicides which contributes to more than 50% of total use of pesticides in sugar beets in France. Among those projects, mechanical weed control as a complementary tool to herbicides is particularly studied. Different types of equipment are under investigation:

- Conventional hoes, using different kinds of steering systems including GPS RTK systems;
- Band spraying combined with classical hoeing using diverse systems to guide the machines
- Rotary hoe and “rubber stars” directly on the row once the beets are over 4 true leaves stage

Many trials and field demonstrations were carried out. The aim of this poster is to present the “state of the art”.

MOYENS DE REDUIRE L'EMPLOI D'HERBICIDES CHIMIQUES DANS LA CULTURE DE BETTERAVES SUCRIERES PAR UN CONTROLE COMPLEMENTAIRE MECANIQUE, EFFECTUE PAR OUTILS AGRICOLES

RESUME

En 2007, le gouvernement français a publié une loi fixant un objectif de réduction avant 2018 de 50 % des produits de protection phytosanitaires « si possible ». L'ITB a lancé et développé plusieurs programmes afin d'étudier les possibilités de réduction de l'utilisation des herbicides qui contribuent à plus de 50 % du total des produits de protection des plantes pour la betterave à sucre en France. Parmi ces projets, le contrôle mécanique des adventices est étudié comme un outil complémentaire aux herbicides chimiques. Différents types d'équipements sont étudiés :

- Bineuses traditionnelles utilisant différents types de guidage incluant les systèmes de GPS RTK.
- Rampe de localisation combinée avec une bineuse traditionnelle utilisant différents types de guidage.
- Houe rotative et moulinets en forme d'étoiles utilisés sur le rang une fois que les betteraves ont atteint le stade de 4 feuilles.

Plusieurs essais et démonstrations ont été réalisés. Le but de ce poster est de présenter l'état des connaissances.

MÖGLICHKEITEN DER REDUKTION DES EINSATZES CHEMISCHER HERBIZIDE IM ZUCKERRÜBENANBAU DURCH ERGÄNZENDE MECHANISCHE KONTROLLE

KURZFASSUNG

Im Jahr 2007 hat die französische Regierung ein Gesetz verabschiedet, das bis zum Jahr 2018 „sofern möglich“ eine Verringerung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes um 50 % vorsieht. Das ITB hat hierzu mehrere Untersuchungen zu Möglichkeiten einer Verringerung des Herbizideinsatzes begonnen. Herbizide machen in Frankreich mehr als 50 % der insgesamt in Zuckerrüben eingesetzten Pflanzenschutzmittel aus. Eines der Projekte untersucht die mechanische Kontrolle von Unkräutern als Ergänzung zum Herbizideinsatz.

Unterschiedliche technische Methoden werden verglichen:

- Traditionelle Maschinenhacke mit verschiedenen Leitsystemen, darunter GPS RTK.

- Bandspritzung in Kombination mit einer traditionellen Maschinenhacke und verschiedenen Leitsystemen.
- Bodenfräse („Rotary hoe“) und „Finger weeder“, die im 4-Blattstadium der Rüben in der Reihe eingesetzt werden.

Es wurden bereits mehrere Versuche und Vorführungen durchgeführt. Ziel des Posters ist es, den Stand des Wissens vorzustellen.

INTRODUCTION

Le Grenelle de l'Environnement a fixé des objectifs ambitieux avec une diminution de 50 % des usages de produits phytosanitaires d'ici 2018, si possible. En 2010 et 2011, nous avons mis en place des expérimentations sur le désherbage mécanique combiné dans les différentes régions betteravières françaises (Picardie, Champagne, Sud de Paris, Normandie, Nord-Pas-de-Calais). Les printemps 2010 et 2011 ont été d'un point de vue climatique très difficile pour les traitements herbicides chimiques, ce qui a renforcé l'intérêt du désherbage mécanique combiné et du désherbage mécanique en général. Ces deux dernières années en France près de moitié des surfaces betteraves ont été binées (source enquête SITE ITB) contre moins du tiers les années précédentes. Sur ces surfaces de binage environ un cinquième des bineuses sont équipées d'un système autoguidage qui permettent de concilier vitesse et précision de travail.

La betterave est une culture exigeante et ne peut tolérer la moindre concurrence avec les adventices. Le travail de l'ITB est d'étudier les possibilités de réduction d'herbicide tout en conservant des parcelles propres et sans adventices. Voyons tout d'abord que peut apporter l'utilisation d'une bineuse classique dans la réduction des herbicides puis comment aller plus loin dans la réduction des IFT herbicides betteraves tout en conservant des parcelles sans adventices.



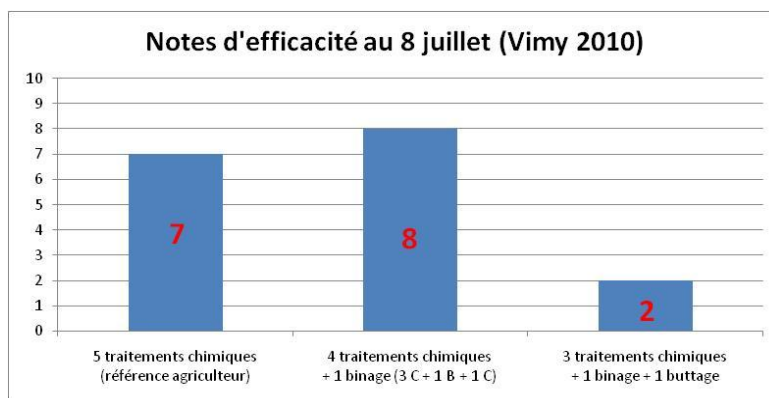
Désherbage mécanique combiné avec bineuse Monosem et moulins Kress

Utilisation de la bineuse classique

En 2010 et 2011, de nombreuses expérimentations nous ont permis de mieux connaître les possibilités pour chaque agriculteur de diminuer les quantités d'herbicides avec le seul équipement d'une bineuse traditionnelle. Nous avons réalisé différents tests chez des agriculteurs équipés de bineuses afin de supprimer 1 ou 2 passages chimiques. L'objectif de ces essais était d'utiliser le matériel de l'agriculteur (bineuse classique sans l'obliger à investir dans un nouvel équipement).

Dans l'essai de Vimy (Nord-Pas-de-Calais, 2010):

- 5 traitements chimiques ont obtenu une note d'efficacité de 7 / 10
- 4 traitements chimiques + 1 binage ont obtenu une note d'efficacité de 8 / 10 avec une réduction de l'IFT de 20 %
- 3 traitements chimiques + 1 binage et 1 buttage ont obtenu une note d'efficacité de 2/10



Essai désherbage mécanique à Vimy en 2010 (Nord-Pas-de-Calais)

La suppression d'un traitement chimique, remplacé par 2 binages est possible avec un même niveau d'efficacité. En supprimer 2 après 3 passages chimiques semble beaucoup plus délicat.

L'année sèche 2010 n'a pas facilité l'efficacité des désherbages chimiques mais a grandement aidé la réalisation des binages, dans des conditions excellentes.

Le binage en remplacement du dernier traitement est concevable sans conséquence négative sur la productivité et le salissement de la parcelle, à condition d'avoir correctement maîtrisé les adventices levées lors des traitements et avoir un ressaisissement tardif modéré.

Un printemps très humide serait certainement moins favorable au binage.

Un essai effectué en Ile de France nous a montré l'importance de la réactivité de l'agriculteur par rapport aux levées d'adventices. En effet, lorsque le ressuyage est insuffisant pour intervenir mécaniquement il est indispensable d'intervenir chimiquement afin de ne pas laisser se développer les adventices. Suivant les conditions climatiques de l'année, du ressuyage du type de terre, de la propreté des parcelles le désherbage mécanique sera plus ou moins facile à mettre en place avec plus ou moins de réussite en terme de réduction d'IFT (Indice de Fréquence des Traitements).

Par l'intermédiaire d'une bineuse classique, la réduction d'un traitement de post-émergence dans le programme herbicide a été possible ces deux dernières années. Par contre, en utilisant uniquement une bineuse classique, la réduction de deux traitements chimiques ne répond pas aux attentes de désherbage (2/10). L'ajout de moulinets ou le travail avec une houe rotative permettant de travailler sur le rang sera alors indispensable. Un ou deux binages classiques permettent dans une grande majorité des cas de remplacer un traitement chimique traditionnel, soit une hypothèse de diminution de l'IFT de l'ordre de 20 %. La faisabilité de ces opérations de binage dépendra en grande partie des conditions climatiques de l'année, de la vitesse de ressuyage du sol et du salissement de la parcelle. Mais nous avons également remarqué que dans des conditions plus difficiles de désherbage il n'est pas toujours possible de diminuer le nombre de traitement de post-émergence avec uniquement une bineuse classique. Dans ce cas la réduction de l'IFT passera par du matériel approprié travaillant sur le rang (houes rotatives ou moulinets) ou grâce à la localisation sur le rang des herbicides chimiques.

Comment aller plus loin ?

Afin d'obtenir une plus grande diminution de l'IFT herbicide, il est nécessaire d'intervenir sur le rang des betteraves.

Les essais en 2010 ou en 2011 en vue d'un travail mécanique sur le rang (moulinets sur bineuse ou houe rotative) ont été mis en place après 2 ou 3 traitements chimiques traditionnels. L'objectif était d'intervenir lorsque les betteraves avaient au minimum un stade de 4 feuilles et sur des parcelles propres c'est-à-dire des adventices peu développées et inférieures à 2 feuilles. Une intervention mécanique sur des adventices développées ne permettraient pas un travail efficace de désherbage sur le rang. Le désherbage mécanique sur le rang ne permet pas de rattrapage, il est donc impératif d'avoir la plus grande vigilance sur l'évolution des relevées d'adventices.

Les différents essais mis en place en 2010 ou en 2011 nous ont permis de mieux identifier les principales possibilités de stratégies de désherbage mécanique combiné :

- Traitements chimiques en localisé en alternance avec du binage classique (ou désherbineuse) : traiter uniquement le rang des betteraves
 - ✓ Réduction possible de 50 à 66 % de l'IFT

- Travail mécanique sur le rang des betteraves : moulinets ou houe rotative en créant un décalage de végétation entre les betteraves et les adventices (commencer par 2 à 3 traitements chimiques traditionnels).
 - ✓ Réduction possible de 40 à 50 % de l'IFT

Un essai effectué dans le département de l'Aisne à Saint Erme nous a montré l'importance de l'homogénéité du type de sol lors du désherbage mécanique sur le rang. Lors du passage de la houe rotative ou des moulinets après deux passages chimiques on constate que les betteraves situées dans du limon argileux ont un pourcentage de destruction par les éléments mécaniques plus élevées que les betteraves situées dans le limon moyen ou le limon battant. Lorsque 3 traitements chimiques sont effectués avant l'intervention mécanique, les betteraves ont atteint un stade plus développées donc la différence entre les types de terre s'estompent. Ceci est la solution dans des parcelles hétérogènes : effectuer un traitement chimique supplémentaire avant une intervention mécanique.

- ▶ *Modalité 1* : tout chimique (programme agriculteur)
- ▶ *Modalité 2* : 2 passages chimiques puis 3 passages de houe rotative
- ▶ *Modalité 3* : 2 passages chimiques puis 3 passages de bineuses à moulinets
- ▶ *Modalité 4* : 2 passages chimiques puis 1 passage de houe rotative puis bineuse puis houe
- ▶ *Modalité 5* : 2 passages chimiques puis bineuse puis 2 passages de houe rotative

Dans cet essai, nous n'avons pas observé de différence d'efficacité entre les moulinets et la houe rotative.

La propreté est équivalente entre le tout chimique et le combiné (Houe ou Moulinets) mais avec un passage de plus en mécanique. Il n'y a pas de différences entre la houe rotative puis les moulinets et l'inverse. Par contre il y a une grande importance du type de sol (Limon argileux – Limon battant) vis-à-vis des pertes de pieds lors des 2 premiers passages compte tenu de la formation d'une croûte. Lors du passage au stade 4 feuilles seul le limon battant avait des pertes acceptables. Le passage 8 jours plus tard devenait acceptable dans le limon moyen. Le limon argileux occasionnait encore des pertes importantes surtout avec les moulinets.

Dans cet essai, nous n'avons pas observé de différences d'efficacité entre les moulinets et la houe rotative. Avec ces nouvelles techniques de désherbage la réduction de l'IFT ne pourra pas être réalisée dans les mêmes proportions pour toutes les parcelles.

Efficacité et période d'intervention des moulinets et de la houe rotative

Deux grands types de matériel ont été testés ces dernières années : d'une part, une bineuse équipée de moulinets travaillant sur le rang et d'autre part, la houe rotative utilisée sur d'autres cultures.

La bineuse à moulinets : Le principe est de compléter le travail d'une bineuse classique nettoyant l'inter rang par des moulinets en caoutchouc qui nettoient le rang. Ces moulinets en caoutchouc sont entraînés par un moulinet plus petit en métal d'un diamètre inférieur, ce qui arrache les plantes touchées par le moulinet en caoutchouc. La difficulté est d'arracher les adventices sans affecter les betteraves. Une différence de stades doit exister entre les adventices à détruire et les betteraves à garder. La machine est adaptée aux cultures en ligne comme la betterave mais peut aussi être utilisée sur le colza ou toute culture semée en lignes avec un écartement assez grand. Après une période d'évaluation du travail des moulinets en 2004-2005, l'ITB a testé en 2007 et 2008 une bineuse 12 rangs autoguidée en conditions pratiques chez des agriculteurs. Ce point a permis de valider les observations faites en petites parcelles et d'évaluer les temps de travaux à vitesse plus élevée. Le guidage de la bineuse est assuré par une roue profilée qui suit la trace créée au semis par une dent montée au centre du semoir. Cet autoguidage permet de travailler à 10-12 km/h avec un seul chauffeur.

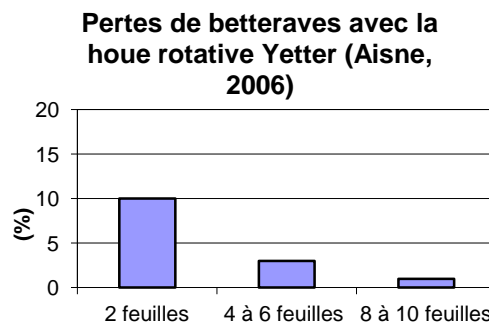
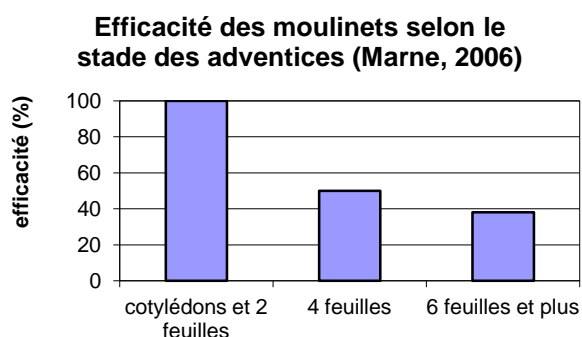
La houe rotative : La houe est constituée de roues équipées de cuillères qui arrachent les adventices présentes ou en cours de levées. Elle travaille sur toute la largeur à grande vitesse 15-20 km/h. Sa largeur peut varier de 4,70 m à 6 m. L'outil est constitué de deux rangées de roues équipées de cuillères qui arrachent les adventices par la vitesse de rotation. Le travail sur toute la largeur permet à la houe de pouvoir être utilisée sur toute culture, quelque que soit l'écartement entre les rangs.

Les essais avec la houe ont été conduits en Picardie en partenariat avec Agro-transfert pour les essais de la Somme ou uniquement par l'ITB pour les essais suivis dans l'Aisne. Pour les essais avec la bineuse à moulinets, la mise au point s'est faite au sein de l'ITB Nord-Est puis avec la coopérative COHESIS chez un agriculteur.

Observations réalisées

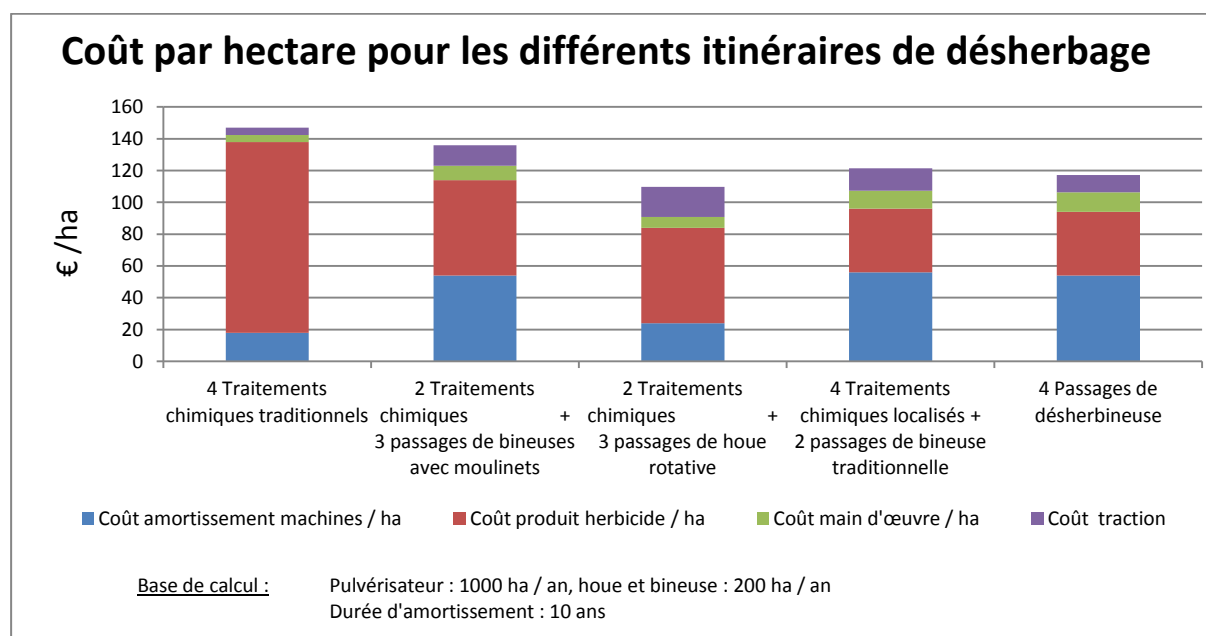
Comme dans tous les essais de désherbage réalisés, des comptages d'adventices et/ou des notations d'efficacité ont été effectués. L'échelle d'efficacité est la même que celle utilisée dans les essais de comparaison de produits ou de programmes : 0 correspond à l'absence d'efficacité, 10 à une parcelle indemne d'adventices. La note 7 équivaut à 85 % d'efficacité ou à un désherbage satisfaisant pour l'agriculteur, qui ne justifie pas une nouvelle intervention. Pour apprécier la sélectivité des interventions, des comptages de betteraves sont effectués avant et après chaque intervention. Les matériels utilisés, bineuses à moulinets et houes, présentent des risques de pertes de plantes lorsqu'ils sont utilisés avant le stade 4 feuilles de la culture, de l'ordre de 5 à 10 % selon les situations. Au-delà du stade 10-12 feuilles, les houes occasionnent des dégâts aux betteraves par éclatement, dégâts qui peuvent rapidement être excessifs. Compte tenu des exigences de population des betteraves et du coût des semences, ces matériels ne doivent être utilisés qu'entre les stades 4 et 12 feuilles des betteraves.

L'efficacité des houes ou de la bineuse à moulinets est très dépendante du stade des adventices au moment de l'intervention. Elle est bonne avant le stade 2 feuilles, elle peut chuter rapidement lorsque les adventices dépassent ce stade. Cette efficacité est également dépendante des conditions climatiques avant la réalisation mais aussi après. Un minimum de temps sec après le passage de la machine est nécessaire pour assurer le dessèchement et la mortalité des adventices.



Désherbage mécanique combiné et coûts

Les coûts des différents chantiers comprennent le coût des herbicides, le coût de la main d'œuvre, l'amortissement des machines et le coût de traction par passage et par hectare. On remarque le coût élevé du passage du pulvérisateur dû principalement au coût des produits chimiques (30 €/ha/passage : moyenne nationale). L'économie réalisée par la réduction des herbicides finance pour partie ou totalement les coûts en amortissement de matériels et les surcoûts de main d'œuvre.



Désherb'Avenir II : 1 500 visiteurs

Désherb'Avenir II organisé par l'ITB, Saint Louis Sucre et le Cetiom s'est déroulé le 12 mai dernier à Villers Saint Christophe (Aisne). Cette manifestation a rencontré un grand succès avec 1500 visiteurs sur la journée. Après un court diaporama en salle d'Arvalis sur les systèmes GPS et de l'ITB pour la présentation de Désherb'Avenir II, les nombreux participants ont pu visiter un essai ITB de désherbage mécanique combiné avec 12 stratégies de désherbage différentes dont l'objectif est de réduire les quantités d'herbicides, tout en conservant des parcelles propres. La fin de chaque demi-journée s'est déroulée autour d'une démonstration de matériels de rampe de localisation (Sopéma, Amis), de bineuses (Monosem, Carré, Steketee, Razol, Garford, Agronomic, Matermacc, Thyregod), de moulinets travaillant sur le rang (Kress, Steketee) et de houes rotatives (Carré, Agronomic) sur betteraves, colzas et tournesols. La démonstration a également permis de montrer différents systèmes de guidage (guidage par trace réalisée au moment du semis, caméra, GPS RTK avec les partenaires Trimble, John Deere et Sat Plan).

A l'occasion des Culturales, organisées par Arvalis les 22 et 23 juin 2011, l'ITB et le Cetiom ont proposé un pôle désherbage combiné avec une visite de l'essai de désherbage mécanique sur betteraves et divers stands de constructeurs.



Désherb'Avenir II le 12 mai 2011 à Villers Saint Christophe (Aisne)

CONCLUSION

Ces nouvelles techniques de désherbage sont adaptées à la culture de la betterave mais les réglages doivent être précis. Les aléas climatiques peuvent empêcher ces techniques de désherbage mécanique. Nous conseillons de commencer à utiliser ces techniques sur une surface limitée les premières années en choisissant les parcelles les plus faciles à désherber. Il est également important de choisir des parcelles homogènes en type de terre, les levées des betteraves devant être homogènes afin qu'elles atteignent toutes le même stade en même temps. Il est primordial d'être réactif par rapport aux conditions climatiques et de ne pas laisser la parcelle de betterave sans intervention trop longtemps. Si les conditions de ressuyage ne sont pas réunies, un désherbage chimique devra être effectué. Le désherbage mécanique sur le rang est donc un désherbage par opportunisme si les conditions le permettent mais suivant les années, les levées, le ressuyage des terres et le type de terre le nombre d'interventions mécaniques possibles sera différent.

Le désherbage mécanique:

- Se gère de la même façon que le désherbage chimique (stade des adventices, intervalle entre deux passages, conditions climatiques, nombre d'interventions,...).
- S'intègre dans un programme.
- Ne pas se limiter à un seul passage à cause des problèmes de repousses.
- Le choix du matériel est prépondérant.
- Dans l'état actuel on peut difficilement remplacer plus d'un traitement chimique par des passages de bineuses simples.
- L'intégration de moulinets peut toutefois remplacer plusieurs traitements
- Est parfaitement complémentaire d'un désherbage chimique localisé

6.10 RIZA KAYA

Turkish Sugar Factories Inc., Sugar Institute, Department of Phytopathology, TR – 06930 Etimesgut

POSSIBILITIES OF REDUCING HERBICIDE USE IN WEED CONTROL OF SUGAR BEET

ABSTRACT

Herbicide usage has a significant role in the full mechanized weed control systems of sugar beet. Different weed control strategies are needed in order to prevent accumulation of herbicides, applied successively and intensively, in the soil. In this study, with the aim of decreasing the amount of herbicide sprayed per unit area, the effects of methods, based on the use of a tractor hoe combined with low dose post-emergence band application of herbicides, on weeds and on root yield and quality of sugar beet were investigated in 2005-2007. According to the results,

- hand hoeing twice + thinning (control),
- tractor hoeing twice + thinning,
- low-dose post-emergence band herbicide application twice + tractor hoeing twice,
- low-dose post-emergence overall herbicide application three times,
- low-dose post-emergence band herbicide application once + thinning + tractor hoeing once,
- low-dose post-emergence band herbicide application once + tractor hoeing twice,
- low-dose post-emergence band herbicide application three times + tractor hoeing once and
- low-dose post-emergence band herbicide application twice + tractor hoeing once

resulted in the weed control at the rates of 98.6, 96.7, 89.9, 88.4, 85.7, 78.4, 76 and 68% respectively. In terms of root and sugar yield, tractor hoeing twice + thinning, low-dose post-emergence overall herbicide application three times, low-dose post-emergence band herbicide application twice + tractor hoeing twice, respectively, were most effective following the control treatment. The other treatments produced significantly lower root and sugar yields compared to the control. The results indicated that low-dose post-emergence band herbicide application twice + tractor hoeing twice gave better performance than the treatments with the other band spraying combined with a tractor hoe and saved 70% in the amount of herbicide sprayed per unit area compared to low-dose post-emergence overall herbicide three times in the arid and semi-arid regions.

POSSIBILITE DE REDUCTION DE L'EMPLOI D'HERBICIDES DANS LA LUTTE CONTRE LES ADVENTICES SUR BETTERAVES SUCRIERES

RESUME

Pour le contrôle des adventices entièrement mécanisé dans la culture de betteraves sucrières, un rôle prépondérant revient aux herbicides. Plusieurs stratégies d'application successive et intensive s'avèrent nécessaires pour éviter un enrichissement d'herbicides dans le sol. Dans l'intérêt de réduire à l'avenir la quantité de pesticides appliquée par surface, cette étude a été menée à bien entre 2005 et 2007. Ainsi ont été évalués les effets d'un sarclage automatique combiné à un traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes, sur le rendement en betteraves sucrières et leur qualité. Par rapport aux résultats de

- deux sarclages manuels + démariage (contrôle), les taux d'envahissement d'adventices suivants ont été mesurés
- sarclage mécanique (2 fois) + démariage
- traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (2 fois) + sarclage mécanique (2 fois)
- traitement herbicide à basse dose en postlevée (3 fois)
- traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (1 fois) + démariage + sarclage mécanique (1 fois)
- traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (1 fois) + sarclage mécanique (2 fois)
- traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (3 fois) + sarclage mécanique (1 fois)

- traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (2 fois) + sarclage mécanique (1 fois)

98,6 – 96,7 – 89,9 – 88,4 – 85,7 – 78,4 – 76 – et 68 %.

En comparaison au contrôle, le sarclage manuel (deux fois) + démariage, le traitement herbicide à basse dose en postlevée (3 fois), et le traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (2 fois) + sarclage mécanique (2 fois) étaient les méthodes les plus efficaces, concernant le rendement en betteraves et en sucre.

Les autres traitements ont abouti à des rendements en betteraves et en sucre nettement plus bas comparés à ceux au contrôle.

Les résultats prouvent que, par un traitement herbicide à basse dose en postlevée, appliqué en bandes (2 fois) + sarclage automatique (2 fois) on obtient de meilleures performances qu'avec d'autres applications en bandes combinées à un sarclage mécanique. En plus, comparé à un traitement herbicide à basse dose en postlevée (3 fois) dans des régions arides et semi-arides, 70 % de la quantité appliquée d'herbicide peuvent être économisés.

MÖGLICHKEITEN DER HERBIZIDREDUKTION BEI DER UNKRAUTKONTROLLE IM ZUCKERRÜBENANBAU

KURZFASSUNG

Im Rahmen der voll mechanisierten Unkrautkontrolle beim Zuckerrübenanbau spielen Herbizide eine signifikante Rolle. Um eine Anreicherung von Herbiziden im Boden zu vermeiden, sind verschiedene Strategien zur sukzessiven und intensiven Anwendung erforderlich. Um zukünftig die Menge applizierter Mittel je Fläche zu reduzieren, wurde diese Studie im Zeitraum vom 2005-2007 durchgeführt. Die Auswirkungen auf den Ertrag und die Qualität von Zuckerrüben bei dem Einsatz der maschinellen Hacke kombiniert mit niedrig dosierter Nachauflauf-Bandherbizidapplikation wurden hierbei evaluiert. Mit Blick auf die Ergebnisse für

- Handhacke (2 mal) + Vereinzeln (Kontrolle) wurden für
- maschinelles Hacken (2 mal) + Vereinzeln,
- niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (2 mal) + maschinelles Hacken (2 mal),
- niedrig dosierte Nachauflauf-Breitbandherbizidapplikation (3 mal),
- niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (1 mal) + Vereinzeln + maschinelles Hacken (1 mal),
- niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (1 mal) + maschinelles Hacken (2 mal),
- niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (3 mal) + maschinelles Hacken (1 mal)
- und niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (2 mal) + maschinelles Hacken (1 mal)

folgende Raten der Verunkrautung ermittelt: 98.6, 96.7, 89.9, 88.4, 85.7, 78.4, 76 und 68 %. Im Hinblick auf den Rüben- und Zuckerertrag waren maschinelles Hacken (2 mal) + Vereinzeln, niedrig dosierte Nachauflauf-Breitbandherbizidapplikation (3 mal), niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (2 mal) + maschinelles Hacken (2 mal) die effektivsten Methoden im Vergleich zur Kontrollbehandlung. Die anderen Behandlungen führten zu signifikant niedrigeren Rüben- und Zuckererträgen im Vergleich zur Kontrolle. Die Ergebnisse zeigen, dass niedrig dosierte Nachauflauf-Bandherbizidapplikation (2 mal) + maschinelles Hacken (2 mal) zu besseren Leistungen als Behandlungen mit anderen Bandapplizierungen in Kombination mit maschinell Hacken führen und darüber hinaus 70 % der applizierten Herbizidmenge pro Fläche eingespart werden kann im Vergleich zur niedrig dosierte Nachauflauf-Breitbandherbizidapplikation (3 mal) in ariden und semi-ariden Regionen.

INTRODUCTION

Weed control, one of the most important farming practices, in sugar beet growing is essential to achieve maximum beet yield and quality. In previous times, weeds were used to be controlled by hand, then by hand hoeing (Schweizer and May, 1993). When herbicides were first introduced for sugar beet, they seldom controlled all the weeds that emerged in the crop in different times. Therefore,

hand labour and later tractor hoeing were used to supplement them. Coupled with decreased in labour forces, mechanization was begun to be introduced into farming practices, which resulted in a replacement of hand hoeing with herbicide spraying and machine hoeing. During the 1960s, band sprayer could reduce herbicide costs by applying chemicals over the sugar beet row only, while the weeds between rows were controlled by cultivation (May and Wilson, 2006).

In the late 1970s a low-volume, low-dose system for the control of broad-leaved weeds was adopted in many northern European countries for most post-emergence herbicide applications. This technique reduced traditional doses of the herbicide's active ingredient by two-thirds in the UK and many parts of Europe (Smith, 1983). FAR systems in Europe (Hermann *et al.*, 1992) or micro-rate systems in the USA (Dexter *et al.*, 1997) were developed in the 1990s to reduce doses still further. Normally FAR treatments are a combination of phenmedipham, ethofumesate, a residual component (metamitron, lenacil or chloridazon) plus mineral or vegetable oil according to conditions by reducing herbicides at two-third rate. But in this system, typically one or two extra spray passes are necessary compared to other current systems. The micro-rate systems use the principle of combining desmedipham plus phenmedipham with trisulfuron methyl and clopyralid plus a methylated vegetable oil.

When using FAR and micro-rate systems, it is essential that herbicides can be applied over the whole sugar beet area when weeds are at the stage of cotyledon or early true leaves for the technique employed. Herbicides must be applied four times (pre-emergence once and post-emergence three times) in FAR system and three, four or more times in micro-rate system for satisfactory weed control (May and Wilson, 2006).

With the advent of self-steered band sprayers, low-dose technique could be adapted for band spraying (McClean, 1982). Wevers (1992) reported that the reduction of herbicide costs sometimes reached up to 30% on weedy, sandy and organic soils. Although a low-dose system of band spraying (combined pre-emergence application once with post-emergence application twice) could reduce chemical costs by 65%, it required three times more man-hours than an overall spraying system. Also, band sprayings were limited due to heavy rain in wet seasons. As a result, growers switched from band to overall treatments. At the same time, the achievement of this system was affected by changeable seasons (McClean and May, 1986) as well as pre-emergence residual herbicide sprayings.

The effectiveness of pre-emergence residual herbicides decreases with reductions in rainfall or soil wet content. Furthermore, they reduce root yield of sugar beet under heavy rainfall due to phytotoxic action on sugar beet as a result of their high effectiveness (Campagna *et al.*, 2000). As a consequence, the application of post-emergence herbicide has become more and more important. Considering insufficient effectiveness of one time full rate herbicide application on weed, a low-dose technique of post-emergence for weed control was adapted in the 1980s (Schweizer and May, 1993; May, 1996; Schäufele, 2000). The usage of low-dose herbicide three times or more not only increase their effectiveness on weeds but also decrease amount of their residues in soils.

Data from water quality monitoring show that herbicides are the most frequently detected group of pesticides in ground and surface waters (Carter, 2000). Several herbicide residues were found in soils (Eronen and Mutanen, 2000). In recent years, the successive and intensive usage of herbicides at full rate results in residue in the soil and thereby causes to environmental pollution. On the other hand, herbicides are leached from the soil into the underground water and threat to human health. Therefore, it is very important that herbicides are applied in optimum dose and time.

After several new type of machine hoes were developed, a stage of trials were carried out to make the usage of them widespread (Miller and Fornstrom, 1989; Tugnoli *et al.*, 2002).

In dry season weeds may be harder to kill because of large amounts of wax on their leaves by using herbicides. Tractor hoes perform much better to kill surviving weeds between the rows in dry conditions because less rerooting of the weeds is likely to occur (May and Wilson, 2006).

Weather conditions are changeable and generally have dry seasons in arid and semi-arid regions as well as Turkey. Efficient weed control in sugar beet could increase the yield by 25-40% in these regions (Özgür, 1980; Gürsoy, 1982). In some fields of Turkish sugar beet growing areas, weeds between the rows are controlled by implementing firstly hand hoeing, secondly thinning with hand hoeing within the rows and finally hand hoeing between the rows. Consequently, this method gives a very good weed control.

In sugar beet cultivation, researches have been done on weed control by not only through the application of low-dose post-emergence herbicides but also machine hoeing (Buzluk and Acar, 2002; Kaya and Buzluk, 2006). Also, low-dose post-emergence herbicides added vegetable oil in FAR system in Europe did not differ from only low-dose post-emergence herbicides without vegetable oil in Turkey

(Özgür and Kaya, 2000). A relatively efficient weed control was achieved with low-dose post-emergence herbicide mixtures three times (Özgür and Kaya, 2000). On the other hand, the results indicated that treatments with different machine hoes also produced a relatively satisfactory weed control (Buzluk and Acar, 2002). Hand labour cost is getting higher and higher. Machine hoeing is efficient for the control of inter-row weeds but not within the row and this can be regarded as one of its most important disadvantages.

With the aim of reducing amount of herbicides applied to per unit area by obtaining a satisfactory weed control and full mechanization in sugar beet in arid and semi-arid regions, we tested the effects of low-dose post-emergence band herbicide sprayings combined with a tractor hoe on weed control, root yield and quality of sugar beet were investigated.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in Konya trial field of Sugar Institute during 2005-2007. The trials including 54 plots were established in an area of 3623 m² in a randomized complete block design with six replications. Plots had a width of 2.25 m (5 rows) and a length of 10 m. Harvesting plots had a width of 1.35 m (3 rows) and a length of 7.4 m. Soil type was a clay loam (11% sand, 30% silt, and 60% clay, pH 8, 1.5% organic matter). The cultivar Leila, obtained from Kleinwanzlebener Saatzucht A.G.–Einbeck (Germany), treated with fungicides (hymexazol and thiram) and an insecticide (imidacloprid), was used in this study. In the soil preparation in autumn, stubble tillage was done at the tilt of shadow following the harvest of cereal. After the recommended fertilizers (N: 160 (80+80), P₂O₅: 8 (5+3), K₂O: 7 kg ha⁻¹) were applied into the soil in a conventional way, the trial field was ploughed again. For seed bed preparation in spring, the remaining part of the fertilizers was applied into the soil, then the trial field was drilled with a combi-crumbler. The seeds were then sown by mechanical precision drilling machine with 5 rows, in 45 cm row width and at 8 cm seed spacing. Other cultivation techniques were also implemented in the conventional way.

Hand hoe with a sharpened blade of 15 cm and a handle of 140-150 cm was used in the control treatment. A rotary hoe rear mounted to a tractor, 30 cm working width, 3-8 cm working depth, 4-5 km h⁻¹ working speed, and 25 kW power was used in the required treatments. The herbicide mixture, Betanal Progress OF [Phenmedipham (9.2%) + Desmedipham (7.2%) + Ethofumesate (11.3%), 1.2 l ha⁻¹], Pyramine DF [Chloridazon (65%), 1.0 kg ha⁻¹], and Lontrel 100 [Clopyralid (12.6%), 0.5 l ha⁻¹], was used in the low-dose post-emergence overall sprayings. By decreasing the same herbicide mixture at a rate of 55%, Betanal Progress OF [Phenmedipham (9.2%) + Desmedipham (7.2%) + Ethofumesate (11.3%), 0,540 l ha⁻¹], Pyramine DF [Chloridazon (65%), 0.450 kg ha⁻¹], and Lontrel 100 [Clopyralid (12.6%), 0.225 l], it was sprayed into the band in a width of 20 cm. Betanal Progress OF and Lontrel to control weeds at the cotyledon stage and Pyramine DF to provide residual control of germinating weeds after application were added to the mixture. The herbicide mixes were applied to weeds post-emergence by a sprayer mounted on a tractor. Low-dose post-emergence overall sprayings were applied with 11002 flat fan nozzles (220 l ha⁻¹ volume capacity) and low-dose post-emergence band sprayings were applied with 8001 even flat fan nozzles (100 l ha⁻¹ volume capacity).

All sprays were applied at the cotyledon stage of the weeds and according to the growth stage of the sugar beet plants (Table 1). After all treatments were implemented, the weeds in all trial plots were counted in the area of 1 m² by a tool with the dimensions of 0.185x1.35 m. The weed species were identified according to Davis (1965-88) and the identified weed species and density were given in Table 2.

Effectiveness of weed control was determined by the Abbott's formula after calculating the angle values of the weed density per plot. The data were tabulated and evaluated through analyses of variance using a package statistics programme, Mstats-C Version 1.42. Then, the Duncan Test was used to determine the differences among the means of the treatments.

Table 1. The treatments and weed management order at sugar beet growth stages.

Treatments	Weed management order at sugar beet growth stages				
	Cotyledon stage (BBCH:10)	2-4 true leaves stage (BBCH:12-14)	4-6 true leaves stage (BBCH:14-15)		8-10 true leaves stage (BBCH:19)
1. Untreated				Thinning by hand	
2. 2xHH+T (control)		Hand hoeing		Thinning by hand hoe	Hand hoeing
3. 2xTH+T		Tractor hoeing		Thinning by hand hoe	Tractor hoeing
4. 3xOH	BPO+P+L mix	BPO+P+L mix	BPO+P+L mix	Thinning by hand	
5. 1xBH+2xTH	BPO+P+L mix	Tractor hoeing		Thinning by hand	Tractor hoeing
6. 2xBH+2xTH	BPO+P+L mix	BPO+P+L mix, Tractor hoeing		Thinning by hand	Tractor hoeing
7. 2xBH+1xTH	BPO+P+L mix	BPO+P+L mix		Thinning by hand	Tractor hoeing
8. 3xBH+1xTH	BPO+P+L mix	BPO+P+L mix	BPO+P+L mix	Thinning by hand	Tractor hoeing
9. 1xBH+T+1xTH	BPO+P+L mix			Thinning by hand hoe	Tractor hoeing

BPO: Betanal Progress Of (1.2 kg ha⁻¹), P: Pyramine DF (1 kg ha⁻¹), L: Lontrel 100 (0.5 kg ha⁻¹)
 HH: Hand hoeing, T: Thinning by hand hoe, TH: Tractor hoeing, OH: Overall herbicide application, BH: Band herbicide application

Table 2. Weed species and average density in the untreated plots of the trial field in 2005-2007.

Weed species	Average weed density (number m ⁻²)			
	2005	2006	2007	Average
<u>Dicotyledons</u>				
<i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson	-	-	0.17	0.06
<i>Amaranthus blitoides</i> S.Wats.	39.67	5.50	5.00	16.72
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0.67	0.83	0.50	0.67
<i>Chenopodium album</i> L.	10.67	7.17	7.33	8.39
<i>Chenopodium urticum</i> L.	0.83	-	-	0.28
<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	0.50	-	10.33	3.61
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	5.00	-	1.83	0.72
<i>Fumaria parviflora</i> Lam.	0.17	0.17	7.83	2.72
<i>Lactuca serriola</i> L.	0.33	0.17	-	1.67
<i>Papaver rhoeas</i> L.	-	0.33	-	0.11
<i>Sinapis arvensis</i> L.	-	0.17	-	0.06
<i>Solanum nigrum</i> L.	0.17	-	-	0.06
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	0.83	0.67	0.50	0.67
<i>Conringia orientalis</i> (L.) Andr.	-	-	0.67	0.22
<i>Salsola kali</i> L.	-	-	0.33	0.11
<u>Monocotyledons</u>				
<i>Avena fatua</i> L.	2.17	50	-	0.89
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	6.33	-	-	2.11
Total	67.34	15.51	34.49	39.11

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the trials, presented as means of the years of 2005, 2006 and 2007, are given in Figure 1, 2, 3, and 4. The treatment of hand hoeing twice plus thinning (control) produced the lowest weed density. All the other treatments produced higher weed densities (Figure 1). In terms of effectiveness of weed control, the best results were obtained from the control and tractor hoeing twice plus thinning treatments. The differences between both treatments were not significant. The others, compared to the control, showed lower effectiveness of weed control. The effectiveness of weed control was 98.6% in hand hoeing twice plus thinning, 96.7% in tractor hoeing twice plus thinning, 89.9% in low-dose post-emergence band herbicide twice plus tractor hoeing twice, 88.4% in post-emergence low-dose overall herbicide three times, 85.7% in low-dose post-emergence band herbicide once plus thinning plus tractor hoeing once, 78.4% in low-dose post-emergence band herbicide once plus tractor hoeing twice, 76% in low-dose post-emergence band herbicide three times plus tractor hoeing once and 68% in low-dose post-emergence band herbicide twice plus tractor hoeing once (Figure 1).

In the trials, the results of root yield were consistent with those of sugar yield. In terms of both root and sugar yield, tractor hoeing twice plus thinning (58.07 and 9.63 t ha⁻¹), low-dose post-emergence overall herbicide three times (57.14 and 9.4 t ha⁻¹), low-dose post-emergence band herbicide twice plus tractor hoeing twice (56.33 and 9.33 t ha⁻¹) gave as good results as the control (58.98 and 9.77 t ha⁻¹) and the differences among them were not statistically significant. The results of root and sugar yields of the treatments which was low-dose post-emergence band herbicide three times plus tractor hoeing once (54.87 and 9.08 t ha⁻¹) and low-dose post-emergence band herbicide once plus thinning plus tractor hoeing once (53.88 and 8.98 t ha⁻¹) were statistically the same as those of the treatments which was low-dose post-emergence overall herbicide three times (57.14 and 9.4 t ha⁻¹) and low-dose post-emergence band herbicide twice plus tractor hoeing twice (56.33 and 9.33 t ha⁻¹) but statistically lower than those of the control (58.98 and 9.77 t ha⁻¹) (Figure 2 and 4).

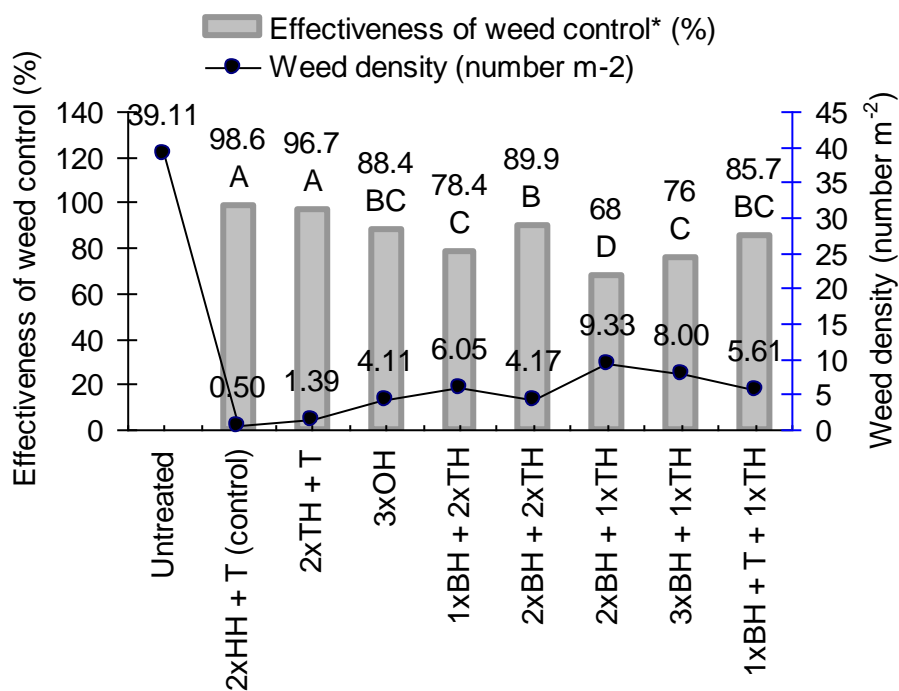
There were no differences among the treatments in terms of quality parameters such as sugar content and extractable sugar content (Figure 3).

Although lower effectiveness of weed control were obtained with low-dose post-emergence overall herbicide three times and low-dose post-emergence band herbicide twice plus tractor hoeing twice compared to the control and tractor hoeing twice plus thinning, all of them gave similar results in terms of root and sugar yields. Low-dose post-emergence band herbicide twice plus tractor hoeing twice was statistically lower than the control in terms of effectiveness of weed control. On the contrary, it performed as well as the control in terms of root and sugar yield. Consequently, uncontrolled weed density up to 10.6% did not result in an economically significant loss of root and sugar yields in this study.

In the study, the differences among the treatments in terms of weed density and effectiveness of weed control were not consistent with root and sugar yield, because uncontrolled weeds up to a given density level did not result in an economically loss of root and sugar yields and different weed species in the plots led to different damage. Brandes *et al.* (1998) also reported that a certain infestation of weed could be tolerated. Likewise, the results in this study showed that a weed infestation of 10.6% did not cause to a significant loss of root and sugar yield. Schweizer and Dexter (1987) had stated that competition from uncontrolled annual weeds can reduce root yield by 26-100%. Results in this study indicated that the untreated gave a 54% loss of root yield compared to twice hand hoeing plus thinning in line with the results by Kaya and Buzluk (2006).

At the same time, this study showed that when weeds were not controlled at all, weed growth resulted in higher losses by 54% for beet yield and 53.7% for sugar yield than the losses stated by Özgür (1980), Gürsoy (1982), and Kaya and Buzluk (2006). In terms of sugar and extractable sugar content, results in the study are in line with that of Campagna *et al.* (2000), Ransom *et al.* (2002), and Kaya and Buzluk (2006).

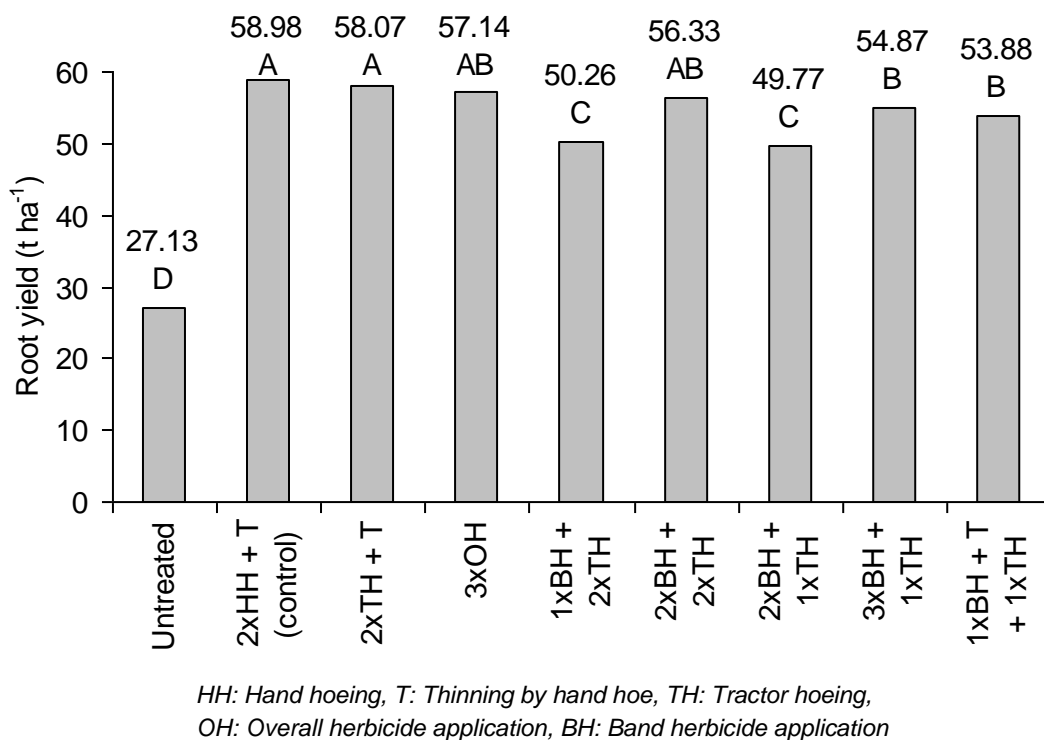
In the past, limited effectiveness was obtained with pre-emergence or post-emergence full rate of herbicides once. Low-dose applications of herbicides 3 to 5 times instead of full rate application once increased the effectiveness on weeds but the amount of herbicide applied per unit area was not decreased. In the study, the treatments, combined a low-dose post-emergence band application of herbicides with a tractor hoeing in the system of the full mechanized weed control, provided a satisfactory weed control.



HH: Hand hoeing, T: Thinning by hand hoe, TH: Tractor hoeing,
OH: Overall herbicide application, BH: Band herbicide application

*) percentage reduction in the number of weeds vs. the untreated control set at 100

Figure 1: Mean effectiveness of weed control and weed density of the treatments in 2005-2007 ($P < 0.05$).



HH: Hand hoeing, T: Thinning by hand hoe, TH: Tractor hoeing,
OH: Overall herbicide application, BH: Band herbicide application

Figure 2: Mean root yields of the treatments in 2005-2007 ($P < 0.05$).

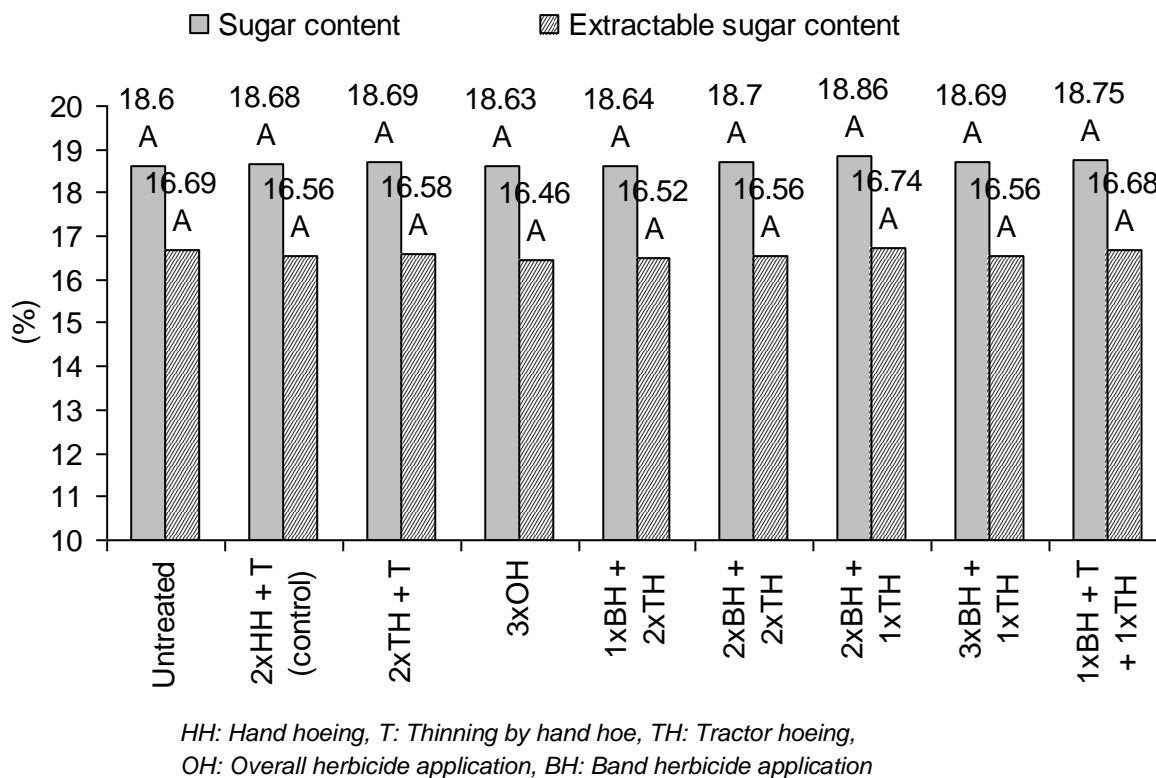


Figure 3: Mean sugar and extractable sugar contents of the treatments in 2005-2007 ($P < 0.05$).

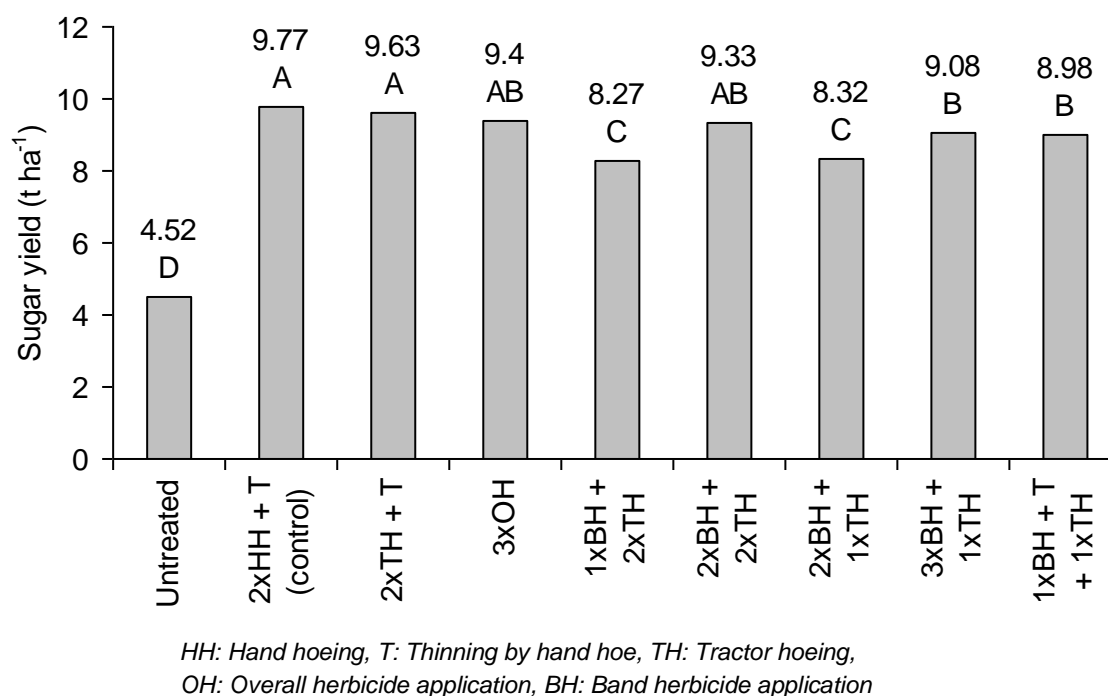


Figure 4: Mean sugar yields of the treatments in 2005-2007 ($P < 0.05$).

McClellan and May (1986) stated that low-dose band spraying could reduce chemical costs by 65% only when the weather is favorable and band sprays could not be used in adverse seasons. They also reported that the treatment, band application three times plus tractor hoeing twice, saved 41% compared to low-dose overall application. It is very difficult to use this system in practice in wet or rainy regions.

The results in this study showed that full mechanization system, combined low-dose post-emergence band herbicide twice with tractor hoeing twice and semi-mechanization system, tractor hoeing twice plus thinning, gave a good weed control. Weather conditions in Konya where is arid and semi-arid climate allowed us to use band sprays and tractor hoe on time. Thinning is done by hand labour. If there is enough man labour, this semi-mechanization system can be used without spraying any chemicals. As suggested by Kaya and Buzluk (2006), low-dose post-emergence overall application of herbicides three times provided satisfactory weed control in arid and semi-arid regions. With using low-dose band sprays twice plus tractor hoeing twice, not only herbicide application once was saved but also savings in the amount of herbicides were done by spraying larger area in the way of band application compared to overall application. Thus, total saving was 70% in the amount of herbicide, by implementing low-dose post-emergence band herbicide application twice plus tractor hoeing twice instead of low-dose post-emergence overall application three times.

Wilson (2005) suggested that beet yield was 15% greater with low-dose overall herbicide application compared to band herbicide application. On the contrary, band sprayings twice combined with tractor hoeing twice and low-dose overall treatments three times gave same root yields in this study.

Ransom *et al.* (2002) indicated that four overall applications of the micro rate provided satisfactory yields. In this study, the same results were obtained with both low-dose overall application three times and low-dose band application twice plus tractor hoeing twice.

Carter (2000) reported that herbicides were frequently detected in ground and surface waters and Eronen and Mutanen (2000) found several herbicide residues in soil. With decreasing in the amount of herbicides sprayed into soil, herbicide accumulation will be inhibited especially in the soils of arid and semi-arid regions where degradation is low. As a result, possible phytotoxic damage to following crops and environmental pollution will be prevented.

In this study, killing weeds on the row and thinning were done together in the treatment, tractor hoeing twice plus thinning. If a combined tractor hoe to control weeds in not only inter-rows but also rows will be developed, a good weed control would achieve with tractor hoeing twice without spraying any herbicide into soil in arid and semi-arid regions.

CONCLUSION

In this study it was found that a satisfactory weed control was achieved by combining low-dose band sprays with tractor hoeing in the full mechanized system and savings in the amount of herbicide usage per unit area were done in arid and semi-arid regions. With low-dose post-emergence band sprays twice plus tractor hoeing twice, it was saved one spraying in herbicide application and 70% in total amount of herbicide usage compared to low-dose post-emergence overall application.

REFERENCES

- 1 BRANDES, A., SCHÄUFELE, W.R., BENZ, W.: Einfluss Unterschiedlicher Unkrautdeckungsgrade auf den Ertrag von Zuckerrüben. *Proceedings of the 61st IIRB Congress*, 419-421, 11-12 February, Brussels, 1998.
- 2 BUZLUK, Ş., ACAR, A.I.: Şeker pancarında değişik çapalama sistemleri ve yabancıot mücadelesinin verim ve kalite üzerindeki etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi* 8(2): 171-179, 2002.
- 3 CAMPAGNA, G., ZAVANELLA, M., VECCHI, P., MAGRI, F.: Sugar beet weed control: Yield in relation with herbicide selectivity and action. *Proceedings of the 63rd IIRB Congress*, 541-545, 9-10 February, Interlaken, 2000.
- 4 CARTER, A.D.: Herbicide movement in soils: Principles, pathways and processes. *Weed Res.*, 40: 113-122, 2000.
- 5 DAVIS, P.H.: Flora of Turkey and The East Aegean Islands. University of Edinburg: Vol: 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, Edinburg, 1965-1988.

- 6 DEXTER, A.G., LUECKE, J.L., BREDEHOEFT, M.W.: Micro-rates of post-emergence herbicides for sugar beet. *Proceedings of the North Central Weed Science Society*, 139, Louisville: 52, 1997.
- 7 ERENON, L., MUTANEN, R.: Ethofumesate residues in monoculture soils of sugar beet in Finland. *Proceedings of the 63rd IIRB Congress*, 511-514, 9-10 February, Interlaken, 2000.
- 8 GÜRSOY, O.V. 1982. Yabancıot kontrolünün temel esasları ve şeker pancarı tarımındaki tatbikatı. T.Ş.F.A.Ş. Şeker Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- 9 HERRMANN, O., DE TEMMERMANN, L., VAN HIMME, M.: Onkruidbestrijding in de suikerbiet met het FAR-systeem. *De Bietplanter*: 24-27, 1992.
- 10 KAYA, R., BUZLUK, Ş.: Integrated weed control in sugar beet through combinations of tractor hoeing and reduced dosages of a herbicide mixture. *Turk. J. Agric. For.* 30: 137-144, 2006.
- 11 MAY, M.J.: Low-dose systems of weed control. *British Sugar Beet Review* 64: 10-11, 1996.
- 12 MAY, M.J., WILSON, R.G.: Weeds and weed control. Editor: A.P. DRAYCOTT, Sugar Beet, 1st ed., Blackwell Publishing Ltd., Oxford, USA, pp. 359-386, 2006.
- 13 MCCLEAN, S.P.: Developing a strategy for weed control in sugar beet. *Proceedings of the British Crop Protection Council-Weeds* 1, 91-96, England, 1982.
- 14 MCCLEAN, S.P., MAY, M.J.: A comparison of overall herbicide application with band spraying and inter-row cultivation for weed control in sugar beet. *Proceedings of the 49th IIRB Congress*, 345-354, 12-13 February, Brussels, 1986.
- 15 MILLER, S.D., K.J. FORNSTROM.: Weed control and labour requirements in sugar beet. *Journal of Sugar Beet Research* 26: 1-9, 1989.
- 16 ÖZGÜR, O.E.: Türkiye şeker pancarı tarımında optimum çapalama sayısının belirlenmesi. T.Ş.F.A.Ş. Şeker Enstitüsü Yayınları Çalışma Yıllığı, 1977-1980: 26-28, 1980.
- 17 ÖZGÜR, O.E., KAYA, R.: Şeker pancarında yabancıot kontrolü. Şeker Enstitüsü Raporu, Ankara, Türkiye, 2000.
- 18 RANSOM, C.V., RICE, C.A., ISHIDA, J.K.: Micro-rate herbicide programs for weed control in sugar beet. Malheur Experiment Station, Oregon State University, Ontario, OR. Available from URL: <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2002/BeetMicroWeed2002.htm> [Accessed: 11 Eylül 2003], 2002.
- 19 SCHÄUFELE, W.R.: Chemische Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben im Wandel - Ergebnisse einer Befragung in der IIRB-Arbeitsgruppe "Unkrautregulierung". *Proceedings of the 63rd IIRB Congress*, 93-109, 9-10 February, Interlaken, 2000.
- 20 SCHWEIZER, E.E., DEXTER, A.G.: Weed control in sugar beet (*Beta vulgaris*) in North America. *Rev. Weed Sci.* 3: 113-133, 1987.
- 21 SCHWEIZER, E.E., MAY, M.J.: The Sugar Beet Crop: Science into practice. Editors: D.A. COOKE and R.K. SCOTT, Chapman and Hill, London, pp. 485-519, 1993.
- 22 SMITH, J.: Review of the post-emergence low volume, low dose application technique. *Aspects of Applied Biology* 2: 189-195, 1983.
- 23 TUGNOLI, V., CIONI, F., VACCHI, A., MARTELLI, R., PEZZI, F., BARALDI, E., 2002. Integrated mechanical weed control with reduced herbicide dosages on sugar beet. *Proceedings of the 65th IIRB Congress*, 277-283, 13-14 February, Brussels.
- 24 WEVERS, J.D.A., 1992. Some remarks on band spraying. *Proceedings of the 55th IIRB Congress*, 321-331, 12-13 February, Brussels.
- 25 WILSON, R.G., SMITH, J.A., YONTS, C.D., 2005. Repeated reduced rates of broadleaf herbicides in combination with methylated seed oil for post-emergence weed control in sugarbeet (*Beta vulgaris*). *Weed Technology* 19(4): 855-860.

7.4 FRIEDRICH KEMPL, GOTTFRIED KLINGHOFER, ULRICH FISCHER
AGRANA Zucker GmbH, Josef-Reither-Straße 21-23, A – 3430 TULLN

ORGANICALLY GROWN BEETS? A GROWING SEGMENT IN THE AUSTRIAN SUGAR PRODUCTION

ABSTRACT

In the past organic sugar from sugar cane was imported to Europe. In 2008 AGRANA started to contract organic sugar beet. In campaign 2008/09 organic sugar from beet was produced according to the EU-regulation (2007/834/EC) concerning organic farming for the first time. In 2008 organic sugar beet was grown by 105 farmers on 323 ha. Up to 2011 the organic beet area was increased to 913 ha and reached about 2% of the Austrian sugar beet acreage. Currently organic sugar is produced according to the EU regulation as well as to the standards «BIO-SUISSE» and «NOP» (the US National Organic Program). Organic beet is mainly grown in Lower Austria. Weed control requires harrowing and an enormous input of hand labour in addition. Control of leaf diseases is done by two or three applications of Copper products. Organic beet is delivered like conventional grown beet to different storage sites as well as to the processing plant directly. Organic beet is processed in Hrusovany (CZ) which is situated close to the Czech-Austrian border. For the purpose of circular flow economy by-products of sugar production are marketed as organic feedstuff and organic fertiliser. Organic beet sugar from Austria is sold to food industries and at retail under the brand mark «Wiener Zucker».

BETTERAVES EN CULTURE BIOLOGIQUE – UN SECTEUR ECONOMIQUE EN PLEINE CROISSANCE DANS LA PRODUCTION SUCRIERE AUTRICHIENNE

RESUME

Auparavant le sucre biologique consommé en Europe provenait de canne à sucre et était importé. En 2008 AGRANA lança pour la première fois en Autriche la culture sous contrat de betterave biologique et produisit ainsi pendant la campagne 2008/09 du sucre biologique selon les prescriptions européennes spécifiques aux cultures biologiques (norme EG/834/2007). Ainsi, 105 agriculteurs biologiques cultivèrent la betterave biologique sur 323 ha en 2008. Puis en 2011 la surface en culture atteignait les 913 ha soit environ 2 % de la surface de production de betterave à sucre du pays. Actuellement, le sucre biologique est produit selon les directives européennes ainsi que d'après les standards « BIO-SUISSE » et « NOP » (du programme américain « National Organic Program »). La culture est présente majoritairement en Basse-Autriche. La gestion des adventices exige non seulement l'emploi de la bineuse mais demande aussi un investissement lourd en travail manuel. Quant au contrôle des maladies des taches foliaires, deux à trois passages au sulfate de cuivre sont réalisés. Puis, comme pour les betteraves de culture conventionnelle, la récolte est stockée sur des emplacements définis et transportée en usine de transformation. Cette transformation a lieu à la frontière tchèque-autrichienne, dans la sucrerie Hrusovany (CZ). Par souci de mener une économie circulaire, les co-produits obtenus par la fabrication du sucre biologique sont valorisés sous forme d'aliment animal ou d'engrais biologiques. Enfin, le sucre biologique autrichien est commercialisé en épicerie sous la marque « Wiener Zucker » ou vendu à l'industrie agro-alimentaire.

BIORÜBEN – EIN EXPANDIERENDER WIRTSCHAFTSZWEIG IN DER ÖSTERREICHISCHEN ZUCKERPRODUKTION

KURZFASSUNG

In der Vergangenheit wurde Bio-Zucker aus Zuckerrohr nach Europa importiert. Im Jahr 2008 kontrahierte AGRANA erstmalig Biorüben in Österreich und produzierte in der Kampagne 2008/09 Biozucker aus Zuckerrüben nach den Vorgaben der EU-Verordnung (EG/834/2007) über den ökologischen Landbau. Im Jahr 2008 wurden von 105 Biobauern auf 323 ha Zuckerrüben angebaut. Bis zum Jahr

2011 wurde die Anbaufläche auf 913 ha gesteigert und betrug somit ca. 2 % der österreichischen Zuckerrübenfläche. Aktuell wird Biozucker nach EU-Richtlinie sowie nach den Standards „BIO-SUISSE“ und „NOP“ (das US National Organic Program) produziert. Der Anbau erfolgt zum größten Teil in Niederösterreich. Die Beikrautregulierung erfordert zusätzlich zur maschinellen Hacke enormen Handarbeitsaufwand. Zur Kontrolle der Blattkrankheiten werden zwei bis drei Behandlungen mit Kupferpräparaten durchgeführt. Biorüben werden wie konventionelle Zuckerrüben auf dezentralen Lagerplätzen und im Verarbeitungswerk übernommen. Die Verarbeitung erfolgt in dem nahe der tschechisch-österreichischen Grenze gelegenen Zuckerfabrik Hrusovany (CZ). Im Sinne einer möglichst geschlossenen Kreislaufwirtschaft werden bei der Herstellung von Bio-Zucker als Co-Produkte auch Bio-Futter- und –Düngemittel erzeugt. Bio-Rübenzucker aus Österreich ist unter der Marke „Wiener Zucker“ im Einzelhandel erhältlich und wird an die weiterverarbeitende Lebensmittelindustrie verkauft.

INTRODUCTION

In the past organic sugar from sugar cane was imported to Europe. In 2008 AGRANA started to contract organic sugar beet. In campaign 2008/09 organic sugar from beet was produced according to the EU-regulation (2007/834/EC) concerning organic farming for the first time. In 2008 organic sugar beet was grown by 105 farmers on 323 ha. Up to 2011 the organic beet area was increased to 913 ha and reached about 2 % of the Austrian sugar beet acreage.

Table 1: Organic beet in Austria 2008 – 2011

	2008	2009	2010	2011
Number of farmers	105	121	136	166
Beet acreage contracted	323	529	747	916
Average beet yield	50.89	48.99	47.75	56.77
sugar content (% Pol)	17.00	15.92	16.84	17.87

Organic Beet area

Most organic beet growers are located in the north eastern part of Austria. According to Harlfinger and Knees (1999) this area is characterized as a panconic climate area with less than 600 mm of precipitation and average yearly from 2,5 to 4 m/s.

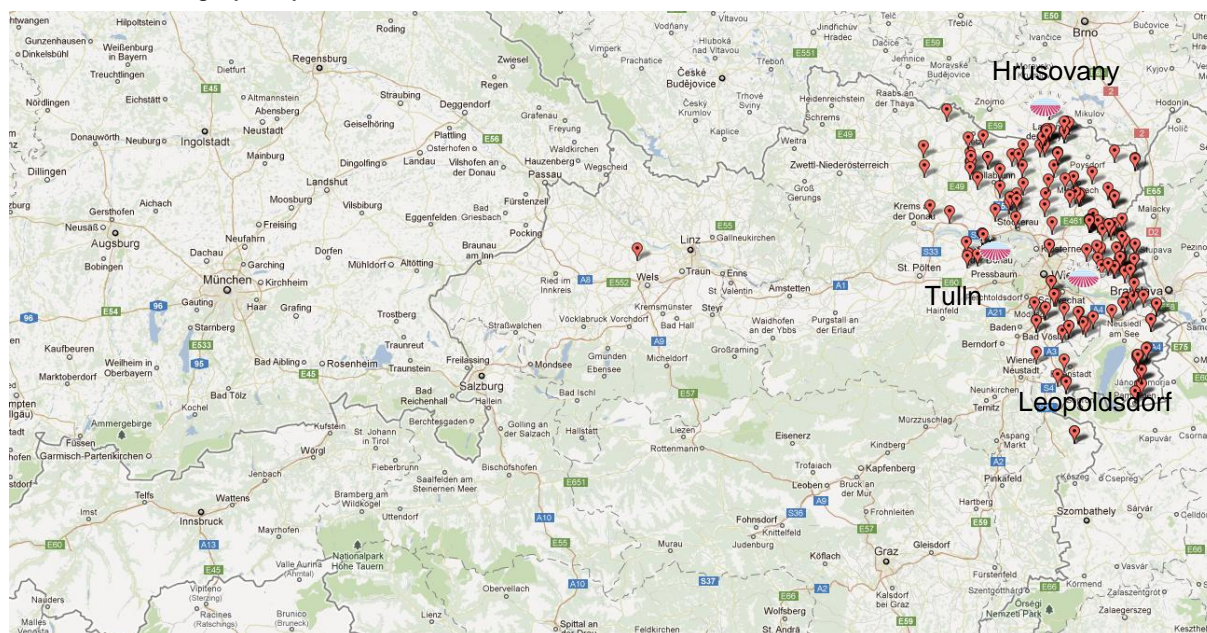


Figure 1: Map of organic beet farmers 2011

Seeds and sowing

Seeds for organic sugar beet are conventional multiplied seed without any pesticide in pellet. Varieties are selected with a focus on less susceptibility to leaf diseases. For nematode infested fields, nematode tolerant varieties are available. Organic farmers perform the seeding some days later than their colleagues producing conventional beet to have time for weed control before sowing.

Weed control

Weed control is a major issue in production of organic beet. Farmers are using harrows and inter row cultivators for mechanical weed control. In addition, an enormous input of hand labour is required, on average there is the need for 200 hours per hectare. Experiments have been performed by the sugar industry and farmers to decrease the amount of hand labor for weed control by using different cultivator tools like stars that have a weeding effect in rows too.



Figure 2: Test of different tool for inter row cultivator

Control of leaf disease

Control of Cercospora leaf spot and powdery mildew is carried out by spraying fungicides containing copper or sulfur. Normally two or three sprayings with copper products are required to control Cercospora. It is allowed to apply up to 2 kg Copper per hectare and year.

Harvest, logistics

Organic beet is processed in Hrusovany (CZ) which is situated close to the Czech-Austrian border. This factory has the advantage of a smaller daily beet slicing capacity compared to the Austrian plants in Tulln or Leopoldsdorf.

Harvest of organic beet occurs in first part of October. The logistics are similar to conventional beet in Austria: organic beets are delivered either to the processing plant in Hrusovany or to external beet reception and storage sites. Transport of beets from these external sites to Hrusovany is managed by truck. These external sites are certified and audited analogous to the processing sugar plant. Average transport distance is 86 kilometers.



Figure 3: External reception and storage site for organic beet

By products

For the purpose of circular flow, economy pulp is sold as organic pressed pulp or organic pulp pellets. Carbolime is available in organic quality too.

Organic Sugar

Currently organic sugar is produced according to the EU regulation as well as to the standards «BIO-SUISSE» and «NOP» (the US National Organic Program).

Organic beet sugar from Austria is sold to food industries and commercially retailed under the brand mark «Wiener Zucker».



Figure 4: Organic Sugar « Wiener Zucker »

REFERENCES

- 1 HARLFINGER, O., KNEES, G.: Klimahandbuch der Österreichischen Bodenschätzung. Klimatographie Teil 1. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck 1999.

7.6 GIOVANNI CAMPAGNA¹, PIERO PERNICI¹, GIANFRANCO MAINES², STEFANO MORETTI²

¹COPROB, Via Mora 56, I – 40061 Minerbio (BO)

²BETA, Via Conca 75, I – 44123 Ferrara

MONITORING CERCOSPORA LEAF SPOT IN EASTERN PO VALLEY DURING 2011

ABSTRACT

CLS is still the most important leaf fungal disease in Italy. An integrated system between scientific organizations, sugar industries, beet growers associations, chemical and seed companies and public institutions is needed in order to obtain an effective containment of the losses caused by the disease. During 2011, Coprob supported the CLS warning system evaluation carried out by BETA. Seven sugar beet platforms (1 ha each) were set up in the most representative areas of the eastern part of the Po Valley. In each platform hourly data of temperature and relative humidity were recorded by weather stations or supplied by the weather system of the Emilia-Romagna Region. Platforms were monitored in the onset and subsequent development of the disease by periodic inspections and surveys of the Affected Leaf Area. Two simulation models for predicting the epidemiological growth of the fungus were tested: one developed by the State Universities of North Dakota and Minnesota and adapted by BETA to the Italian conditions, the second one used by the Crop Protection Service of the Emilia-Romagna Region in the Protocol of integrated pest management. In the seven platforms, varieties with large diffusion in the territory were used, having different levels of tolerance against CLS. Three methods of controlling the disease were implemented in each platform using the forecasting system of the 2 models, in comparison with the reference schedule for risk areas adopted by Sugar Beet- Industries and Growers' Associations. The results obtained allowed to verify a correlation between the indications provided by the forecasting model adopted by BETA and the appearance of the first spots of infection. This allows to initiate and continue the sprayings with a tool operating on the basis of validated data, not only on empirical experience. Even more, this can also set the sprayings out of a fixed schedule of interventions, in case allowing to decrease the number of treatments in order to reduce costs and environmental impacts with no significant differences in production. Choosing tolerant varieties and using the best chemical products together with an optimal timing of the spray interventions dictated by the model, are the basis of an efficient integrated pest management. These recommendations are especially important for the late part of the harvest campaign when the disease causes the maximum losses.

MONITORAGE DE LA CERCOSPORIOSE (CLS) DANS LA VALLEE DU PO ORIENTALE EN 2011

RESUME

La CLS est encore la maladie foliaire la plus importante en Italie. Un système intégré entre organisations scientifiques, industries sucrières, associations de planteurs, sociétés de semences et de produits phytosanitaires est nécessaire afin d'obtenir une réduction effective de pertes déterminées par la maladie. Pendant le 2011, Coprob a supporté l'activité d'évaluation du système d'avis pour la CLS menée par BETA. Plusieurs plateformes betteravières (1 ha chacune) ont été placées dans les territoires les plus représentatifs de la partie orientale de la Vallée du Pô. Dans chaque plateforme, les données horaires de températures et humidité relative ont été mesurées par des stations météo ou fournis par le réseau météo de la Région Emilia-Romagna. Les plateformes ont été surveillées quant à l'apparition et le développement suivant de la maladie par des inspections et des évaluations périodiques de l'Aire Foliaire Affectée. Deux modèles de simulation pour la prédiction de la croissance épidémiologique du champignon ont été essayés: le premier, développé par les Universités d'état du Nord Dakota et de Minnesota, adapté par BETA à les conditions italiennes; le deuxième, utilisé par le Service de Défense Phytosanitaire de la Région Emilia-Romagna dans le Protocole de protection intégrée. Dans les sept plateformes, des variétés largement répandues sur les territoires ont été utilisées, avec différents niveaux de tolérance à CLS. Trois méthodes de maîtrise de la maladie ont été appliqués dans chaque plateforme: traitements basés sur les systèmes de prévision des deux modèles en comparaison avec le programme de traitements fixes basé sur les aires de risque, adopté par les Industries sucrières et les Associations de planteurs. Les résultats obtenus ont permis de

vérifier la relation entre les indications fournies par le modèle adopté par BETA et l'apparition de premières taches d'infection. Cela permet de commencer et continuer les traitements avec un outil opérant sur la base de données validés, pas seulement sur la base de l'expérience empirique. En plus, on peut aussi programmer les traitements hors d'un schéma d'interventions fixes, ce qui permet parfois de diminuer le nombre de traitements tout en réduisant les coûts et les impacts environnementaux sans aucune différence significative dans le rendement. Le choix de variétés tolérantes et l'utilisation des meilleurs produits chimiques en association avec un programme optimal des traitements d'après le modèle, sont la base d'une efficace maîtrise intégrée de la maladie. Celles recommandations-là sont particulièrement importantes dans la partie finale de la campagne de récolte, lors que la maladie détermine les pertes plus fortes.

MONITORING DER CERCOSPORA-BLATTFLECKENKRANKHEIT IN DER ÖSTLICHEN PO-EBENE IM JAHR 2011

KURZFASSUNG

CLS ist immer noch die wichtigste Pilzkrankheit in Italien. Ein integriertes System zwischen wissenschaftlichen Organisationen, Zuckerindustrie, Zuckerrübenanbauverbänden, Chemie- und Saatgut-Unternehmen und öffentlichen Institutionen ist notwendig, um eine wirksame Einschränkung der Verluste durch die Krankheit zu erzielen. Im Jahr 2011 unterstützte Coprob die CLS-Warnsystem Bewertung, die von BETA durchgeführt wurde. Sieben Zuckerrübenflächen (je 1 ha) wurden in den repräsentativsten Gebieten der östlichen Poebene eingerichtet. Auf jeder Versuchsfläche wurden stündlich Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit mittels einer Wetterstation oder durch das Wetter-System der Region Emilia-Romagna erfasst. Das Erstaufreten und die weitere Entwicklung der Krankheit auf den Flächen wurde durch periodische Inspektionen und Erhebungen der betroffenen Blattflächen erfasst. Es wurden zwei Simulationsmodelle zur Vorhersage des epidemiologischen Wachstum des Pilzes getestet: eines entwickelt von den State Universities von North Dakota und Minnesota, das von BETA an die italienischen Verhältnisse angepasst wurde, das zweite verwendet vom Pflanzenschutzdienst der Region Emilia-Romagna im Protokoll des integrierten Pflanzenschutzes. In den sieben Plattformen wurden Sorten verwendet, die in den Gebieten weit verbreitet sind und verschiedene Toleranzgrenzen gegenüber CLS aufweisen. Auf jeder Fläche wurden drei Methoden zur Kontrolle der Krankheit mit dem Prognosesystem der 2 Modelle implementiert und mit dem von der Zuckerrübenindustrie und den Anbauverbänden angegebenen Referenzzeitplan für Risikogebiete verglichen. Die erzielten Ergebnisse ermöglichten, die Korrelation zwischen den Angaben des Prognosemodells von BETA und dem Auftreten der ersten Blattflecken zu überprüfen. Dies erlaubt, Spritzungen nicht nur auf empirische Erfahrungen basierend zu beginnen und fortzusetzen, sondern anhand von validierten Daten. Außerdem können die Anzahl der Spritzungen, die Kosten sowie die Umweltbelastungen verringert werden, ohne signifikante Unterschiede der Produktion. Die Wahl toleranter Sorten und der besten chemischen Produkten in Zusammenhang mit einem durch das Modell vorgegeben optimalen Zeitpunkt der Spritzung schaffen damit die Grundlage für eine effiziente integrierte Schädlingsbekämpfung. Diese Empfehlungen sind besonders wichtig bei späten Ernten, wenn die Krankheit maximale Verluste verursacht.

INTRODUCTION

Cercospora leaf spot (CLS) is the most serious sugar beet fungal disease in Italy. CLS erodes crop profitability due to the early destruction of the leaf apparatus, determining leaf re-growth, loss of sugar content, constraint to yield progress and curb of internal quality (STEVANATO *et al.*, 2002); loss of net income goes up to 40% (WOLF *et al.*, 1998).

Crop protection entails a wide crop rotation and a well-aimed choice of beet variety (BOLLI *et al.*, 2002) as preventive measures, then all the means of integrated protection must be deployed, including the choice of the most effective fungicides.

Spores and mycelium survive up to 1-2 years and conidia diffuse at an average 500 m distance, showing a marked gradient of disease severity. The environmental density of conidia could be a base to forecast the potential of disease appearance and spread (KHAN *et al.*, 2009). However, due to the

small size of beet farms in the Po Valley, it is difficult to promote a reduction of the inoculum. Moreover, *Cercospora beticola* is a polycyclic fungus able to grow at lower temperature and humidity than those needed for germination (BATTILANI *et al.*, 1996). The slowdown of fungus growth, once established in the host plant, mainly depends on the degree of variety resistance as well as on timely fungicide application.

A crucial aspect is the best time to start fungicide sprayings, which may be indicated by simulation models developed in Italy (ROSSI *et al.*, 1991) or in other Countries, and adapted to the environment of Italian beet areas (CIONI *et al.*, 2011). Each year, the course of temperatures and relative humidity is progressively input into the model; the simulation output is a good approximation of the most favourable time for conidial germination. It is more difficult to forecast disease development, although the planning of protection strategy would greatly benefit from the knowledge of the optimum interval between subsequent sprayings.

In the course of 2011, COPROB supported the evaluation of CLS warning systems carried out by Beta. To this aim, several sugar beet platforms, about 1 ha each, were set up in the most representative areas of the eastern part of the Po Valley.

MATERIALS AND METHODS

In the most representative areas of the Po Valley, several sugar beet platforms were set up to host this study; 7 platforms located in 6 farms were followed up to harvest, to monitor crop yield and quality.

Beet varieties at varying levels of CLS resistance were seeded and grown under normal farm management. Three methods of crop protection were carried out: treatments at fixed intervals starting in dates according to reference disease risk areas (Calendar method), currently followed by the sugar beet sector (Figure 1) vs. two forecasting models. The first model has been developed by the Universities of North Dakota and Minnesota and has been adapted by Beta to the Italian crop conditions (CLS.Beta model); the second model is adopted by the Protocol of integrated pest management of the Emilia-Romagna Region (RER model).

Background of the prediction model

The current *Cercospora* prediction model uses these relationships to determine favourable weather conditions for disease development as indicated by the Daily Infection Values (DIV). These are values that indicate how much weather conditions (temperature and relative humidity) have favoured *Cercospora beticola* infection at a particular date. DIV are determined from the total number of hours with canopy relative humidity $\geq 80\%$ (85% for the US original version) in a 24-hour period (midday to midday) and the average air temperature during those hours.

The Daily Infection Risk (DIR) is based on the two-day sum of DIV. If the two-day total infection value ranges from 1 to 3, the infection risk is "slight"; if ranges from 4 to 6 is "moderate" and when it ranges from 7 to 14 is "severe" (JONES and WINDELS, 1999). A severe DIR means conditions are extremely favourable for *Cercospora* development.

In practice, the determination of the moment to start treatments is one of the most important aspects of the entire protection programme. The starting phase generally coincides with the appearance of the disease on the leaves and is indicated by a DIR above 7 by the model. The further delay of 7÷10 days is based on the circumstance that successful infection by the *Cercospora* fungus usually requires 7 days or more to result in leaf spots that are visible to the naked eye.

Field assessments

In each platform, hourly data of precipitation, temperature and relative humidity were recorded by weather stations or supplied by the weather system of the Emilia-Romagna Region, to simulate disease development (Figs. 2-3-4-5-6-7-8).

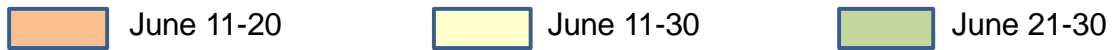
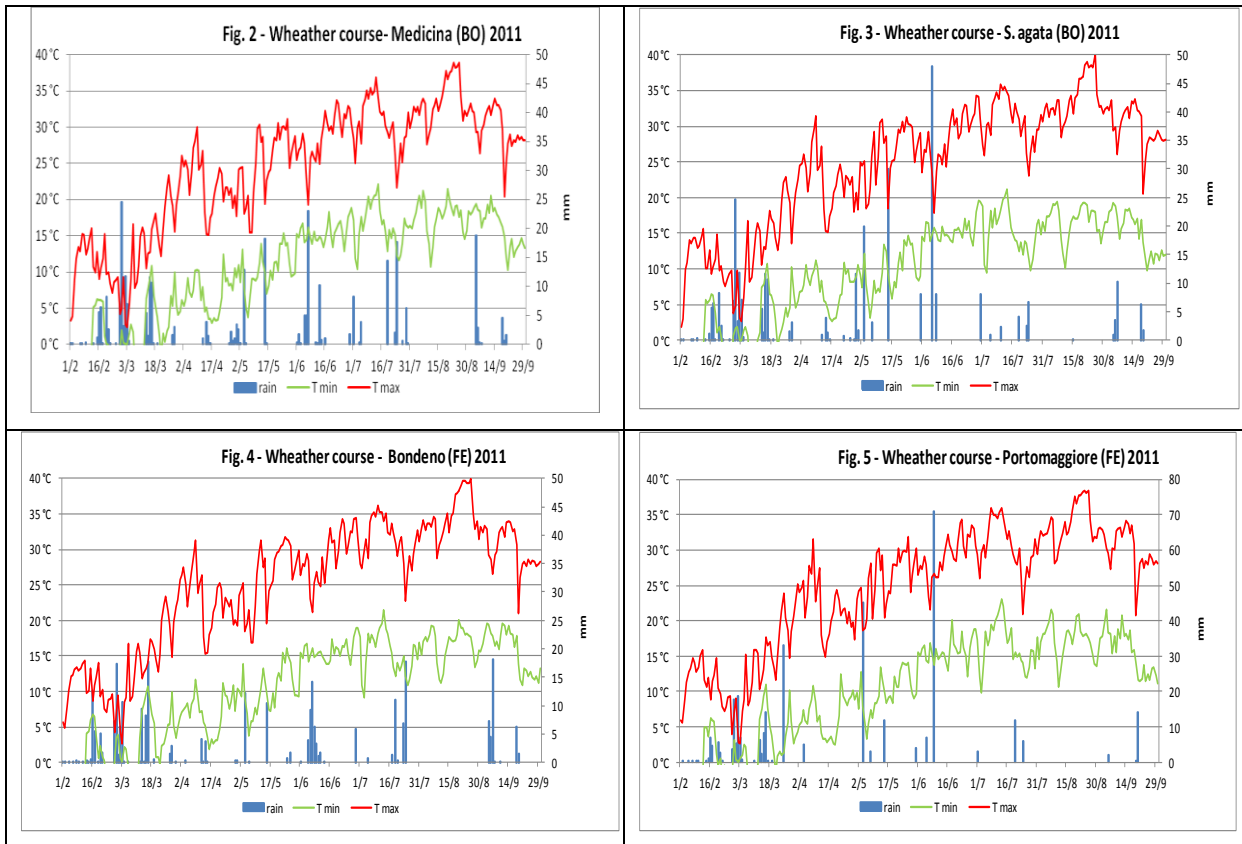
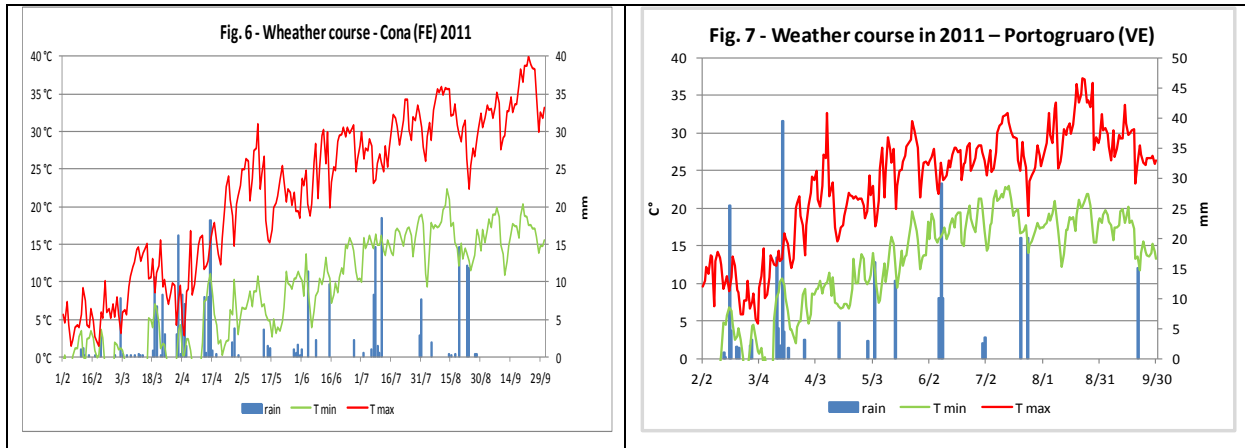


Figure 1: Map of reference treatment beginning according to the disease risk areas of *Cercospora* Leaf Spot in Italy





The onset and subsequent development of CLS were directly monitored on the beets by means of periodic inspections and assessments (table 1), according to the classic methodology of percent Affected Leaf Area (ALA) visual estimation.

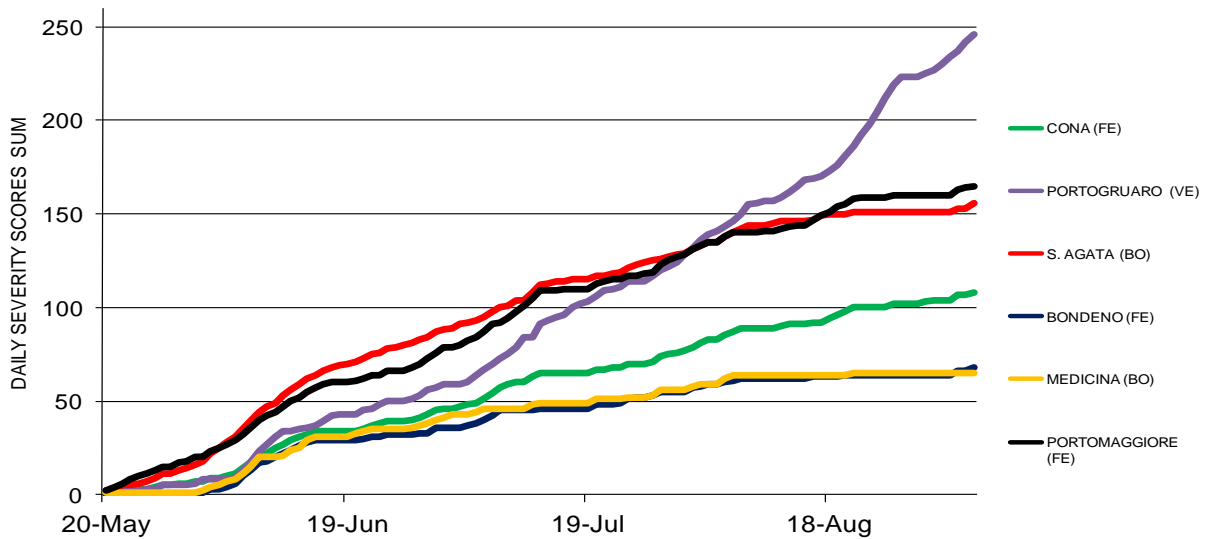


Figure 2: Time course of simulated disease severity in the 6 farms hosting the 7 platforms in 2011

Tab. 1 - Trials list

Farms	Locations	Variety	CR	First spots	ALA 100 % test
1	Quartieri	Medicina (BO)	Bruna	MS	11-Jun 31-Aug
2	Mioli	S.Agata (BO)	Bruna	MS	19-Jun 5-Sep
3	Bellinazzi	Bondeno (FE)	Ricer	S	22-Jun 28-Aug
4	Bruni	Portomaggiore (FE)	Spaniel	S	14-Jun 2-Sep
5	Fondaz. Navarra	Cona (FE)	Massima	nt	8-Jun 10-Aug
6	Fondaz. Navarra	Cona (FE)	Fabrizia	M	15-Jun 14-Sep
7	Valle Frassina	Portogruaro (VE)	Lennox	S	28-Jun 20-Aug

CR = CLS resistance

A.L.A.= Affected leaf area

Treatments (Table 2) were carried out with farm sprayers, after controlling rate distribution and normal functioning. At harvest, beet samples were collected in order to assess sugar content in the large plots dedicated to the different programmes of crop protection.

Table 2 - Methods of control planned by comparing 3 strategies (Calendar method – CLS.Beta model - RER model^{***})

Farm	Strategies	N° of treatments	Timing				Products *	Costs (euro/ha)** Product + Application	
			T1	T2	T3	T4			
1	Calendar method	3	14 June	7 July (+23)	26 July (+19)		B+A+B	240	
	CLS.Beta model (°)	1	14 June					B	80
	RERmodel	2	16 July	8 Aug (+23)				A+C	160
2	Calendar method	3	22 June	14 July (+ 22)	6 Aug (+ 23)		B+A+C	240	
	CLS.Beta model (°)	2	22 June	23 July (+31)				B+A	160
	RERmodel	2	14 July	6 Aug (+ 23)				A+C	160
3	Calendar method	3	16 June	7 July (+ 21)	25 July (+ 18)		B+D+A	240	
	CLS.Beta model (°)	1	16 June					B	80
	RERmodel	2	1 July	19 July (+ 18)				A+C	160
4	Calendar method	3	15 June	2 July (+ 17)	22 July (+ 20)		B+A+D	240	
	CLS.Beta model (°)	2	15 June	17 July (+ 32)				B+A	160
	RERmodel	2	21 June	15 July (+ 24)				A+A	160
5	Calendar method	3	15 June	6 July (+21)	27 July (+21)		B+B+A	240	
	CLS.Beta model (°)	1	15 June					B	80
	RERmodel	3	22 June	13 July (+21)	03 Aug (+21)		B+B+A	240	
6	Calendar method	3	15 June	6 July (+21)	27 July (+21)		B+B+A	240	
	CLS.Beta model (°)	1	15 June					B	80
	RERmodel	2	13 July	03 Aug (+21)				B+A	160
7	Calendar method	4	15 June	3 July (+ 18)	25 July (+ 22)	14 Aug (+ 20)	B+A+B+A	320	
	CLS.Beta model (°)	3	15 June	17 July (+ 32)	8 Aug (+ 22)		B+A+B	240	
	RERmodel								

*Treatments details:

A = Spyrale (fenpropidin 375 g/l + difenoconazolo 100 g/l) 0,7 L/ha
 B = Sphere (trifloxystrobin 375 g/l + ciproconazolo 160 g/l) 0,4 L/ha
 C = Amistar (azoxystrobin 250 g/l) 0,5 L/ha + score (Difenoconazolo 250 g/l) 0,3 L/ha
 D = Opera (pyraclostrobin 133 g/hl + epossiconazolo 50 g/l) 0,8

*** = model adopted by Emilia-Romagna Region

** Application cost + Product cost = i. e. 80 euro (approximate cost)

CLS= Cercospora leaf Spot

RESULTS AND DISCUSSION

In the seven field platforms located in different soil and climate conditions, and carried out in varying crop management with the three methods of crop protection, the progress in ALA is reported in Table 3.

Tab. 3 - Treatments, infection level and sugar content at the harvest time.

Farm	Time of harvest	Control strategies								
		Calendar method			CLS.Beta model			RER model ***		
		n° treat.	ALA %	% Pol	n° treat.	ALA %	% Pol	n° treat.	ALA %	% Pol
1	1st sept.	3	41	16,55	1	75	15,16	2	95	14,9
2	5th oct.	3	70	16,68	2	80	16,65	2	85	16,22
3	14th sept.	3	85	15,7	1	95	15,5	2	98	15,2
4	13th sept.	3	55	16,04	2	60	16,36	2	65	16,06
5	18th aug.	3	56	17,06	1	89	16,99	3	89	16,9
6	18th aug.	3	56	16,86	1	35	17,17	2	89	16,02
7	10th sept.	4	95	17,54	3	100	16,45	-	-	-
Average		3,1	65,4	16,6	1,6	76,3	16,3	2,2	86,8	15,9

*** = model adopted by Emilia-Romagna Region

Compared to the Calendar method, the CLS.Beta model allowed to halve the number of treatments (average 1.6 vs. 3.1), starting the protection in the same dates as the Calendar method. Conversely, the RER model delayed the beginning of treatments, especially with beet varieties having a certain degree of genetic resistance to CLS; subsequent treatments almost followed on a calendar basis, therefore the number of treatments was less reduced by the RER model (2.2 vs. 3.1).

The CLS.Beta model, in spite of a stronger CLS severity compared to the Calendar method at harvest (ALA at 76.3% vs. 65.4%), exhibited a better disease control than the RER model (ALA at 76.3% vs. 86.8%).

Likewise, the picture of sugar content in the large plots subjected to the different programmes of crop protection showed a slight loss of the CLS.Beta model compared to the Calendar method, as average (16.3% vs. 16.6%). Conversely, the loss of sugar content with the RER model over the Calendar method was more remarkable (15.9% vs. 16.6%).

It appears that the loss of sugar content may be counterbalanced by the saving in treatments allowed by the CLS.Beta model, although it was not possible to assess root yield in the separate plots of all platforms. In contrast to this, a lower saving in treatments could not counterbalance the significant loss in sugar content in the case of the RER model.

CONCLUSIONS

The results allowed to ascertain a tight correlation between the output of the simulation model adopted by Beta and the appearance of the first infection spots. This enables to set the beginning of chemical treatments through operational tools based on reliable data instead of empirical experience.

Therefore, the programme of fixed (calendar) sprayings may be dismissed, allowing to reduce the number of treatments as well as cropping costs and environmental impact. In this perspective, it is further necessary to validate the CLS.model on the base of the actual disease conditions in the Po Valley, depending on the resistance of commercial beet varieties and the effectiveness of registered fungicides. In turn, this should allow to optimize disease control while avoiding significant yield losses.

The use of a suitable (medium-resistant) seed variety and of the best fungicides against Cercospora Leaf Spot, in association with the strategies and the optimum treatment timings fostered by the CLS.Beta model, are the basis for an integrated disease containment especially in late harvest, a cir-

cumstance intrinsically requiring more attention to contrast the erosion of sugar yield operated by this mighty pathogen.

Further studies will allow to fine tune the follow up of treatments through the CLS.Beta model, optimizing the control of CLS to a level high enough to safeguard leaf apparatus, achieve top sugar content and protect the environment through the lowest necessary number of treatments.



View, just before harvest, of a sugar beet platform with clear symptoms of the disease

REFERENCES

- 1 BATTILANI P., GIOSUE' S., RACCA P., ROSSI V.: A decision support system for cercospora leaf spot on sugarbeet. *Proc. 4th International EFPP Symposium*, Bonn, Germany, 275-279, 1996.
- 2 BOLLI G., BATTILANI P., ROSSI V.: Aspetti anatomici della resistenza a *Cercospora beticola* Sacc. In barbabietola da zucchero. *Agroindustria*, 1, 2, 115-120, 2002.
- 3 CIONI F., MAINES G.: Cercosporiosi nel Nord Italia: nuove strategie per la bietola. *Informatore Agrario*, 21, 61-64, 2011.
- 4 JONES R.K., WINDELS C.F.: A management Model for Cercospora leaf spot of Sugar beet. www.sbreb.org/brochures/cercospora/leafspot2.htm, 1999.
- 5 KHAN J., QI A., KHAN M.F.R.: Fluctuations in number of *Cercospora beticola* conidia in relationship to environment and disease severity in sugar beet. *Phytopathology*, 99, 7, 796-801, 2009.
- 6 Rossi V., BATTILANI P.: CERCOPRI: a forecasting model for primary infections of cercospora leaf spot of sugarbeet-. *EPPO Bulletin*, 21, 527-531, 1991.
- 7 STEVANATO P., BIANCARDI E., DE BIAGGI M., TELLORI R., COLOMBO M.: Effetti della cercosporiosi sulla qualità estrattiva della barbabietola da zucchero. *Agroindustria*, 1, 2, 132-138, 2002.
- 8 WOLF P.F.J., KRAFT R., VERREET J.A.: Characteristics of damage caused by *Cercospora beticola* (Sacc.) in sugar beet as a base of yield loss forecast. *Biological Science*, 105, 5, 462-474, 1998.

7.15 VERA STOJSIN¹, FERENC BAGI¹, DRAGANA BUDAKOV¹, BRANKO MARINKOVIC¹, NEVENA NAGL²

¹Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovica 8, RS – 21000 Novi Sad

²Institute for Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, RS – 21000 Novi Sad

SUGAR BEET ROOT ROT IN SERBIA

ABSTRACT

Every year in Serbia root rot occurs in higher or lower intensity. Years which will be remembered for significant root rot occurrence were 1967, 1971, 1992, 1995, 2000 and 2009 (MARIĆ, 1974, STOJŠIN 2003, STOJŠIN *et al.*, 2009 and 2010). With transformation of ownership structure in sugar factories, important changes in production and processing of sugar beet took place. In recent years, production technology shifted away from basic principles of good agricultural practice. Therefore, in extreme agroecological conditions sugar beet is more susceptible to root rotting fungi. Economically most important pathogens in Serbia are species from genus *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina* Tassi Goid. and *Rhizoctonia solani* Kühn. *Fusarium oxysporum* is the most dominant causer of wilt and root rot, especially in 1971, 1995, as well as in extremely dry 2000 (STOJŠIN, 2003, 2010). Charcoal root rot, caused by *Macrophomina phaseolina* dominated in 1992 and 1998 (STOJŠIN 1999, 2010), as well as in 2009, when it was registered on about 50% of production areas and losses reached about 2.5 million Euros. Climate changes which bring harsh summers and severe droughts create favorable conditions for this fungus. Major changes in disease intensity, etiology of root rot, yield and quality of sugar beet root in Serbia year over year are result of extreme agroecological conditions and inadequate sugar beet production technology. In order to obtain steady yield and good sugar beet root quality in Serbia, and, at the same time, the interest of farmers, sugar industry, seed and chemical companies, it is essential to implement knowledge of contemporary science in current sugar beet production.

POURRITURE DES RACINES SUR BETTERAVES SUCRIERES EN SERBIE

RESUME

La pourriture des racines des betteraves sucrières apparaît chaque année en Serbie avec une intensité plus ou moins forte. On a cependant remarqué une intensité de la pourriture des racines des betteraves exceptionnellement forte au cours des années 1967, 1971, 1992, 1995, 2000, 2009 (MARIĆ 1974, STOJSIN 2003, STOJSIN *et al* 2009 et 2010). Avec les transformations survenues quant à la propriété des raffineries, il y a eu d'importants changements dans la culture, le traitement de la betterave et les procédés de fabrication du sucre. Ces dernières années, les techniques de production ont été modifiées sur certaines parcelles sans égard pour les principes fondamentaux de la bonne pratique agricole. La betterave cultivée de cette manière, suite au stress produit par des conditions agro-écologiques extrêmes, peut souffrir des attaques de champignons phytopathogènes provoquant la pourriture des racines. D'un point de vue économique, les agents pathogènes les plus importants, dans nos conditions de culture, appartiennent aux espèces suivantes: *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina* Tassi Goid. Et *Rhizoctonia solani* Kühn. *Fusarium oxysporum* est le ravageur le plus répandu en Voïvodine, provoquant l'altération des feuilles (fusariose) et la pourriture des racines, dominant surtout en 1971, 1995 et lors de la sécheresse de l'an 2000 (STOJSIN 2003, 2010). *Macrophomina phaseolina* a provoqué la pourriture des racines, notée en 2009, sur environ 50 % de la superficie des cultures, les dommages causés ont été estimés à 2,5 millions d'euros. Les changements climatiques, avec des étés plus chaud et des sécheresses extrêmes, ont favorisé l'apparition de ce champignon. Pour obtenir des rendements stables et une bonne teneur en sucre de la betterave cultivée en Serbie, tout en entretenant l'intérêt des cultivateurs et des industriels concernés, il est nécessaire d'implémenter les connaissances scientifiques les plus récentes.

WURZELFÄULE BEI ZUCKERRÜBEN IN SERBIEN

KURZFASSUNG

Wurzelfäule tritt in Serbien jedes Jahr in höherer oder niedriger Intensität auf. Jahre, die für erhebliche Wurzelfäule in Erinnerung geblieben sind, sind 1967, 1971, 1992, 1995, 2000 und 2009 (MARIĆ, 1974, STOJŠIN 2003, STOJŠIN *et al.*, 2009 und 2010). Mit der Umwandlung der Eigentumsverhältnisse der Zuckerfabriken, fanden wichtige Veränderungen in der Produktion und Verarbeitung von Zuckerrüben statt. In den letzten Jahren wendete sich die Produktionstechnik von den grundlegenden Prinzipien der guten landwirtschaftlichen Praxis ab. Daher sind, unter extremen agrarökologischen Bedingungen, die Zuckerrüben anfälliger für Wurzelfäule. Die wirtschaftlich bedeutendsten Erreger in Serbien sind Pathogene von der Gattung *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina* Tassi Goid. und *Rhizoctonia solani* Kühn. *Fusarium oxysporum* ist der dominierende Verursacher von Welke und Wurzelfäule, vor allem in den Jahren 1971 und 1995, sowie in dem extrem trockenen Jahr 2000 (STOJŠIN, 2003, 2010). Wurzelfäule durch *Macrophomina phaseolina* dominierte in 1992 und 1998 (STOJŠIN 1999, 2010), sowie im Jahre 2009, als es auf etwa 50 % der Produktionsflächen zu Verlusten von rund 2,5 Millionen Euro kam. Klimaveränderungen wie extreme Sommer und schwere Dürren schaffen günstige Voraussetzungen für diesen Pilz. Aufgrund der extremen agrarökologischen Bedingungen und unzureichender Zuckerrübenproduktionstechniken sind im Vergleich zum Vorjahr wesentliche Veränderungen in Krankheitsintensität, Ätiologie der Wurzelfäule und Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in Serbien festzustellen. Um gleichbleibende Erträge und gute Zuckerrübenqualität in Serbien zu erwirtschaften und gleichzeitig das Interesse der Landwirte, der Zuckerindustrie, der Saatgutunternehmen und der chemischen Industrie zu wahren, ist es wichtig, den aktuellen Stand der Forschung in der Zuckerrübenerzeugung umzusetzen.

INTRODUCTION

During last ten years we were witnessing major changes in sugar beet production in Serbia. Production technology changed and shifted away from good agronomic practice. Therefore, in extreme environmental conditions which lead to stress, sugar beet is more susceptible to root rotting pathogen attack. Areas under sugar beet as well as yield vary from year to year (Table 1).

Table 1. Areas of production and average yield of sugar beet in Serbia

Year	Area (ha)	Yield (t/ha)
2009	59000	45.6
2010	65000	50.2
2011	55000	53.0

*Statistical Yearbook of Republic of Serbia (2011)

Economically most important pathogens in Serbian production area are *Fusarium* species (causing Fusarium root rot), *Macrophomina phaseolina* (causing charcoal root rot), and only in some years and on individual parcels *Rhizoctonia solani* (causing Rhizoctonia root rot). Most frequent are mixed infections of *Fusarium* sp. and *M. phaseolina* which occur at the beginning of summer on plants that are weakened due to extreme environmental conditions. Differentiation of the type of the symptoms based on symptom observation is difficult and imprecise because one agent in different environmental conditions may give different types of symptoms. On the other hand, different fungi may cause similar symptoms on root, since high sugar content facilitates development of various saprophytic fungi. Therefore, utilization of standard phytopathological procedures is the first step in pathogen determination.

Fusarium spp. were firstly described as sugar beet root rotting fungi in Serbia during 1960's. Dominant symptom that was described was wilt that resulted in individual and mass plant decay (MARIĆ, 1974; STOJŠIN 2003, STOJŠIN *et al.*, 2006, 2010). Previously mentioned authors described *F. oxysporum* as a dominant causer of this type of rot. Beside *F. oxysporum*, STOJŠIN (2003) reports *F. equiseti*, *F. solani* and *F. graminearum*. Besides classical determinations, PCR confirmed presence of *F. graminearum* group 2. This disease is favored by lack of soil and air humidity during summer months. In such condi-

tions, vitality of plants decreases and parasitic fungi inhabit root hairs and lateral roots, especially on unstructured soils with poor nutrition.

Charcoal root rot (*Macrophomina phaseolina*) was discovered in 1967 in our country during very dry and warm summer. According to MARIĆ *et al.* (1970) disease probably occurred before too, but remained undetected. Although this disease was discovered in dry regions of California (TOMPKINS, 1938), and after that in a number of production areas of former SSSR (SOLUNSKAJA, 1959), there are scarce data on significance and damages of this pathogen on sugar beet (KOPPANYI *et al.*, 1995; STOJŠIN, *et al.*, 1999). *M. phaseolina* was isolated as a dominant causer of root rot and plant decay on sugar beet in 1992, 1998 and 2009 (STOJŠIN, 1993; STOJŠIN and MARIĆ, 1994; STOJŠIN *et al.*, 1999; STOJŠIN *et al.*, 2010). Given that the incidence of charcoal root rot in 2009 was about 50%, this pathogen is currently one of the most studied sugar beet pathogens in regard to its biological characteristics, symptoms and testing of susceptibility of sugar beet varieties. As sugar beet in Serbia is mostly produced without irrigation, environmental conditions have primary significance in disease incidence.

MATERIALS AND METHODS

Meteorological data

Average Month Temperatures-AMT were in two out of three presented years higher than 45-year average (Table 2), while the amount of precipitation was higher than the average sum only in 2010 (Table 3).

Table 2. Average Month Temperatures-AMT

Year	AMT (°C)													
	April	D	May	D	June	D	July	D	Aug	D	Sept	D	Aver	D
2009	15.5	+4.1	18.9	+2.3	19.3	-0.4	22.7	+1.3	22.5	+1.6	18.8	+2.1	19.6	+1.8
2010	7.0	-4.4	13.0	-3.6	17.0	-2.7	23.0	+1.6	22.0	+1.1	17.0	+0.1	16.5	-1.3
2011	14.0	+2.6	18.0	+1.4	21.3	+1.6	21.6	+0.2	22.5	+1.6	20.4	+3.5	19.6	+1.8
1948-1993	11.4	-	16.6	-	19.7	-	21.4	-	20.9	-	16.9	-	17.8	-

*D-difference between temperatures for 45-year average (1948-1993) and temperatures in years of study

Temperatures during vegetation were higher than average (1945-1993) in both 2009 and 2011. In 2009 high differences in comparison to average were detected in all months during vegetation except June. Similar situation was in 2011, when temperatures were higher than 45-year average.

In contrast, during vegetative season of 2010, temperatures were lower than average (1945-1993) for 1.3 °C.

Table 3. Sum of precipitation

Year	Precipitation (mm)													
	April	D	May	D	June	D	July	D	Aug	D	Sept	D	Sum	D
2009	12	-36	103	+44	134	+51	15	-47	29	-26	2	-37	295	-51
2010	71	+22	95	+36	174	+91	98	+36	169	+114	69	+30	676	+330
2011	23	-26	65	+6	36	-47	62	0	0	-55	25	-14	211	-135
1948-1993	49		59		83		62		55		39		346	

*D-difference between sum of precipitation during 45 years (1948-1993) and precipitation in years of study

The total sum of precipitation in vegetative season of 2009 and 2011 was lower than average for period from 1948-1993 (in 2009-51 mm and in 2011-135 mm). In 2010 the amount of precipitation was above average, especially in August (+330 mm), when in Serbia usually occurs extremely drought period.

Deficit of easily accessible water (DEAW) was calculated using water balance for sugar beet (Vučić, 1971) and hydro-phyto-thermic index (Dragović, 1991).

Deficit was absent in 2010, when sugar beet was well supplied with water (Table 4).

Table 4. Deficit of easily accessible water-DEAW

Year	DEAW (mm)						
	April	May	June	July	August	September	Sum
2009	0	0	0	101	131	77	309
2010	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	47	61	134	88	330

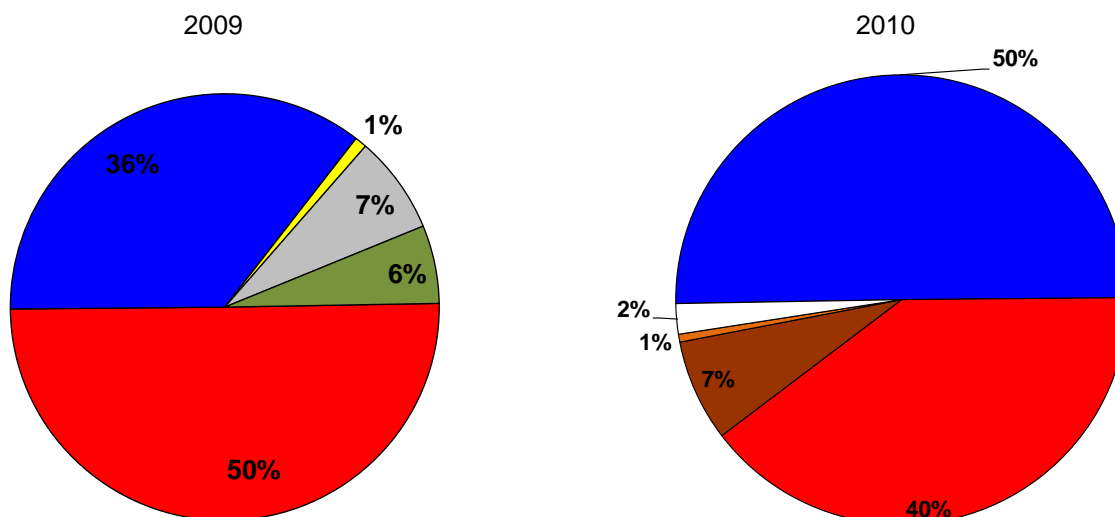
DEAW is a very precise model of water supplies that are available for plants. During May and June of 2009, plants were well supplied with water, while during July, August and September extreme drought occurred (309 mm) which caused decrease of sugar beet vitality, increased susceptibility to pathogens and negatively affected yield. In 2011, DEAW was even higher than in 2009, with the difference that drought and stress occurred in June, which was earlier than in 2009 and that enabled plants to adapt themselves to drought conditions.

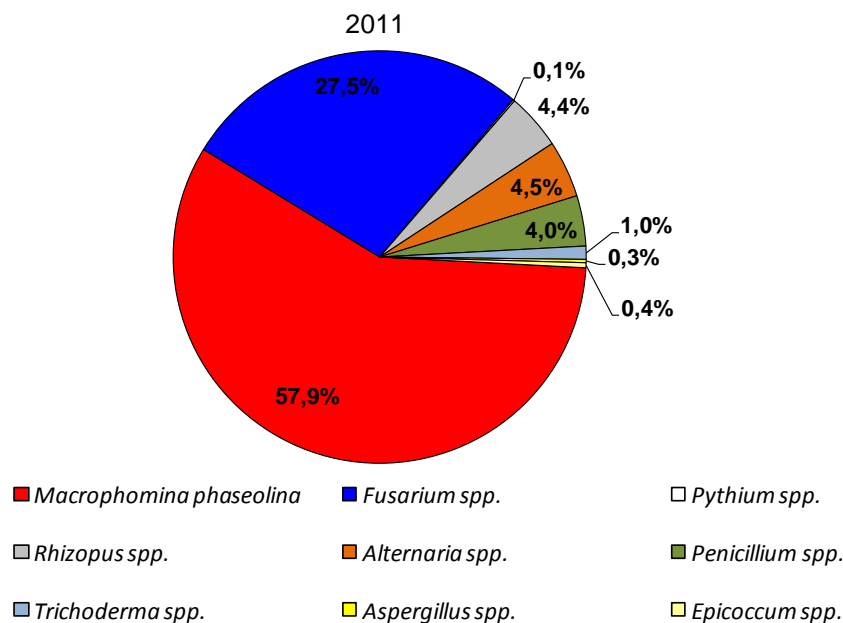
In 2010 plants were provided with enough water, therefore this year was extremely favorable for sugar beet development and yield formation.

Phytopathological isolations

Phytopathological isolations were done from the harvested root at the end of vegetation. In each year 100 samples that were delivered by sugar beet factories were analyzed. Standard media (Potato Dextrose Agar-PDA) was used with addition of Streptomyces sulphate. Ten fragments were taken from each root in 2 Petri Dishes. Determination was done based on morphology of mycelia and characteristic reproductive organs.

RESULTS AND DISCUSSION





Dominant causer of root rot in 2009 and 2011 was *M. phaseolina* which was present in isolations in 50% and 57.9%, respectively, while in 2010 it was registered in high intensity of 40%.

Fusarium spp. was dominant in 2010 (50%), and in extremely dry 2009 and 2011 36% and 27.5%, respectively.

R. solani was isolated in 2010, a year with most precipitation, in 7% of samples. Other fungi were detected in lower intensity.

Macrophomina phaseolina Tassi Goid. – Charcoal root rot

In 2009, a year with extremely high incidence of charcoal root rot, primary symptoms were wilt while subsequently leaf decay occurred during mid and at the end of July. In the beginning, symptoms were visible on individual plants, which in time affected more plants and resulted in bare patches. In some localities, complete fields were affected. During the mid and at the end of August, severely affected roots were completely rotten while leaves were completely dry. On the cross section, roots were spongy, dehydrated and at first yellow but with symptom progress the color turned into dark brown to black (Figure 1 and 2).

Besides typical symptoms of charcoal root rot, a wide range of other symptoms was registered. The color of the inner root tissue varied, depending on sugar beet variety, environmental conditions and soil humidity, from lemon yellow, light to dark brown and black. Necrotic tissues may appear as dry or wet rot.



Figure 1: Cross section of the root with symptoms of charcoal root rot



Figure 2: Range of symptoms of charcoal root rot

Microsclerotia, that were in recent years regularly present on the root and were one of diagnostic symptoms (STOJŠIN *et al.*, 1999), were absent from the surface of the root in 2009.

Isolates were determined as *M. phaseolina* based on mycelia morphology and microclerotia presence. On Potato Dextrose Agar (PDA), this fungus creates sparse mycelium that grows quickly and even after several days it becomes black because of abundant black microsclerotia. Microsclerotia of isolates collected in 2009 were 0.01mm in diameter, 4 days after subculturing. Picnidial stadium was not registered.

Regarding the damages that were caused by this pathogen in 2009, we are focused on morphological and pathogenic study of isolates from various localities, as well as on detecting differences in resistance of varieties that are predominant on Serbian market. Preliminary studies showed that there are differences in pathogenicity of isolates from sugar beet, and even more in isolates that are from other hosts (sunflower, soybean, maize). Regarding the fact that *M. phaseolina* is a polyphagous and always present in the soil, and environmental factors are hard to control in sugar beet production without irrigation, one of solutions is breeding for resistance.

By analyzing weather conditions from 2009, we determined that such high disease occurrence happened due to distribution of easily accessible water in the soil. At the first three months of vegetative season, sugar beet had sufficient water supply, after which severe drought occurred starting from July until the end of vegetation (Table 3). Plants were exposed to conditions that caused high stress, after which massive infections with this pathogen occurred, especially in crops with poor agronomic practices.

Three year results of testing reaction of genotypes to *M. phaseolina* in field conditions showed that there are significant differences among them (unpublished data).

***Fusarium* spp. – Fusarium root rot**

Symptoms of Fusarium root rot were regularly present every year, but in different intensity. The most common type of symptoms was the rot at the tip of the root, and rarely lateral and crown rot. Disease started with chlorosis and individual plant decay. In Serbia, it usually occurs mid-July or beginning of August. The most drastic symptoms are visible during long lasting drought periods. On the cross section of the root, vascular necrosis and dry root rot, sometimes even with a slight hair root proliferation, were present. Tip of the root became grey to gray brown and in humid years root softened and was being invaded by other saprophytic fungi.



Figure 3: Symptoms of *Fusarium* root rot

***Rhizoctonia solani* Kühn – Rhizoctonia root rot**



Figure 4: *Rhizoctonia* root rot

Rhizoctonia root rot occurs in Serbia only on several individual localities in lower intensity and usually much earlier during vegetation than previously described parasites.

Seedling damping-off is a rare symptom in our environmental conditions. Root rot started with wilting and sudden leaf chlorosis, as well as necrosis of leaf petioles and leaf decay. Affected leaves died and formed dark rosette.

On crown and root dark brown or black necrotic lesions were present and sometimes even cracks within the necrotic tissue (Figure 4). Lesions were most commonly superficial and clear difference between healthy and diseased tissue was observed. Dominantly distributed AGs that are associated with root rot are AG 2-2 IIIB and AG 4 HGI (BUDAKOV, 2008; STOJŠIN *et al.*, 2011).



Figure 5: *Rhizoctonia* root rot-lesions on root

CONCLUSION

Given the current climate changes that lead to dryer and warmer environmental conditions in Serbia, we expect that charcoal root rot would be a primary problem in future. As this is a very virulent polyphagous fungus, adequate control measures are supposed to be found in cultivation techniques, plant pathology and breeding for resistance.

Both charcoal root rot and *Fusarium* root rot are very complex diseases which are influenced by a number of factors. Therefore, additional research on both pathogens' epidemiology is a crucial part of a research that would lead to finding control measures.

REFERENCES

- 1 MARIĆ, A.: Sugar beet diseases, Faculty of Agriculture, Novi Sad, 1974.
- 2 STOJŠIN, V.: Etiology of sugar beet root diseases under varying mineral nutrition. Doctoral Thesis, University of Novi Sad, Faculty of Agriculture 1-159, 2003.
- 3 STOJŠIN, V., MARIĆ, A., JASNIĆ, S., BAGI, F., MARINKOVIĆ, B.: Root rot of sugar beet in the Vojvodina province. *Matica srpska proceedings for natural sciences*, 110, 65-74, 2006.
- 4 STOJŠIN, V., BUDAČOV, D., BAGI, F., MARINKOVIĆ, B., JANIĆIJEVIĆ, M., MARINKOV, R.: Sugar beet root rot in extreme environmental condition. *X Serbian conference on plant protection*, 29.11-03.12., Zlatibor, 75-76, 2010.
- 5 MARIĆ, A., RUDIĆ, E., AVDALOVIĆ, T.: Problem of sugar beet wilting and root rot in some regions of Yugoslavia. *Contemporary Agriculture*, 11- 12, 241-252, 1970.
- 6 KOPPÁNI, M., ZSEMBERI, S., NAGY, J., BÓDIS, Z.: Macrofominás hervadás es termésrothadás. *Cukorrépa* 1, 9-10, 1995.
- 7 STOJŠIN, V., MARIĆ, A., MARINKOVIĆ, B.: Effect of drought, high temperatures and mineral nutrition on the occurrence of char-coal root rot of sugar beet (*Macrophomina phaseolina* Tassi Goidanich). *Proceedings of the International Symposium organised by the Plant Protection Society of Serbia* in collaboration with International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Pests- East Palearctic Section, 195-203, 1999.
- 8 STOJŠIN, V.: Influence of mineral nutrition on sugar beet diseases. Master thesis, University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, 1-160, 1993.
- 9 STOJŠIN, V., MARIĆ, A.: The effect of mineral nutrition on the occurrence of sugar beet root diseases. *Proceedings 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological union*, Turkiye, Kusadasi- Aydin, 18-24 September, 95-96, 1994.
- 10 VUČIĆ, N.: "Bioclimatic coefficients" and irrigation – theory and praxis. *Vodoprivreda* 6-8, 463-467, 1971.
- 11 DRAGOVIC, S. VEREŠBARANJI, I., MAKSIMOVIĆ, L., LABAT, A.: Calculation of irrigation norm using soil water balance. *Proceedings of the Institute for Field and Vegetable Crops* 19, 83-97, 1991.
- 12 BUDAČOV, D.: Identification of *Rhizoctonia solani* Kühn from sugar beet root using classical and molecular methods. Master Thesis. Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, 2008.
- 13 STOJŠIN, V., BUDAČOV, D., JACOBSEN, B., BAGI, F., GRIMME, E., NEHER, O.: Analysis of *Rhizoctonia solani* isolates associated with sugar beet crown and root rot from Serbia. *African J. Biotechnol.* 10 (82), 19049-19055, 2011.

8.1 SWENJA LIESENFELD¹, BERND AUGUSTIN², KERSTIN MÜLLER², CHRISTIAN LANG¹

¹Verband der hessisch-pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenaustraße 10, D – 67547 Worms

²Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rüdeshheimerstraße 60-68, D – 55545 Bad Kreuznach

THE SIGNIFICANCE OF WINTER RAPE SEED FOR THE PROPAGATION OF *HETERODERA SCHACHTII*

ABSTRACT

Starting in 2009/10, the effect of winter rape on the population dynamics of sugar beet nematodes (*Heterodera schachtii*) has been analyzed on selected fields in Rhineland Palatinate and Hesse by means of a monitoring. The fields in question were sampled and analyzed before sowing (P_{initial}), immediately after harvest (P_{final}^{-1}) and right after control of volunteer oilseed rape (P_{final}^{-2}). The analysis of the samples was carried out by means of the so-called Acetox method (hatch test) and subsequent counting of the L2-larvae. Additionally, the samples were evaluated by semi-quantitative PCR (Primer: ITS1-f40* and ITS1-r380*). The results of the monitoring showed that *H. schachtii* could not reproduce under regularly cultivated winter rape. In fact, there was a more or less strong decrease of the nematode population. If there was a well-timed control of volunteer oilseed rape (accumulated temperature ≤ 250 °C = \emptyset daily soil temperature > 8 °C in sum), there was an observable additional reduction of the nematode population on most sites. On two sites, the control of volunteer oilseed rape was delayed due to weather conditions. The decisive temperature sum of 250 °C was exceeded long before volunteer rape control. Therefore nematode population increased on those sites. Looking at the results of the 2009/10 monitoring, the integration of winter rape in sugar beet crop rotations seems to be a practical option. However, this extended crop rotation presupposes a timely control of volunteer oilseed rape, especially in the post harvest periode of cereals and rape. The termination of volunteer oilseed rape control is of great importance. Tillage or application of herbicides must be done before the temperature sum of 250°C is reached in order to avoid nematode multiplication. Under favourable conditions, the catch crop effect of controlled volunteer rape can also lead to an additional reduction of the *H. schachtii* population.

L'IMPORTANCE DU COLZA AUTOMNALE POUR LA REPRODUCTION DE *HETERODERA SCHACHTII*

RESUME

Depuis 2009/10, l'influence du colza d'hiver sur la dynamique des populations des nématodes (*Heterodera schachtii*) est analysée sur des champs sélectionnés en Rhénanie-Palatinat et en Hesse à l'aide d'un monitoring. Des échantillons de sol ont été pris et analysés avant le semis (P_{initial}), immédiatement après la récolte (P_{final}^{-1}) et immédiatement après la lutte contre la repousse de colza (P_{final}^{-2}). L'analyse des échantillons a été faite à l'aide de la méthode utilisant Acetox après laquelle on a compté les larves L2. De surcroît, les échantillons ont été exploités selon la méthode sémi-quantitative de PCR (Amorce: ITS1-f40* et ITS1-r380*). Les résultats du monitoring ont montré que la population des *H. schachtii* n'était pas capable de se reproduire sous les conditions réelles sur les cultures de colza. On a plutôt constaté un recul plus ou moins fort de la population des nématodes. A condition que la lutte contre la repousse de colza eût lieu à temps (somme de température ≤ 250 °C = \emptyset température quotidienne du sol > 8 °C en total), on a pu observer un nouveau recul de la population nématode sur la plupart des sites. Dû au temps, la lutte contre la repousse de colza sur deux sites n'a pu être accomplie à une date très tardive. Cela avait pour conséquence que la somme de température décisive pour la lutte des *H. schachtii*, 250 °C, a été atteinte bien avant la lutte contre la repousse de colza. En conséquence, la population nématode a pu se reproduire sur ces deux sites. Selon les résultats du monitoring de 2009/10, la culture du colza d'hiver en rotation culturale de betteraves sucrières paraît réalisable. Pourtant, une telle extension de la succession de cultures présuppose une lutte à temps contre la repousse de colza aussi bien qu'une lutte déterminée contre le colza mauvaises herbes dans les années à suivre afin d'éviter un développement pré-hivernal des *H. schachtii*. L'achèvement de la lutte contre la repousse de colza est d'une importance décisive. Une culture du sol, ou une application des herbicides, doit avoir lieu au plus tard à une somme de

température de 250 °C pour éviter une reproduction des nématodes. Si on part des conditions favorables, l'effet de plante-piège peut également mener à une réduction nette de la population des *H. schachtii*.

DIE BEDEUTUNG VON WINTERRAPS FÜR DIE VERMEHRUNG VON *HETERODERA SCHACHTII*

KURZFASSUNG

Der Einfluss von Winterraps auf die Populationsdynamik von Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) wurde auf Praxisflächen 2010/11 in Rheinland-Pfalz und Hessen anhand eines Monitorings untersucht. Entsprechende Flächen wurden vor der Rapsaussaat (Pinitial), direkt nach der Rapsernte (Pfinal-1) und unmittelbar nach der Ausfallrapsbekämpfung (Pfinal-2) beprobt und analysiert. Die Untersuchung der Proben erfolgte mittels Schlupftest (Acetox-Methode) und anschließendem Auszählen der L2-Larven. Zusätzlich wurden die Proben molekularbiologisch mittels semiquantitativer PCR (Primer: ITS1-f40* und ITS1-r380*) ausgewertet. Die Ergebnisse des Monitorings zeigten, dass sich *H. schachtii* unter Praxisbedingungen nicht am Kulturraps vermehren konnte. Vielmehr wurde ein mehr oder weniger starker Rückgang der Nematodenpopulation festgestellt. Bei rechtzeitiger Ausfallrapsbekämpfung (Temperatursumme ≤ 250 °C = \emptyset tägliche Bodentemperatur > 8 °C aufsummiert) konnte auf den meisten Standorten eine weitere Reduktion der Nematodenpopulation beobachtet werden. Auf zwei Standorten konnte die Ausfallrapsbekämpfung auf Grund der Witterung jedoch erst zu einem sehr späten Zeitpunkt durchgeführt werden. Dies hatte zur Folge, dass die für die Bekämpfung von *H. schachtii* entscheidende Temperatursumme von 250 °C weit vor der Ausfallrapsbekämpfung erreicht wurde, weshalb sich die Nematoden dort vermehren konnten. Der Anbau von Winterraps in Zuckerrübenfruchtfolgen scheint nach den Ergebnissen des Monitorings 2009/10 praktikabel. Allerdings setzt diese Fruchtfolgeerweiterung eine termingerechte Ausfallrapsbekämpfung sowie eine strikte Unkrautrapsbekämpfung in den Folgejahren voraus, um eine Vorwinter-Entwicklung von *H. schachtii* zu vermeiden. Die Terminierung der Ausfallrapsbekämpfung ist dabei von entscheidender Bedeutung. Eine Bodenbearbeitung bzw. die Applikation von Herbiziden muss spätestens bei einer Temperatursumme von 250 °C erfolgen, um eine Nematodenvermehrung zu verhindern. Unter günstigen Bedingungen kann der Fangpflanzeneffekt auch zu einer deutlichen Reduzierung der *H. schachtii*-Population führen.

Einleitung

Der Zuckerrübenanbau befindet sich in Deutschland wie in Rheinland-Pfalz auf Grund der gesunkenen Wirtschaftlichkeit durch die Zuckermarktreform 2006 in einem zunehmenden Wettbewerb mit anderen Feldfrüchten. Vor allem Kulturen wie Raps erfahren flächenmäßig eine immer stärkere Ausdehnung und dringen immer weiter in traditionelle Zuckerrübenanbaugebiete vor. Dies liegt vor allem daran, dass die Marktfruchtbetriebe nach der ZMO-Reform versuchen, die Einbußen durch die Aufnahme rentabler Ackerfrüchte auszugleichen. Aus wirtschaftlicher Sicht wäre eine Integration von Raps in Zuckerrübenfruchtfolgen durchaus sinnvoll. Allerdings galt Raps bislang als sehr gute Wirtspflanze für Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) und wurde deshalb in getrennten Fruchtfolgen geführt. Um den Effekt von Raps in Zuckerrübenfruchtfolgen auf die *H. schachtii*-Population unter Praxisbedingungen zu überprüfen, wurde 2009/10 in Rheinland-Pfalz und Hessen im Rahmen des „Gemeinschaftsprojektes zur Erhaltung und Förderung eines zukunftsfähigen Zuckerrübenanbaus in Rheinland-Pfalz“ des Verbandes der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. und dem Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück ein Monitoring durchgeführt. Es sollte zeigen, ob die Integration von Raps in eine Rübenfruchtfolge empfohlen werden kann, ohne den Anbau der Zuckerrübe durch eine Vermehrung der Rübenzystennematoden zu gefährden.

MATERIAL UND METHODEN

Flächenauswahl

Zur Durchführung des Monitorings mussten Ackerflächen gefunden werden, die in typischen Zuckerrübenanbaugebieten liegen, mit Winterraps bestellt wurden und nach Möglichkeit einen Besatz mit *H. schachtii* hatten. Dies gelang durch einen Aufruf des Verbandes der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., so dass in Rheinland-Pfalz und Hessen 23 Ackerflächen von interessierten Landwirten zu Verfügung gestellt wurden.

Probennahmetechnik

Die Bodenprobennahme erfolgte jeweils nach der Rapsaussaat (Pi), nach der Rapsernte (Pf₁) und nach der Ausfallrapsbekämpfung (Pf₂). Dazu wurde ein Beprobungspunkt mit einem GPS-Gerät (Garmin GPS II Plus) eingemessen. Im Radius von 10 m um diesen Punkt erfolgte die Probenahme bestehend aus 20-30 Einstichen (etwa 2 kg Boden) in 0-30 cm Tiefe. Aus den gezogenen Proben wurde anschließend für jeden Standort eine Mischprobe hergestellt. Direkt nach der Rapsernte und nach der Ausfallrapsbekämpfung wurde derselbe Beprobungspunkt wieder mittels GPS eingemessen und erneut beprobt. Bei einer gerätebedingten Messungenauigkeit von +/- 4 m und 10 m Radius der Probennahmeparzelle war rechnerisch sichergestellt, dass bei der Beprobung nach der Rapsernte (Pf₁) und nach der Ausfallrapsbekämpfung (Pf₂) ca. 80 % der Ursprungsfläche (Pi) wieder erfasst wurden. Nach der Rapsernte wurden ausschließlich solche Flächen weiter beprobt, welche nach der Analyse der Pi-Proben eine Ausgangspopulation von > 0 aufwiesen, da nur auf diesen Flächen eine Veränderung der Nematodenpopulation zu erwarten war. Bis zur Analyse wurden die Proben bei 4 °C in einer Kühlzelle gelagert, um einen spontanen Schlupf von *H. schachtii* auszuschließen.

Ausfallrapsbekämpfung

Untersuchungen von SCHLANG (2005) haben gezeigt, dass weniger der Kulturraps zur Vermehrung von *H. schachtii* beiträgt, sondern der unvermeidbare Ausfallraps dafür verantwortlich ist. Der zum Teil schon vor der Rapsernte auflaufende Ausfallraps bietet den Nematoden eine gute Nahrungsquelle, während optimale Entwicklungsbedingungen herrschen. Deshalb kam bei diesem Monitoring der Ausfallrapsbekämpfung eine große Bedeutung zu.

Die Landwirte wurden dazu angehalten, die Ausfallrapsbekämpfung so durchzuführen, wie es in ihrem Betrieb üblich ist. Ausnahme hiervon waren die Monitoringstandorte in Mainz. Hier wurde die Bekämpfung nach dem Temperatursummenmodell durchgeführt, da dort eine Wetterstation mit Bodentemperaturfühler in 20 cm Bodentiefe zur Verfügung stand. Dem Temperatursummenmodell liegt die Generationsdauer von *H. schachtii* zugrunde, welche sehr stark mit der Umgebungstemperatur korreliert. Für einen Generationszyklus der Rübenzystemnematoden ist laut SCHLANG (2005) eine Temperatursumme von etwa 450 °C, ausgehend von einer Basistemperatur von 8 °C, erforderlich. Die Tagesmittelwerte oberhalb von 8 °C (Bodentemperatur in 20 cm Tiefe) werden ab dem Auflaufen des ersten Ausfallraps fortlaufend zur aktuellen Temperatursumme aufsummiert. Um eine Vermehrung der Rübenzystemnematoden zu verhindern, muss sich die Ausfallrapsbekämpfung deshalb an einer niedrigeren Temperatursumme orientieren. Untersuchungen von LEHRKE (2011) haben gezeigt, dass der Fangpflanzeneffekt am besten zu erzielen ist, wenn die Bekämpfung bei einer Temperatursumme von 250 °C erfolgt.

Diagnostik

Die Analyse der gezogenen Bodenproben erfolgte mit dem Acetox-Verfahren (Schlupf-Test) und anschließendem Auszählen der L₂-Larven unter dem Mikroskop. Zur Absicherung der Ergebnisse wurde zusätzlich eine semiquantitative PCR durchgeführt.

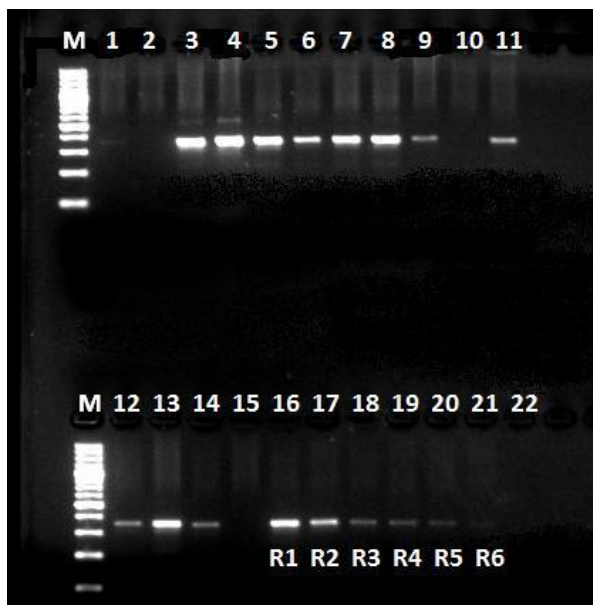
Acetox-Verfahren

Das angewendete Acetox-Verfahren wurde in Anlehnung an die von ARNDT, GROßE und MÜLLER (2000) beschriebene Methode modifiziert und durchgeführt. Beim Acetox-Verfahren löst das Acetox-ethylhexa-dien (kurz: Acetox), welches der Bodenprobe beigemischt wird, einen Schlupfreiz auf *H. schachtii* aus. Zunächst wird die gezogene Bodenprobe konditioniert. Dazu werden Steine und Pflanzenreste entfernt und der Boden feingekrümelt. Sehr nasse Proben werden vor der Verarbeitung luftgetrocknet, da sie sonst nicht krümelhaft sind. Voraussetzung für die Anwendung des Acetox-Verfahrens ist ein optimales Verhältnis von Wasser- zu Luftgehalt des Bodens, um eine bestmögliche gasförmige Verteilung des Acetox zu gewährleisten. Von jeder Bodenprobe werden 500 g Boden in

einen Gefrierbeutel eingewogen, mit 0,5 ml Acetox behandelt und für drei Tage in einem Thermoschrank bei konstant 26 °C inkubiert. Anschließend werden 2 x 150 g (A- und B-Probe) der behandelten Erde auf zwei modifizierte Baermanntrichter mit einem Durchmesser von 270 mm gegeben, die jeweils mit zwei Milchfiltern ausgelegt sind und mit Wasser angestaut werden. Nach drei Tagen werden die L₂-Larven, die durch die Filter gewandert sind, ausgezählt. Die Auszählung erfolgt als Aliquot (3 x 1 ml Larvensuspension) mit Hilfe einer Zählkammer mit einem Volumen von 1 ml unter dem Mikroskop bei 40-facher Vergrößerung. Da die L₂-Larven verschiedener Heterodera-Arten optisch nur schwer zu differenzieren sind, besteht die Gefahr einer Verwechslung z.B. mit *Heterodera avenae*. Daher wurde die vorhandene Larvensuspension zusätzlich noch mit einer semiquantitativen PCR untersucht. Abschließend wurde der Vermehrungsfaktor (Pf/Pi) berechnet, der als Indikator für die Vermehrungsrate dient. Er stellt das Verhältnis der Ausgangs- zur Endpopulation dar, wobei ein Pf/Pi > 1 eine Zunahme, ein Pf/Pi < 1 eine Abnahme der Nematodenpopulation im Boden signalisiert.

PCR-Analytik

Zusätzlich zur Zählung der Larven am Mikroskop wurde zum Nachweis von *H. schachtii* eine PCR durchgeführt. Es handelt sich hierbei um ein Verfahren, welches nur die DNA einer bestimmten Art detektiert, in diesem Fall nur die von *H. schachtii*. Während bei der Zählung die morphologische Ähnlichkeit verschiedener Nematodenarten eine mögliche Fehlerquelle darstellt (in diesem Fall die Verwechslung mit *H. avenae*), kann bei der molekularbiologischen Untersuchung eine derartige Verwechslung ausgeschlossen werden. Um zusätzlich zur qualitativen Artbestimmung auch eine quantitative Aussage treffen zu können, wird eine sogenannte semiquantitative PCR durchgeführt. Hierbei bedeutet semiquantitativ, dass das Ergebnis keinen Absolutwert darstellt, sondern eine Einordnung in Befallsklassen erlaubt. Bei jeder PCR werden sechs Referenzproben mitgeführt. Diese wurden aus einem Standard mit einer bekannten Larvenanzahl (1000 Larven) durch entsprechende Verdünnung hergestellt. Die so entstandenen Referenzproben enthalten die DNA von umgerechnet 300, 75, 39, 19, 9 und 5 Larven. Die PCR erfolgt mit Hilfe der Primer ITS1-f40* (Sequenz 5'-CCC TGT TGG GCT AGC GTT-3') und ITS1-r380* (Sequenz 5'-CAT CCC CAG TCA GTG TGT TAT GTG -3'). Beide Primer amplifizieren eine DNA-Sequenz von 351 bp Länge, wobei die quantitativen Unterschiede zwischen den Proben erhalten bleiben. Das PCR-Produkt wird anschließend zur Gelelektrophorese auf ein Agarosegel aufgetragen und 40 min unter 110 V Spannung aufgetrennt. Die resultierenden Banden der Referenzproben zeigen eine Abstufung in ihrer Bandenstärke (siehe Abbildung 1). Die Quantifizierung der Proben erfolgt visuell durch den Vergleich der Bandenstärken mit den Referenzproben. Die absolute Larvenanzahl aus einer Probe kann auf den Larvenbesatz in 100 g Boden umgerechnet werden. Es ergeben sich aus der Larvenanzahl der sechs Referenzproben folgende Werte: >1500 Larven/100 g Boden; 1500 Larven/100 g Boden; 750 Larven/100 g Boden; 375 Larven/100 g Boden; 188 Larven/100 g Boden; 94 Larven/100 g Boden.



de la PCR.

Abbildung 1: PCR-Ergebnisse: M=Marker (100 bp Plus Ladder); 1-14: DNA aus Bodenproben; 15: H₂O-Kontrolle DNA-Extraktion; 16-21: Referenzproben R1-R6; H₂O-Kontrolle PCR.

Figure 1: PCR results: M=Marker (100 bp Plus Ladder); 1-14: DNA of the samples; 15: H₂O-control of the DNA-Extraction; 16-21: references R1-R6; H₂O-control of the PCR.

Figure 1: Les résultats de la PCR: M=Marker (100 bp Plus Ladder); 1-14: L'ADN d'échantillons; 15: contrôl H₂O de l'extraction ADN; 16-21: les échantillons de référence R1-R6; contrôl H₂O

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Ergebnisse des Monitorings 2009/10 zeigten, dass bis zum Zeitpunkt der Pf₁-Probenahme direkt nach der Ernte, keine Vermehrung von *H. schachtii* am Winterraps stattgefunden hat. Er scheint als Winterung sehr viel weniger attraktiv zu sein als Zuckerrüben, Sommer- und Ausfallraps. Eine Erklärung dafür wäre, dass er bereits in der Vorwinterentwicklung einen Schlupfreiz bei den Rübenzystemnematoden auslöst, die Nematoden in die Wurzeln eindringen, sich aber nicht mehr vollständig entwickeln können. Allerdings konnte bei den Ergebnissen der Pf₂-Beprobung (nach der Ausfallrapsbekämpfung) beobachtet werden, dass sich auf drei Standorten der Pf₂-Wert im Verhältnis zum Pf₁-Wert deutlich erhöhte. Dies könnte, zumindest was den Standort in Dornheim betrifft, in engem Zusammenhang mit einer sehr späten Ausfallrapsbekämpfung stehen (Tabelle 1). Denn aufgrund von schlechten Witterungsverhältnissen und damit einhergehend sehr großen Niederschlagsmengen (140 mm) im August 2010, konnten die Landwirte erst sehr spät die Ausfallrapsbekämpfung durchführen. Das hatte zur Folge, dass die für die Populationsentwicklung von *H. schachtii* entscheidende Temperatursumme von 450 °C zum Teil vor der Ausfallrapsbekämpfung erreicht wurde und somit eine weitere Nematodengeneration gebildet werden konnte. Dennoch kann nur auf dem Standort in Dornheim und auf einem Standort in Mainz von einer Vermehrung der Nematoden im Vegetationsverlauf gesprochen werden. Auf allen anderen Standorten war sowohl der Pf₁-Wert, als auch der Pf₂-Wert kleiner als der Pi-Wert, wodurch sich ein Vermehrungsfaktor (Pf/Pi) von < 1 ergibt.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass das Fenster in welchem die Ausfallrapsbekämpfung geschehen muss, sehr eng ist und den Landwirten oftmals nur 14 – 16 Tage bleiben, um den Ausfallraps zu bekämpfen. Dabei ist es sehr wichtig, dass nicht der Erntetermin als Ausgangspunkt für die Temperatursumme angenommen wird. Vielmehr ist der Zeitpunkt des Auflaufens des ersten Ausfallraps entscheidend, denn dieser kann bereits vor der Ernte keimen und den Nematoden ab diesem Zeitpunkt eine Nahrungsquelle bieten.

Clearfield-Raps (imidazolinon-tolerante Winterrapsorten) passt nicht in Rübenfruchtfolgen, da er die Unkrautbekämpfung in Rüben und anderen Kulturen erheblich erschwert und dadurch eine Vermehrung von *H. schachtii* zu erwarten ist. Der Clearfield-Rapsanbau in Rübenfruchtfolgen ist folgerichtig in den aktuellen Branchenvereinbarungen der Zuckerindustrie mit den Anbauerverbänden untersagt.

Tabelle 1: Überblick über die verschiedenen Zeitpunkte von Ernte, Ausfallrapsbekämpfung und Pf₂-Beprobung an den unterschiedlichen Standorten, sowie über die Bekämpfungsart und die Temperatursummen

Table 1: Overview of the differing points of time from harvest, control of oilseed rape and of the Pf₂-sampling at the varying sites, as well as over the type of control and the temperaturesums

Tableau 1: Aperçu sur les temps différentes de la récolte, de la lutte contre la repousse de colza et l'échantillonnage Pf₂ dans les divers endroits, ainsi que sur la stratégie de la lutte et les sommes des températures

Erntezeitpunkt	Ausfallraps-bekämpfung	Temperatur-summe	chemisch	mechanisch	Pf ₂ -Beprobung	Standort
15.08.2010	23.08.2010	96 °C	x		06.09.2010	Leeheim
01.08.2010	23.08.2010	192 °C		x	30.08.2010	Nordheim
30.07.2010	20.08.2010	208 °C		x	24.08.2010	Albisheim
01.08.2010	24.08.2010	277 °C	x		31.08.2010	Mainz
19.07.2010	23.08.2010	368 °C	x		06.09.2010	Biebesheim
25.07.2010	23.08.2010	383 °C		x	30.08.2010	Nordheim
19.07.2010	27.08.2010	426 °C	x		06.09.2010	Bockenheim
18.07.2010	07.09.2010	521 °C		x	13.09.2010	GG-Dornheim

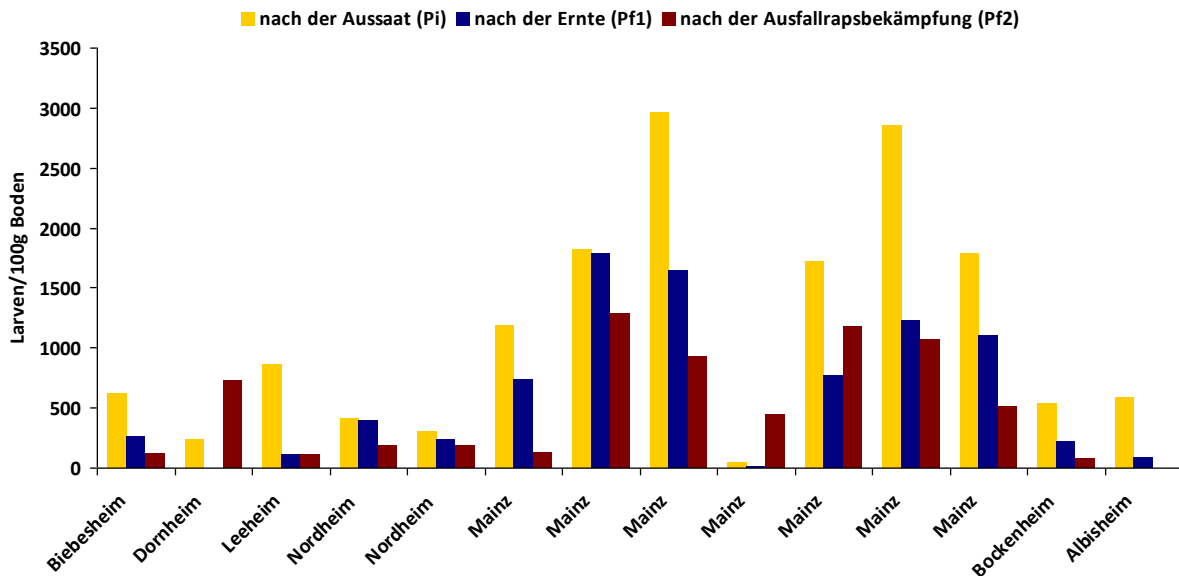


Abbildung 2 : Nematodenbefall nach der Aussaat, nach der Ernte und nach der Ausfallrapsbekämpfung auf den Monitoringstandorten 2009/10

Figure 1: Nematode infestation on the monitoring sites 2009/10 after sowing, immediately after harvest and right after the control of volunteer oilseed rape

Figure 1: Infestation avec les nematodes 2009/10 avant le semis, après la récolte et après la lutte contre la repousse de colza

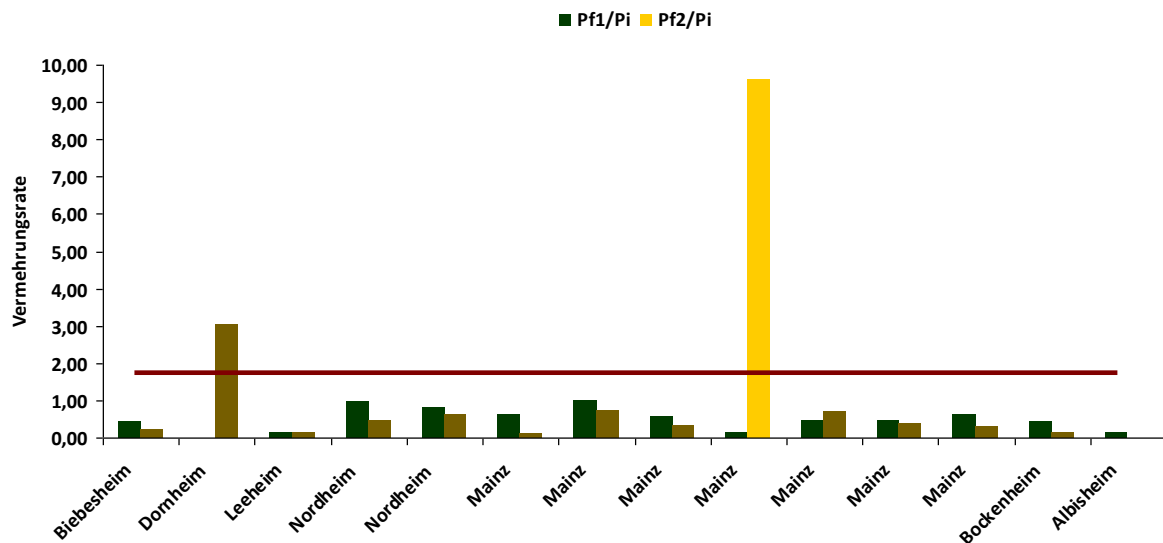


Abbildung 3: Vermehrungsfaktoren der Monitoringstandorte 2009/10. Der Pf1/Pi-Wert stellt den Vermehrungsfaktor direkt nach der Ernte, der Pf2/Pi-Wert den Vermehrungsfaktor nach der Ausfallrapsbekämpfung dar

Figure 3: Multiplication factors of the monitoring sites 2009/10. The Pf1/Pi-data represents the multiplication factor immediately after harvest, Pf2/Pi-data the multiplication factor right after the control of volunteer oilseed rape

Figure 3: Les facteurs de multiplication des sites de surveillance 2009/10. Le Pf1/Pi-valeur représente le facteur de multiplication immédiatement après la récolte, le Pf2/Pi-valeur représente le facteur de multiplication après la lutte contre la repousse de colza

Schlussfolgerung

Der Anbau von Winterraps in Zuckerrübenfruchtfolgen ist nach den Ergebnissen des Monitorings 2009/10 praktikabel. Allerdings setzt diese Integration eine termingerechte Ausfallrapsbekämpfung zur Unterbrechung des Entwicklungszyklus von *H. schachtii* voraus. Dabei kommt es vor allem auf den Bekämpfungszeitpunkt an, denn die Bodenbearbeitung bzw. Applikation von Herbiziden muss unbedingt rechtzeitig bei einer Temperatursumme von 250 °C erfolgen, um den Fangpflanzeneffekt positiv nutzen zu können. Gerade bei der chemischen Bekämpfung gilt es darauf zu achten, dass die Applikation rechtzeitig erfolgt, da sich die Nematoden bis zum Absterben der Wurzeln weiterentwickeln. In Trockengebieten ist der Anbau von nematodenresistenten Zwischenfrüchten nur eingeschränkt möglich. Hier wäre der Fangpflanzeneffekt im Rahmen des Temperatursummen-orientierten Ausfallrapsmanagements als ein kostengünstiger und wassersparender Ersatz nutzbar.

REFERENZEN

- 1 ARNDT, M., GROßE, E., MÜLLER, J.: Ist der Schlupftest mit Acetox-Lösung zum quantitativen Nachweis von Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) als Routinetest geeignet? Gesunde Pflanze, Band 52, Heft 7-8, 234-239, 2000.
- 2 LEHRKE, U.: Raps in Zuckerrübenfruchtfolgen integrieren? *Zuckerrübe* 4/2011 (60. Jg), 42-45, 2011.
- 3 SCHLANG, J.: Anbau von Raps in Zuckerrübenfruchtfolgen. *Zuckerrübe* 5/2005 (54. Jg), 254-256, 2005.

8.2 ELLEN HARTMANN, CHRISTINE WENDEL, CHRISTIAN LANG

Verband der hessisch-pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenaustraße 10, D – 67547 Worms

RESULTS AND CONSEQUENCES OF THE NEMATODE MONITORING IN SOUTHWESTERN GERMANY

ABSTRACT

In the context of the joint project “Preservation and Promotion of a Sustainable Sugar Beet Cultivation in Rhineland-Palatinate,” a comprehensive monitoring of *Heterodera schachtii* was carried out on selected fields in the spring of 2011. The emphasis of the sampling lay on the area of the ‘Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.’, the association of sugar beet cultivators of Hesse and the Palatinate (around 450 soil samples). Additionally, around 100 soil samples from the areas in Wetterau and Baden-Württemberg were analyzed. The samples were spread over the entire territory of the association in Hesse and the Palatinate, and were taken from the Rheingraben in Baden-Württemberg.

One soil sample was supposed to consist of about 50 punctures per hectare taken in a depth of 0-30 cm in front of the sugar beet seed. Additionally, the name of the cultivator, the place, the number of the lot, as well as the two previous crops were documented. The soil samples were tested by the “Bodengesundheitsdienst” (soil conservation organization) in Rain am Lech for an infestation with *Heterodera schachtii*, following the methods of PCR analysis. The data will be used to create a GIS-supported information card which mirrors the infestation by nematodes of the area under investigation. This information is supposed to help optimize the advisory service strategies and to develop new emphases for the experimentation processes in sugar beet cultivation. Furthermore, based on the results, the present advisory service strategies for growing sugar beets can be asserted and adjusted as well as fine-tuned.

RESULTATS ET CONSEQUENCES DU MONITORING DE NEMATODES DANS LE SUD-OUEST DE L'ALLEMAGNE

RESUME

Dans le cadre du projet commun de „Conservation et développement d'une culture durable de la betterave sucrière en Rhénanie-Palatinat”, le printemps de 2011 a vu la mise en pratique d'un monitoring détaillé de *Heterodera schachtii* sur des champs sélectionnés. L'accent de l'échantillonnage de sol a été mis sur la région couverte par l'association „Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.“, des cultivateurs hessois-palatin de la betterave sucrière, où l'on avait pris environ 450 échantillons de sol. De surcroît, une centaine d'échantillons des régions de Wetterau et du Bade-Wurtemberg ont été analysés. Les échantillons étaient répartis dans toute la région en Hesse, en Palatinat et dans la Wetterau; en Bade-Wurtemberg, ils étaient pris du fossé rhéan.

Un échantillon était supposé de se composer de 50 piqûres par hectare dans une profondeur de 0-30 cm devant la semence des betteraves sucrières. En outre, la documentation comportait le nom du cultivateur, l'endroit et le numéro de la parcelle aussi bien que les deux cultures précédentes. Les échantillons de sol étaient analysés par le « Bodengesundheitsdienst » à Rain am Lech (l'association de la surveillance du sol) pour le cas d'une infestation par *Heterodera schachtii* selon les méthodes de PCR/Acetox. À partir de ces données, on crée une carte d'informations supportée par un SIG (système d'information géographique) qui reflète l'infestation par *Heterodera schachtii* du terrain d'étude. Ces informations doivent aider à optimiser les services de vulgarisation et à développer de nouveaux accents dans les périodes d'expérimentation dans la culture des betteraves sucrières. Au-delà de ces aspirations, les résultats permettent d'affirmer ou d'adapter les services de vulgarisation aussi bien que de réaliser leur ajustement précis.

ERGEBNISSE UND KONSEQUENZEN DES NEMATODEN-MONITORINGS IN SÜDWESTDEUTSCHLAND

KURZFASSUNG

Im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes „Erhaltung und Förderung eines zukunftsfähigen Zuckerrübenanbaus in Rheinland-Pfalz“ wurde im Frühjahr 2011 ein umfassendes Monitoring auf Praxisschlägen auf *Heterodera schachtii* durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet erstreckte sich über das Verbandsgebiet des hessisch-pfälzischen Zuckerrübenanbauerverbandes e.V. und wurde durch Schläge in der Wetterau und in Baden-Württemberg erweitert. Alleine im Verbandsgebiet Hessen-Pfalz wurden rund 450 Bodenproben gezogen. In Rheinland-Pfalz wurden die Vertrauensmänner der einzelnen Agenturen beauftragt im eigenen Gebiet 9 Bodenproben verteilt auf mindestens 3 Ortschaften zu ziehen.

Eine Bodenprobe sollte dabei aus ca. 50 Einstichen pro Hektar bei einer Tiefe von 0-30 cm vor der Saat der Zuckerrüben bestehen. Zusätzlich wurden der Name des Landwirtes, Ort und Flurstücksnummer sowie Vor- und Vor-Vorfrucht dokumentiert. Rund 450 Bodenproben wurden vom Bodengesundheitsdienst in Rain am Lech auf einen *Heterodera schachtii*- Befall untersucht. Entstehen sollte eine GIS-gestützte Informationskarte, welche den Nematodenbefall des Untersuchungsgebietes widerspiegelt. Mit dieser Information soll es gelingen, die Beratungsstrategie zu optimieren und neue Schwerpunkte und Gewichtungen in der Versuchstätigkeit im Zuckerrübenanbau zu entwickeln. Darüber hinaus kann aufgrund der Ergebnisse die aktuelle Beratung im Zuckerrübenanbau bestätigt oder angepasst sowie eine Feinabstimmung vorgenommen werden.

EINLEITUNG

Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) sind im Gebiet des Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauerverbandes e.V. mittlerweile zu einem zentralen Problem geworden. Die Fadenwürmer sind mit verantwortlich für erhebliche Ertragseinbußen im Zuckerrübenanbau und verursachen dadurch enorme wirtschaftliche Schäden. Wird bei der Sortenwahl eine Fehlentscheidung getroffen, muss u.a. mit einem großen Verlust im bereinigten Zuckerertrag gerechnet werden. Das Gemeinschaftsprojekt zukunftsfähiger Zuckerrübenanbau hat sich in den letzten drei Jahren schwerpunktmäßig mit der Erforschung und der Untersuchung dieses Schädlings befasst. Das Gemeinschaftsprojekt (2009-2012) wird gemeinsam mit der Officialberatung und mit finanzieller Unterstützung des Landes Rheinland-Pfalz durchgeführt.

Im Januar 2011 wurde erstmals ein umfassendes Nematodenmonitoring, erstreckt über das ganze Gebiet des Verbandes der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., gestartet, um einen Überblick über die Verbreitung des Rübenzystennematoden zu erhalten und ggf. Gebiete herauszufiltern, die einen erhöhten Schädlingsdruck vorweisen. Das Nematodenmonitoring wird zur Verfeinerung und zur Verbesserung dieser Auswertung im Frühjahr 2012 fortgeführt. Ziel ist es, Handlungsempfehlungen für die Praxis abzuleiten und dadurch die Beratung zu verbessern. Zusammen mit dem im Gemeinschaftsprojekt parallel durchgeführten Exaktversuchen ist eine Optimierung der Beratungsstrategie möglich. Ein weiterer Baustein für einen zukunftsfähigen Zuckerrübenanbau in Rheinland-Pfalz und Südhessen kann somit gesetzt werden.

MATERIAL UND METHODEN

Die Vorproben

Im Oktober 2010 wurden auf einzelnen ausgewählten Schlägen in der Pfalz Vorproben gezogen, um weitere Erkenntnisse über die Verteilung der *H.schachtii*- Larven auf einem Schlag zu erhalten. Daraus wurde die Probenahme für die Hauptuntersuchung im Frühjahr 2011 abgeleitet bzw. optimiert.

Die Untersuchung umfasste vier Schläge in der Pfalz, wobei jeweils ein Teilstück in der Größe von einem viertel Hektar (50x50m) abgemessen und beprobt wurde. Pro viertel Hektar wurden 50 Einstiche entnommen. Dabei lag zwischen jedem Einstich ein Abstand von ca 8,3 m (Abbildung1).

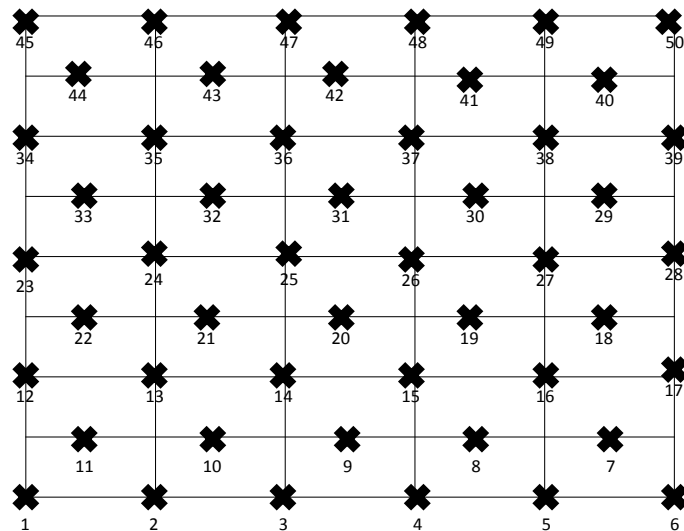


Figure 1: Soil sampling plan for the previous samples
 Figure 1: Grille de sol pour les précédents échantillons
 Abbildung 1: Bodenproben- Raster für die Vorproben

Mit einem Bohrstock (Fassungsvermögen 500 g) wurde pro Einstich 500 g Erde entnommen. Jede einzelne Probe wurde separat analysiert. Dabei zeigte sich eine extrem heterogene Verteilung von *H.schachtii* Larven auf der Fläche. Dieses Bild wiederholte sich in sehr ähnlicher Form auf allen vier beprobten Schlägen (Abbildung 2).

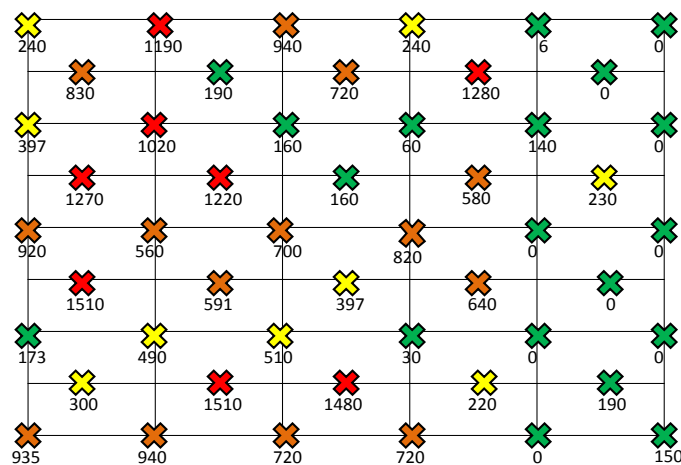


Figure 2: Result of previous samples (classification as shown Figure 3)
 Figure 2: Résultat des précédents échantillons (classification comme illustré Figure 3)
 Abbildung 2: Ergebnis der Vorproben (Klassifizierung wie in Abbildung 3)

Flächenauswahl

Ziel war es eine möglichst flächendeckende und gleichmäßige Verteilung der Proben über das ganze Gebiet Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauerverbandes e.V. zu erreichen.

Für das Nematodenmonitoring wurden ausschließlich Flächen ausgewählt, die in typischen Rübenanbaugebieten liegen. Regionen wie bspw. Teile der Westpfalz wurden nicht beprobt, weil hier kein Zuckerrübenanbau mehr stattfindet. Darüber hinaus wurden nur Flächen ausgewählt, auf denen alle 3 bis 5 Jahre Zuckerrüben angebaut werden und im Frühjahr 2011 ebenfalls wieder Zuckerrüben angebaut wurden. Dabei war es notwendig, dass die Probenahme vor der Zuckerrübenaussaat 2011 stattfand, weil ein Wandern der Nematoden an die Wirtspflanze innerhalb weniger Tage möglich ist. Eine genaue Erfassung des Schädling im Boden wäre somit nicht mehr möglich gewesen.

Bodenproben und Entnahmetechnik

Da Nematoden nesterweise auftreten ist eine möglichst hohe Einstichzahl mit einem Bohrstock notwendig, um ein genaues Ergebnis zu erhalten. Es war deshalb wichtig mindestens 100 Einstiche pro Hektar Ackerland zu entnehmen. Die Einstiche sollten daher in einem gleichmäßigen Abstand über die Fläche verteilt werden. Aus der gewonnenen Erde (Summe der Einstiche) wurde eine homogene Mischprobe erstellt. Insgesamt war eine Menge von mindestens 500 gr. Boden, welche aus der Mischprobe entnommen wurde, für die Analyse im Labor notwendig. Die Bodenprobennahme erfolgte aus arbeitswirtschaftlichen Gründen ausschließlich im Oberboden, d.h. in einer Tiefe von 0-30 cm. Die Probe sollte in einem möglichst guten, d.h. nicht zu nassen Bodenzustand sein, da eine Analyse von stark tonigen bzw. verschmierten und verdichteten Proben mit dem angewendeten Analyse-Verfahren kaum möglich ist. Die Bodenproben wurden nach dem Ziehen und vor der Analyse in einer Kühlzelle bei 4 °C kühl gelagert.

Die Hauptuntersuchung

Die Hauptuntersuchung wurde über die Vertrauensmänner des Verbandes abgewickelt. Das Gebiet des Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenverbandes e.V. ist durch Agenturen strukturiert. Jede Agentur umfasst mehrere, fest definierte Gemeinden und wird durch einen Vertrauensmann betreut. Der Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. ist in insgesamt 70 Agenturen unterteilt. In der Vertrauensmännerversammlung im Januar 2011 wurden in Offstein je Agentur neun Bodenprobenbeutel mit Begleitmaterial ausgegeben. Die Vertrauensmänner wurden angehalten in ihrer Agentur insgesamt neun (bei Interesse mehr) Bodenproben zu ziehen bzw. durch den ansässigen Landwirt ziehen zu lassen. Es sollte darauf geachtet werden, dass maximal drei Bodenproben je Gemeinde gezogen werden, um eine möglichst flächendeckende Analyse im gesamten Verbandsgebiet zu erreichen. Aus mindestens 100 Einstichen/ha wurde eine Mischprobe erstellt. Beprobte wurden wieder die ersten 30 cm der Bodenschicht vor der Zuckerrübenaussaat 2011. Auf einem Begleitblatt wurden die wichtigsten Daten erfasst, die der Zuordnung des jeweils untersuchten Schläges dienen. Dabei wurden Daten wie der Schlagname, die Flurstücknummer, der Name des Landwirtes, die Gemeinde und die Südzucker-Anbauernummer des Landwirtes sowie die Vor- und Vor-Vorfrucht erfasst. Das vollständig ausgefüllte Datenblatt wurde mit Ablieferung der Proben an den Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. zurück gesandt.

Die Vertrauensmänner lieferten die gezogenen und kühl gelagerten Bodenproben an die für Ihre Agentur bekannte EUF (Elektro-Ultrafiltration)-Sammelstelle. Von dort aus wurden die Bodenproben im April 2011 an das Labor des Bodengesundheitsdienstes in Rain am Lech gebracht.

Die Analyse der Bodenproben wurde vom Bodengesundheitsdienst in Rain am Lech in den Monaten April 2011 bis August 2011 durchgeführt. Dabei untersuchte dieser die gelieferten Mischproben auf *H.schachtii* Larven/100 g Boden. Die Analyse der gezogenen Bodenproben erfolgte mittels Acetox-Verfahren (Schlupf-Test) und anschließender semiquantitativer PCR. Die Analyse der Bodenproben beim Bodengesundheitsdienst wurde über das Gemeinschaftsprojekt finanziert und war sowohl für die Vertrauensmänner als auch für die Landwirte kostenfrei.

Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgte mit dem Geoinformationssystem (GIS) der Firma ESRI. Mit GIS ist es möglich räumliche Daten zu analysieren, darzustellen und zu visualisieren. Dafür wurde das Softwareprodukt ArcGIS 10 verwendet. Die Geometrien der Bundesländer Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg (Bundesland, Kreis und Gemeinde) im Datenformat ETRS89_UTM32N (Stand 31.12.2009) wurde über das Unternehmen „infas geodaten“ erworben. Mit Hilfe dieser Software konnten die Ergebnisse der Bodenproben (Larven/100 g Boden) visualisiert werden, indem ein Mittelwert aus allen erhaltenen Bodenproben pro Gemeinde gebildet wurde. Dabei variierte die Anzahl der Bodenproben pro Gemeinde stark. Die Klassifizierung der Mittelwerte und die Farbwahl (grün/gelb/orange/rot) wurden in Anlehnung an den Bodengesundheitsdienst gewählt. Dabei wurden Ergebnisse bis 100 Larven/100 g Boden als grün, Ergebnisse von 101- 500 Larven/100 g Boden als gelb, 501-1000 Larven/100 g Boden als orange und über 1001 Larven/100 g Boden als rot deklariert.

ERGEBNISSE UND KONSEQUENZEN

In der Darstellung lässt sich erkennen, dass es nur noch sehr wenige befallsfreie Gemeinden (grün) im Gebiet des Verbandes der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V gibt. Sie liegen vor allem in der Südpfalz bzw. in der Nähe der Städte Wiesbaden und Frankfurt.

Selbst in noch „grünen“ Gemeinden gilt für den zuckerrübenanbauenden Landwirt für seinen Schlag die Einzelfallentscheidung, da die Farbgebung bzw. die Klassifizierung sich aus einem Mittelwert aller erhaltenen Proben für diese Gemeinde ergibt. In den einzelnen Gemeinden wurde eine sehr unterschiedliche Probenanzahl gezogen, deren Ergebnisse teilweise auch erheblich voneinander abweichen. Ein Vorkommen von mittel oder stark befallenen Flächen ist daher selbst in „grünen“ Gemeinden möglich. Der Landwirt sollte daher in den grün markierten Regionen für seine Sortenwahl weitere Bodenproben ziehen.

Entlang des Rheingrabels und in den Gebieten mit langjährigem Rübenanbau wie bspw. Worms ist tendenziell ein höherer Schädlingsdruck feststellbar. Auch im Umkreis der Zuckerrübenfabrik in Offstein und im ganzen rheinhessischen Raum wurde ein erhöhter Druck von *H.schachtii* festgestellt. Diese Gemeinden haben daher vornehmlich eine gelbe, orange oder rote Farbe bekommen. In diesen Gebieten ist es sinnvoll auf eine tolerante oder resistente Zuckerrübensorte zurückzugreifen, um möglichen Ertragseinbußen vorzubeugen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich in orangen oder roten Gemeinden noch befallsfreie Schläge befinden, ist relativ gering.

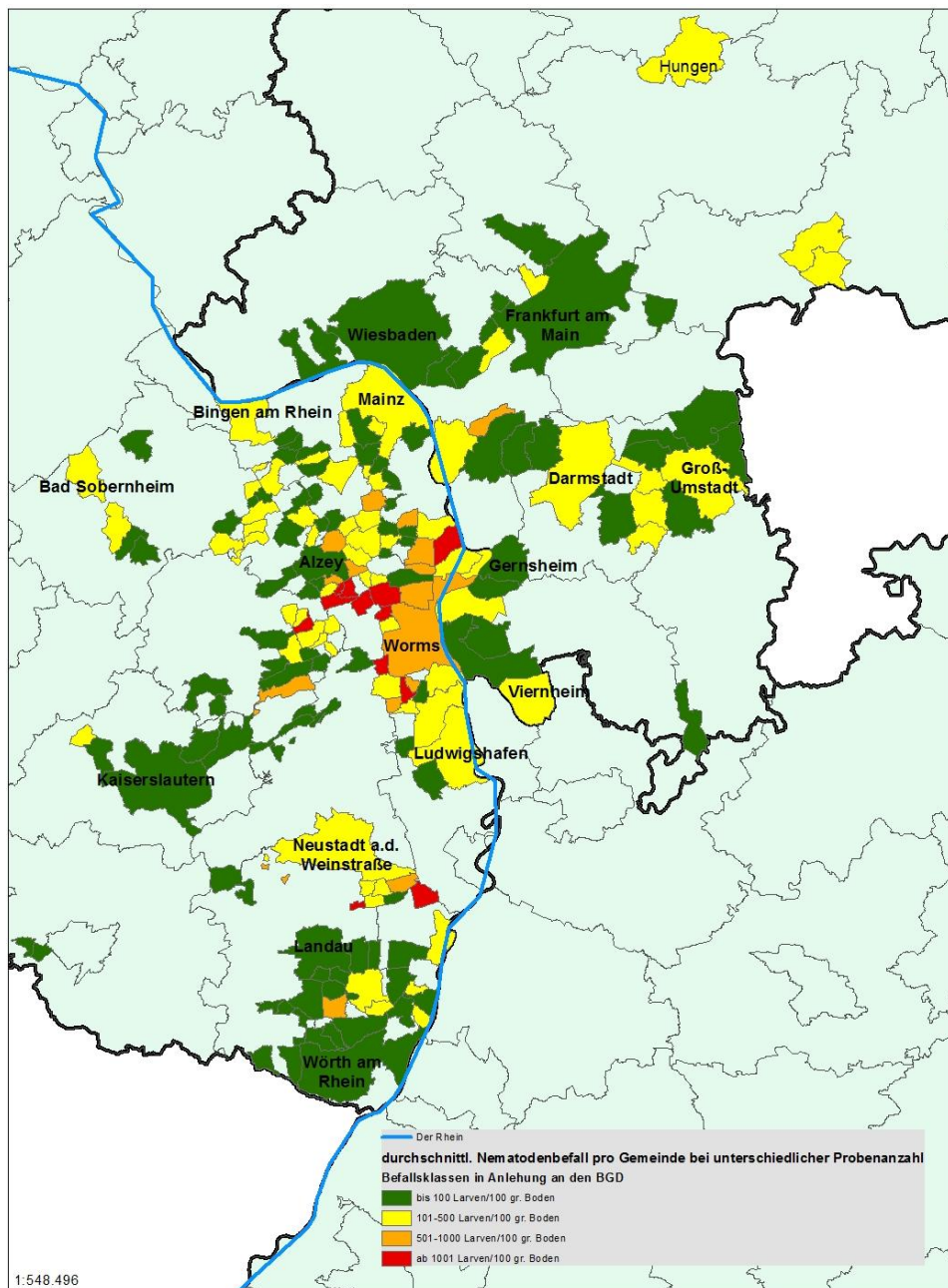


Figure 3: Monitoring of nematodes in Southernwest Germany / Figure 3: Monitoring de nématodes dans le Sud-Ouest de l'Allemagne/ Abbildung 3: Nematodenmonitoring in Südwestdeutschland

SCHLUSSFOLGERUNG

Grundsätzlich ist eine Neuorientierung in der Auswahl der Zuckerrübensorte wichtig. Die Auswahl der richtigen Zuckerrübensorte hat einen erheblichen Einfluss auf den Unternehmensgewinn. Daher macht nur noch in befallsfreien Gebieten ein Einsatz einer Normalsorte (ohne Nematodentoleranz/-resistenz) Sinn. Aber auch hier ist eine Einzelfallprüfung für den jeweiligen Landwirt richtig und wichtig. In den meisten Gemeinden, vor allem in den gelben, orangen und roten Gebieten, ist der Einsatz von toleranten bzw. resistenten Zuckerrübensorten unausweichlich.

Die Darstellung ist daher lediglich als eine erste Einteilung der Befallsregionen anzusehen. Es ist empfehlenswert vor allem in grün deklarierten Gebieten weitere Bodenproben zu ziehen, sowie weitere Informationen aus Versuchswesen, Beratung und Praxiserfahrung (Anbau toleranter Sorten im Vergleich zu nicht toleranter Sorten) bei der Entscheidungsfindung mit einzubeziehen.

Neben der Darstellung der Durchschnittswerte ist auch die Betrachtung der Werteverteilung auf die verschiedene Befallsstärken sinnvoll. Aus diesen weiteren Darstellungen kann unter Einbeziehung zusätzlicher Informationen eine Empfehlungskarte für Landwirte und Anbauer abgeleitet werden.

8.3 SWENJA LIESENFELD¹, KERSTIN MÜLLER², HARALD BAUER¹, CHRISTIAN LANG¹

¹Verband der hessisch-pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Rathenaustraße 10, D – 67547 Worms

²Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rüdeshheimerstraße 60-68, D – 55545 Bad Kreuznach

NEMATODE PROPAGATION IN SUGAR BEET VARIETIES WITH VARYING RESISTANCE AND TOLERANCE

ABSTRACT

Using nematode-tolerant and –resistant sugar beet varieties, cultivators have another option to control sugar beet cyste nematodes (*Heterodera schachtii*) and to avoid crop loss. However, we do not know much about the longterm impact of those varieties on the nematode population, especially in the sub soil. The following annual results derive from an enduring study. In 2010 field experiments were set up at 5 sites with one susceptible, two nematode-tolerant and two nematode-resistant sugar beet varieties. Soil samples were taken immediately after sowing and after sugar beet harvest (depth: 0-30 cm and 30-60 cm). They were stored under cool conditions until examination by means of the so-called Acetox method and PCR. The susceptible variety clearly increased the nematode population on all sites and in both soil layers. The reproduction rate always depended on the initial population. As a rule a low initial population resulted in a high reproduction rate. Independent of experimental site and nematode density resistant varieties very clearly diminished nematode population. Independent of population density, yields of resistant varieties always were below those of the susceptible variety. Nematode reproduction rate under tolerant varieties was similar to the susceptible variety, but varied to a smaller scale. Both tested tolerant varieties showed no or only small reproduction rates under high initial nematode populations. On the other hand low initial populations could triple nematode populations. Nematode reproduction in the subsoil was comparable to the topsoil. It is known from literature, that there might be a yield loss even under tolerant varieties, which is far below susceptible varieties. In order to prevent yield loss, cultivation of tolerant sugar beet varieties are advisable wherever nematode damage has to be expected.

REPRODUCTION DE NEMATODES SUR DES VARIETES DE BETTERAVES SUCRIERES DE RESISTANCE ET TOLERANCE DIFFERENTES

RESUME

Avec les variétés de betteraves sucrières tolérantes ou résistantes aux nématodes, les cultivateurs offrent une autre option pour assurer le rendement et pour lutter contre les nématodes de la betterave sucrière (*Heterodera schachtii*). Pourtant, on ne sait pas beaucoup sur la manière dont la culture d'une variété tolérante ou résistante aux nématodes influence la population nématode en comparaison avec la culture d'une variété sensible; en particulier dans les couches inférieures du sol. Dans ce qui suit, il sera question d'illustrer les résultats d'une série d'expérimentations de plusieurs années à l'aide des résultats annuels. Pour ce faire, on a commencé en 2010 des expériences sur 5 sites avec une variété sensible, deux variétés tolérantes et deux résistantes. Immédiatement après le semis et après la récolte, on a pris des échantillons de sol (profondeur : 0-30cm et 30-60cm) qui ont été analysés selon les méthodes Acetox et PCR. On a vu que la variété sensible avait clairement reproduit les nématodes sur tous les sites et dans les deux couches du sol. Lors de ce processus, le taux de reproduction dépendait toujours de l'infestation initiale avec des nématodes. Généralement, le plus bas était le degré d'infestation initiale, la plus grande était la reproduction. Les variétés résistantes diminuaient très visiblement le nombre de nématodes indépendamment du site et de l'infestation initiale. Pourtant, le rendement des deux variétés était comparable à la variété sensible, même sous conditions d'infestation. Le taux de reproduction des variétés tolérantes était en forte corrélation avec l'infestation initiale, ce qui était similaire à la variété sensible. Si le degré d'infestation initiale était haut, les deux variétés tolérantes ne montraient pas ou peu de caractéristiques de reproduction. Au contraire, si le degré d'infestation initiale était très bas, les variétés tolérantes étaient bien capables de tripler la population nématode. La reproduction dans les couches inférieures du sol a lieu en fonction du site dans une hauteur comparable à la couche supérieure du sol (l'horizon éluvial). Ainsi, on obtient un grand potentiel d'infestation avec nématodes dans peu de temps si on emploie des variétés non-

tolérantes. La littérature spécialisée nous informe que des variétés tolérantes, elles aussi, peuvent souffrir des nématodes et y réagissent avec une diminution du rendement – même si plus faiblement que les variétés non-tolérantes. Par conséquent, afin de garantir le rendement, l'emploi suffi-samment tôt des variétés tolérantes est à recommander, si on peut s'attendre à une reproduction forte des nématodes due à la culture des variétés non-tolérantes. Les résultats présents montrent que l'emploi des variétés tolérantes, comparé à la culture des variétés sensibles, mène à une forte augmentation de rendements sur des sites qui sont infestés de nématodes. Pourtant, cet emploi ne sera pas la dernière mesure dans la lutte contre les nématodes.

NEMATODENVERMEHRUNG BEI ZUCKERRÜBENSORTEN MIT UNTERSCHIEDLICHER RESISTENZ UND TOLERANZ

KURZFASSUNG

Mit den nematodentoleranten und -resistenten Zuckerrübensorten liefern die Züchter eine weitere Option zur Ertragssicherung bzw. Bekämpfung von Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*). Allerdings ist nicht viel darüber bekannt, wie sich der Anbau einer nematodentoleranten oder -resistenten Sorte auf die Nematodenpopulation im Vergleich zum Anbau einer anfälligen Sorte insbesondere im Unterboden auswirkt. Um dies herauszufinden, wurden im Jahr 2010 an 5 Standorten Versuche mit einer anfälligen, zwei nematodentoleranten und zwei nematodenresistenten Sorten angelegt und nach der Aussaat sowie direkt nach der Ernte Bodenproben (in 0-30 cm und 30-60 cm) gezogen und sowohl mittels Schlupf-Test (Acetox-Methode) als auch mit PCR analysiert. Es zeigte sich, dass die anfällige Sorte auf allen Standorten und in beiden Bodenschichten die Nematoden deutlich vermehrte. Dabei war die Vermehrungsrate stets abhängig vom Ausgangsbefall. Je niedriger der Ausgangsbefall, desto größer war in der Regel auch die Vermehrung. Die resistenten Sorten verringerten die Zahl der Nematoden unabhängig von Standort und Ausgangsbesatz sehr deutlich. Allerdings lagen die Erträge der beiden Sorten auch unter Befallsbedingungen im Bereich der anfälligen Sorte. Die Vermehrungsraten der toleranten Sorten korrelierten, ähnlich wie die der anfälligen Sorte, stark mit dem Ausgangsbefall durch Nematoden. Bei relativ hohem Ausgangsbesatz zeigten die beiden toleranten Sorten keine bzw. geringe Vermehrungseigenschaften. Bei sehr geringem Anfangsbefall waren die nematodentoleranten Sorten jedoch durchaus in der Lage, die Nematodenpopulation zu verdreifachen. Die Vermehrung im Unterboden findet je nach Standort in vergleichbarer Höhe wie im Oberboden statt. Damit wird ein hohes Potential an Nematodenbesatz in kurzer Zeit beim Einsatz nichttoleranter Sorten erreicht. In der Literatur wurde bereits berichtet, dass auch tolerante Sorten durchaus unter Nematoden leiden und darauf – wenn auch in geringerem Ausmaß als nichttolerante Sorten – mit Ertragseinbußen reagieren. Somit ist aus Gründen der Ertragssicherung der frühzeitige Einsatz nematodentoleranter Sorten zu empfehlen, sofern zu erwarten ist, dass durch den Anbau nichttoleranter Sorten eine starke Vermehrung der Nematoden erfolgt. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz toleranter Sorten im Vergleich zum Anbau anfälliger Sorten große Ertragssteigerungen auf Standorten mit Nematodenbefall bewirkt, jedoch nicht der abschließende Schritt in der Nematodenbekämpfung sein wird.

EINLEITUNG

Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) sind in den typischen Zuckerrübenanbaugebieten ein zentrales Problem. Die Nematoden verursachen zum Teil erhebliche Ertragseinbußen, können als Zysten im Boden über Jahre überdauern und somit dauerhaft den Ertrag gefährden. Besonders betroffen sind Flächen mit einer engen Fruchtfolge. Durch die Einführung nematoden-toleranter und -resistenter Zuckerrübensorten lieferten die Züchter eine Option zur Ertragssicherung unter Nematodenbefall. Allerdings ist wenig darüber bekannt, welchen Einfluss diese Sortentypen auf die Populationsentwicklung von *H. schachtii* im Ober- und Unterboden nehmen. Ergebnisse dazu soll eine 2010 gestartete mehrjährige Versuchsserie liefern, die im Rahmen des „Gemeinschaftsprojektes zur Erhaltung und Förderung eines zukunftsfähigen Zuckerrübenanbaus in Rheinland-Pfalz“ des Verbandes der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., dem Dienstleistungszentrum Ländlicher

Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück und der Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, durchgeführt wird.

MATERIAL UND METHODEN

Versuchsanlage

Die Versuche wurden 2010 auf fünf und 2011 auf sechs Standorten in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg als randomisierte Blockanlage (lateinisches Rechteck) mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug jeweils 10 m². Die Aussaat erfolgt auf allen Standorten Ende März/Anfang April und die Ernte jeweils im Oktober. Geprüft wurden eine nematodenanfällige Sorte, zwei nematodentolerante Sorten (Adrianna KWS und Pauletta) und zwei nematodenresistente Sorten (Nemata und Sanetta). Die Parzellen wurden jeweils nach der Aussaat und nach der Ernte mit 10-15 Einstichen pro Parzelle in 0-30 cm Tiefe beprobt. Zusätzlich wurde bei der anfälligen Sorte, Adrianna KWS und Nemata Proben in 30-60 cm Tiefe gezogen, um die Populationsentwicklung bei jedem Sortentyp auch im Unterboden beurteilen zu können. Zudem wurde jede Parzelle einzeln beerntet, um die Erträge und Qualität ermitteln zu können. Die Probenaufbereitung und Analyse erfolgte in der Zuckerfabrik Ochsenfurt.

Diagnostik

Die Analyse der gezogenen Bodenproben erfolgte mit dem Acetox-Verfahren (Schlupf-Test) und anschließendem Auszählen der L₂-Larven. Zur Absicherung der Ergebnisse wurde zusätzlich eine semiquantitative PCR durchgeführt.

Acetox-Verfahren

Das angewendete Acetox-Verfahren wurde in Anlehnung an die von ARNDT et al. (2000) beschriebene Methode modifiziert und durchgeführt. Beim Acetox-Verfahren löst das Acetox-ethylhexa-dien (kurz: Acetox), welches der Bodenprobe beigemischt wird, einen Schlupfreiz auf *H. schachtii* aus. Zunächst wird die gezogene Bodenprobe konditioniert. Dazu werden Steine und Pflanzenreste entfernt und der Boden gekrümelt. Sehr nasse Proben werden luftgetrocknet, da sie sonst nicht krümfähig sind. Voraussetzung für die Anwendung des Acetox-Verfahrens ist ein optimales Verhältnis von Wasser- zu Luftgehalt des Bodens, um eine bestmögliche gasförmige Verteilung des Acetox zu gewährleisten. Von jeder Bodenprobe werden 500 g Boden in einen Gefrierbeutel eingewogen, mit 0,5 ml Acetox behandelt und für drei Tage in einem Thermoschrank bei konstant 26 °C inkubiert. Anschließend werden 2 x 150 g (A- und B-Probe) der behandelten Erde auf zwei modifizierte Baermanntrichter gegeben, die jeweils mit zwei Milchfiltern ausgelegt sind und mit Wasser angestaut werden. Nach drei Tagen werden die L₂-Larven, die durch die Filter gewandert sind, ausgezählt. Die Auszählung erfolgt als Aliquot (3 x 1 ml Larvensuspension) mit Hilfe einer Zählkammer (Volumen 1 ml) unter dem Mikroskop bei einer 40-fachen Vergrößerung. Da die L₂-Larven verschiedener Heterodera-Arten optisch nur schwer zu differenzieren sind, besteht die Gefahr einer Verwechslung mit z.B. *Heterodera avenae*. Daher wurde die vorhandene Larvensuspension zusätzlich noch mit einer semiquantitativen PCR untersucht. Abschließend wurde der Vermehrungsfaktor (Pf/Pi) berechnet, der als Indikator für die Vermehrungsrate dient. Er stellt das Verhältnis der Ausgangs- zur Endpopulation dar, wobei ein Pf/Pi > 1 eine Zunahme, ein Pf/Pi < 1 eine Abnahme der Nematodenpopulation im Boden signalisiert.

PCR-Analytik

Zusätzlich zur Zählung der Larven am Mikroskop wurde zum Nachweis von *H. schachtii* eine PCR durchgeführt. Es handelt sich hierbei um ein Verfahren, welches nur die DNA einer bestimmten Art detektiert, in diesem Fall nur die von *H. schachtii*. Während bei der Zählung die morphologische Ähnlichkeit verschiedener Nematodenarten eine mögliche Fehlerquelle darstellt (in diesem Fall die Verwechslung mit *Heterodera avenae*), kann bei der molekularbiologischen Untersuchung eine derartige Verwechslung ausgeschlossen werden. Um zusätzlich zur qualitativen Artbestimmung auch eine quantitative Aussage treffen zu können, wird eine sogenannte semiquantitative PCR durchgeführt. Hierbei bedeutet semiquantitativ, dass das Ergebnis keinen Absolutwert darstellt, sondern eine Einordnung in Befallsklassen erlaubt. Bei jeder PCR werden sechs Referenzproben mitgeführt. Diese wurden aus einem Standard mit einer bekannten Larvenanzahl (1000 Larven) durch entsprechende Verdünnung hergestellt. Die so entstandenen Referenzproben enthalten die DNA von umgerechnet 300, 75, 39, 19, 9 und 5 Larven. Die PCR erfolgt mit Hilfe der Primer ITS1-f40* (Sequenz 5'-CCC TGT TGG GCT AGC GTT-3') und ITS1-r380* (Sequenz 5'-CAT CCC CAG TCA GTG TGT TAT GTG -3'). Beide Primer amplifizieren eine DNA-Sequenz von 351 bp Länge, wobei die

quantitativen Unterschiede zwischen den Proben erhalten bleiben. Das PCR-Produkt wird anschließend zur Gelelektrophorese auf ein Agarosegel aufgetragen und 40 min unter 110 V Spannung aufgetrennt. Die resultierenden Banden der Referenzproben zeigen eine Abstufung in ihrer Bandenstärke (siehe Abbildung1). Die Quantifizierung der Proben erfolgt visuell durch den Vergleich der Bandenstärken mit den Referenzproben. Die absolute Larvenanzahl aus einer Probe kann auf den Larvenbesatz in 100 g Boden umgerechnet werden. Es ergeben sich aus der Larvenanzahl der sechs Referenzproben folgende Werte: >1500 Larven/100 g Boden; 1500 Larven/100 g Boden; 750 Larven/100 g Boden; 375 Larven/100 g Boden; 188 Larven/100 g Boden; 94 Larven/100 g Boden.

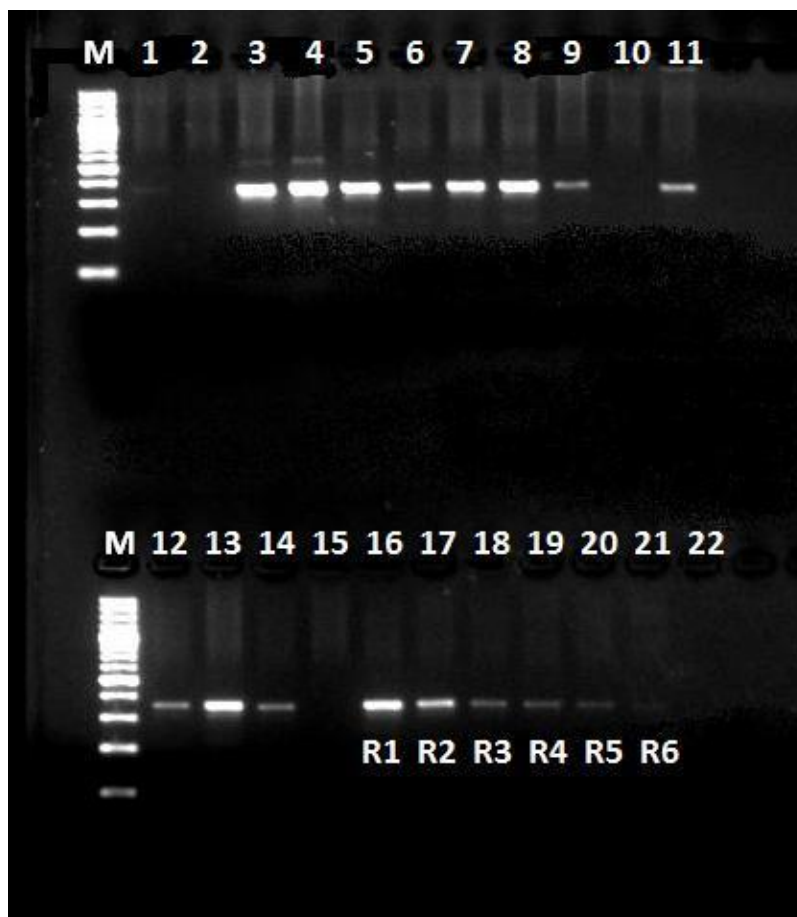


Abbildung 1: PCR-Ergebnisse: M=Marker (100 bp Plus Ladder); 1-14: DNA aus Bodenproben; 15: H₂O-Kontrolle DNA-Extraktion; 16-21: Referenzproben R1-R6; H₂O-Kontrolle PCR.

Figure 1: PCR results: M=Marker (100 bp Plus Ladder); 1-14: DNA of the samples; 15: H₂O-control of the DNA-Extraction; 16-21: references R1-R6; H₂O-control of the PCR.

Figure 1: Les Résultats de la PCR: M=Marker (100 bp Plus Ladder); 1-14: L'ADN d'échantillons; 15: contrôl H₂O de l'extraction ADN; 16-21: les échantillons de référence R1-R6; contrôl H₂O de la PCR.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass die anfällige Sorte auf allen Standorten und in beiden Bodenschichten die Nematoden deutlich vermehrte. Dabei war die Vermehrungsrate stets abhängig vom Ausgangsbefall. Je niedriger der Ausgangsbefall, desto größer war die Vermehrung. Diese Beobachtung konnte sowohl in der Bodenschicht 0-30 cm als auch in 30-60 cm Tiefe gemacht werden. Auf dem Standort mit dem geringsten Ausgangsbefall in 0-30 cm stieg die Nematodenzahl von 440 Larven/100 g Boden um das Sechsfache auf 2400 Larven/100 g Boden explosionsartig an, während sich die Nematoden auf der Fläche mit dem höchsten Ausgangsbesatz in 0-30 cm nur verdreifachen konnten.

Die resistenten Sorten verringerten den Nematodenbesatz unabhängig von Standort und Ausgangsbefall sehr deutlich. Allerdings lagen die Erträge der beiden Sorten unter Befallsbedingungen im Bereich der anfälligen Sorte. Sie sind deshalb aus wirtschaftlicher Sicht für den Landwirt derzeit uninteressant. Zudem besteht bei den resistenten Sorten die Gefahr der Resistenzbrechung, da ein großer Selektionsdruck auf die Nematoden ausgeübt wird.

Die Vermehrungsraten der nematodentoleranten Sorten korrelierten, ähnlich wie die der anfälligen Sorten, stark mit dem Ausgangsbesatz an Nematoden. Bei relativ hohem Ausgangsbesatz zeigten die beiden toleranten Sorten keine bzw. sehr geringe Vermehrungseigenschaften. Bei sehr geringem Ausgangsbefall waren sie aber durchaus in der Lage die Nematodenpopulation zu verdreifachen. Unterschiede bei der Wirkung auf die Nematodenpopulation zwischen den toleranten Sorten sind bisher als zufällig zu beurteilen. Hier müssen weitere Untersuchungen mit den verschiedenen Genotypen durchgeführt werden, um die Leistungsstärke beurteilen zu können.

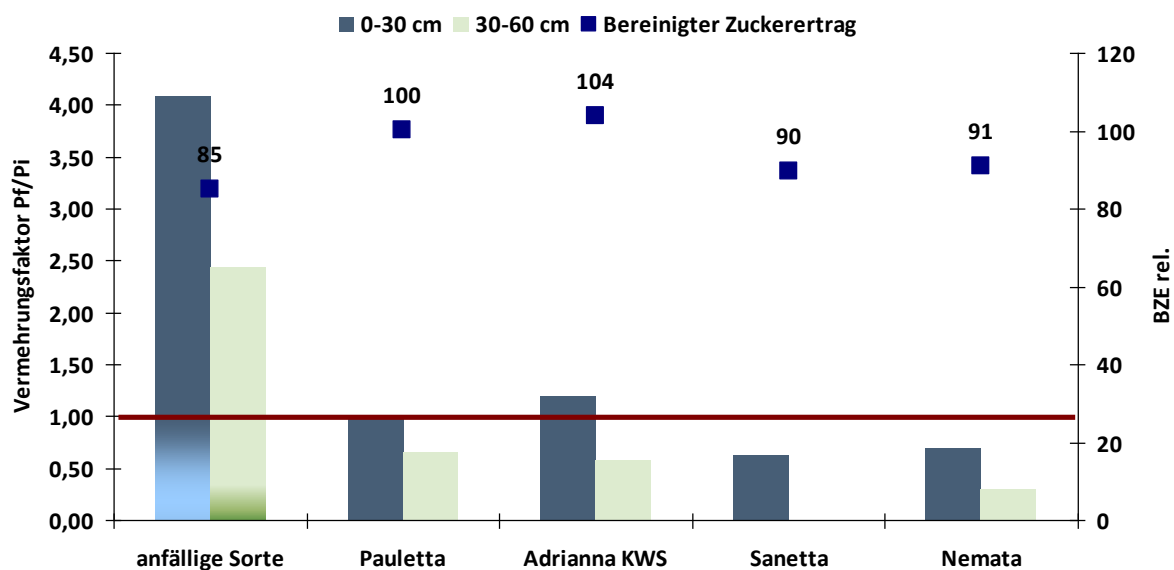


Abbildung 2: Durchschnittliche Vermehrungsrate (Pf/Pi) von *H. schachtii* für die Versuchsjahre 2010 und 2011 der fünf getesteten Sorten in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe. Zusätzlich ist der durchschnittliche bereinigte Zuckerertrag aus 2010 und 2011 als Maß für die Ertragsleistung der einzelnen Sorten abgebildet.

Figure 2: Average of the reproduction rate (Pf/Pii) of *H. schachtii* for the years 2010 and 2011 of the five tested varieties in 0-30 cm and 30-60 cm depth. Additionally the average of the adjusted sugar yield is diagrammed to show the yield performance of the different varieties.

Figure 2: Taux moyen d'augmentation (Pf/Pi) de *H. schachtii* pour les années d'essai 2010 et 2011 des cinq variétés testées en 0-30 cm et 30-60 cm de profondeur. En outre, le rendement moyen ajusté du sucre est imagé comme une mesure de redement des performances de chaque variété.

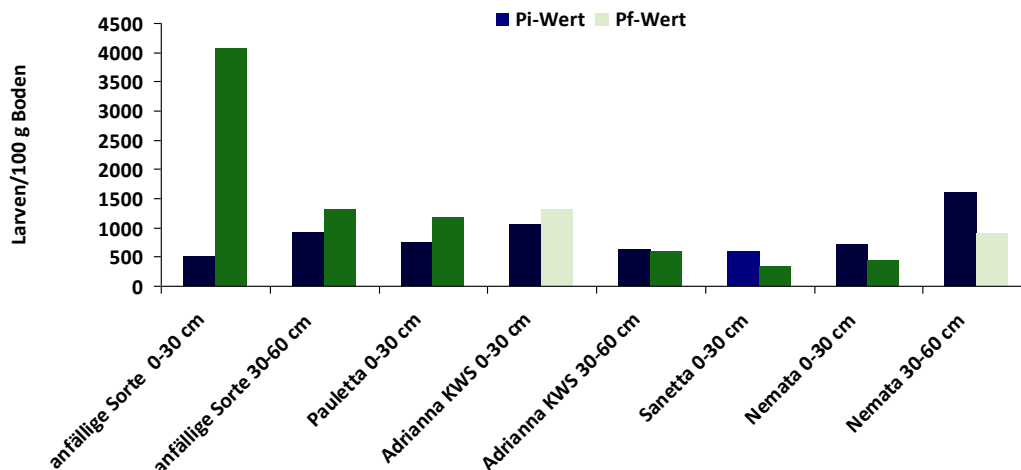


Abbildung 3: Population von *H. schachtii* nach der Aussaat und nach der Ernte am Standort Ingersheim 2010 mit einem mittleren Ausgangsbesatz von 830 Larven/100 g Boden. Hier zeigte sich die zu erwartende Populationsdynamik. Die anfällige Sorte vermehrte in 0-30 cm Tiefe die Nematoden sehr stark, die toleranten Sorten zeigten eine geringe Vermehrung und die resistenten Sorten reduzierten den Besatz deutlich.

Figure 2: Population of *H. schachtii* after sowing and after the harvest on the site in Ingersheim (2010) with a medium-sized initial infestation of 830 Larvae/100 g soil. This site showed the expected population dynamics. The susceptible varieties increased the nematodes very strong in 0-30 cm depth, the tolerant varieties showed a slight increase and the resistant varieties reduced the stocking significantly.

Figure 2: Population de *H. schachtii* après le semis et après la récolte sur le site en Ingersheim (2010) avec une moyenne infestation initiale de 830 larves/100 g de sol. Il a montré la dynamique de la population qui a été attendu. Les variétés sensibles ont augmenté les nématodes très forts dans 0-30 cm de profondeur. Les variétés tolérantes ont montré une légère augmentation et les variétés résistantes a réduit significativement le stockage.

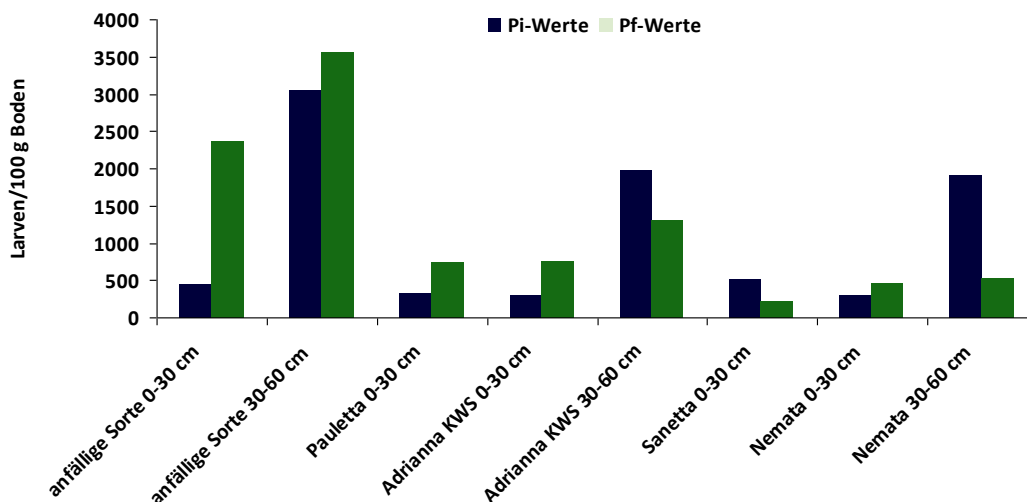


Abbildung 4: Population von *H. schachtii* nach der Aussaat und nach der Ernte am Standort Monsheim 2010 mit einem geringen Ausgangsbesatz in 0-30 cm (\emptyset 370 Larven/100 g Boden) und einem hohen Ausgangsbesatz in 30-60 cm (\emptyset 2300 Larven/100 g Boden).

Figure 4: Population of *H. schachtii* after sowing and after the harvest on the site in Monsheim (2010) with a low initial infestation in 0-30 cm depth (\emptyset 370 Larvae/100 g soil) and a high initial infestation in 30-60 cm depth (\emptyset 2300 Larvae/100 g soil).

Figure 4: Population de *H. schachtii* après le semis et après la récolte sur le site en Monsheim (2010) avec une bas infestation initiale en 0-30 cm profondeur (\emptyset 370 larves/100 g de sol) et une haute infestation initiale en 30-60 cm profondeur (\emptyset 2300 larves/100 g de sol).

SCHLUSSFOLGERUNG

Der Einsatz nematodentoleranter Sorten kann auf Standorten mit Nematodenbefall große Ertragssteigerungen bewirken. Allerdings ist der Anbau einer nematodentoleranten Sorte nicht der abschließende Schritt in der Nematodenbekämpfung, da diese Sorten die Nematodenpopulation nicht reduzieren. Deshalb muss *H. schachtii* auch weiterhin in der Fruchtfolge bekämpft werden. Hier kommt vor allem dem Unkrautmanagement eine große Bedeutung zu, denn viele Problemunkräuter in Rübenfruchtfolgen (bspw. Melde, Amaranth, Gänsefußarten) dienen den Nematoden sonst als Wirtspflanze. Durch den Einsatz von resistenten Sorten kann die Nematodenpopulation deutlich reduziert werden. Allerdings zeigten diese Sorten sehr schlechte Ertragsleistungen und sind damit für die Landwirte derzeit nicht von Bedeutung. Auch die Gefahr der Resistenzbrechung spricht gegen den Einsatz der resistenten Sorten. Zur gezielten Nematodenbekämpfung sollten weiterhin resistente Zwischenfrüchte wie Ölrettich oder Gelbsenf zum Einsatz kommen. Der Anbau einer anfälligen Sorte kann ausschließlich für Nichtbefallsflächen empfohlen werden, da gerade bei geringem Ausgangsbesatz enorme Vermehrungsraten und damit einhergehend große Ertragseinbußen zu erwarten sind.

REFERENZEN

- 1 ARNDT, M., GROßE, E., MÜLLER, J.: Ist der Schlupftest mit Acetox-Lösung zum quantitativen Nachweis von Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) als Routinetest geeignet? Gesunde Pflanze, Band 52, Heft 7-8, 234-239, 2000.

8.6 GERHARD SIGL¹, GERNOT BODNER², FLORIAN GRUNDLER²

¹Zuckerforschung Tulln, Josef-Reither-Str. 21-23, A – 3430 Tulln

²Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Str. 33, A – 1180 Wien

Original language: German

ARE NEMATODE TOLERANT VARIETIES DROUGHT TOLERANT TOO?

ABSTRACT

The widespread use of nematode tolerant varieties leads to the question, whether these varieties bring along a certain amount of drought tolerance due to the genetic background of wild beet type (*B. maritima*) causing nematode tolerance.

Therefore a greenhouse trial was set up with two nematode tolerant and one nematode susceptible variety. The beets were sown in buckets filled with sand. Later on, differentiation into a wet and a dry water regime was set up. Each combination was replicated ten times.

Stomatal conductance was used for assessment of drought stress. The two water regimes as well as the varieties expressed differences. Nevertheless, nematode tolerant varieties did not show any remarkable advantage.

Under the «wet» water regime the nematode susceptible variety yielded highest. The «dry» water regime brought less differentiation of the varieties for yield. In the comparison of «wet to dry» regime, reduction in yield was highest for the susceptible variety.

Genotype by environment interaction exists, but it is not restricted to the factor of nematode tolerance. Based on the obtained results it cannot be concluded that investigated nematode tolerant varieties are drought tolerant too.

LES VARIETES RESISTANTES AUX NEMATODES LE SONT-ELLES EGALEMENT A LA SECHERESSE ?

RESUME

Le large emploi de variétés tolérantes aux nématodes pose la question de savoir si le fait qu'elles soient apparentées aux betteraves sauvages (*B. maritima*) apporte dans une certaine mesure une meilleure tolérance à la sécheresse.

Pour y répondre, il a été mis en place une expérimentation sous serre étudiant deux variétés résistantes et une variété sensible aux nématodes. Les betteraves furent semées dans des pots remplis de sable. Puis deux régimes hydriques distincts furent appliqués, l'un sec, l'autre humide. Chaque combinaison fut répliquée dix fois.

La conductance stomatique a été mesurée pour déterminer le stress hydrique. Il a alors été observé aussi bien une différenciation parmi les régimes hydriques que parmi les variétés. Cependant, prises ensemble, les variétés tolérantes aux nématodes ne présentèrent pas d'avantage notable.

Sous le régime «humide», c'est la variété sensible qui atteignit le rendement le plus élevé. Dans le système conduit sous régime «sec», la différenciation du rendement entre les différentes variétés fut plus faible. Si l'on compare le passage d'un régime humide à sec, la perte de rendement la plus forte touche les variétés non tolérantes aux nématodes.

Il existe une interaction génotype-environnement, mais elle ne repose pas uniquement sur le facteur de tolérance aux nématodes. En raison des résultats obtenus à l'issue de cette étude, il n'est pas possible de conclure que les variétés actuellement employées pour leur résistance aux nématodes bénéficient aussi d'une tolérance particulière à la sécheresse.

SIND NEMATODENTOLERANTE SORTEN AUCH TOLERANT GEGENÜBER TROCKENHEIT?

KURZFASSUNG

Der verbreitete Einsatz von nematodentoleranten Sorten wirft die Frage auf, ob diese Sorten durch die Einkreuzung der Nematodentoleranz aus Wildrüben (*B. maritima*) auch ein gewisses Maß an erhöhter Trockentoleranz mitbringen.

Zu diesem Thema wurde ein Glashausversuch mit zwei nematodentoleranten Sorten und einer anfälligen Sorte konzipiert. Die Rüben wurden in mit Sand befüllten Behältern ausgesät. Anschließend erfolgte eine Differenzierung in ein feucht- sowie in ein trockengeführtes Wasserregime. Jede Variante wurde in zehnfacher Wiederholung angelegt.

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde zur Beurteilung des Trockenstresses gemessen. Es konnte eine Differenzierung der Feuchtigkeitsregime, aber auch der Sorten beobachtet werden. Die nematodentoleranten Sorten zeigten keinen erkennbaren Vorteil.

Unter „feuchtem“ Regime erzielte die anfällige Sorte den höchsten Ertrag. In der „trocken geführten“ Variante war die ertragliche Differenzierung zwischen den Sorten geringer. Im Vergleich „feuchter zu trockener“ Variante war der Ertragsrückgang der nicht nematodentoleranten Sorte am stärksten.

Eine Genotyp-Umwelt-Interaktion ist vorhanden, jedoch nicht auf den Faktor Nematodentoleranz beschränkt. Aufgrund der erzielten Ergebnisse kann nicht geschlossen werden, dass die eingesetzten nematodentoleranten Sorten auch Trockentoleranz mitbringen.

INTRODUCTION

The beet cyst nematode *Heterodera schachtii* is the economically most important harmful nematode in sugar beet production (SCHLANG, 1997). *H.s.* can be found in almost all intensive beet production areas in Europe, as well as in the Middle East, in North America and Australia (BÜRCKY, 2004). The occurrence of nematodes can be observed in a lot of sites in Austria also. The economic threshold level is not exceeded in all these observations. Remedy is given by a lot of possibilities typically using nematode-resistant intercrops, widening of crop rotation, earlier sowing or using nematode-tolerant varieties. The most important basis of a farmer's decision-making is the knowledge of the infection level within a field.

Especially in the last five to ten years nematode-tolerant varieties became popular. Origins of these varieties are cross-breeds of *Beta vulgaris* and wild beet types like *B.maritima*. Nematode-tolerant varieties show a reduced susceptibility against *H. schachtii*. Due to this genetic background the question arises whether these varieties bring about a certain amount of drought tolerance.

MATERIALS AND METHODS



Figure 1: SC-1 Leaf Porometer

A green house trial was set up with two nematode tolerant (tol1, tol2) and one nematode susceptible (sus) varieties in 2010. The beets were sown in buckets filled with sand. Later on, differentiation into a "wet" and a "dry" water regime was set up. Each combination was replicated ten times. Starting with eight per bucket, seedlings were thinned out into only one plant. Water supply was assessed by gypsum-blocks.

Plants were harvested in December and separated into root and leaves. Until harvest the plants developed approximately 10 to 14 leaves. Next to these "yield" parameters the stomatal conductance was measured for assessment of drought stress. The lower the stomatal conductance, the less the stomata are opened, which implies reduced water availability or adverse water efficiency. Measurement was performed with a SC-1 Leaf Porometer produced by "Decagon Devices" (Figure 1). A leaf porometer measures the stomatal conductance of leaves by putting the conductance of the leaf in series with two

known conductance elements. By measuring the humidity difference across one of the known conductance elements, the water vapor flux is known. The conductance of the leaf can be calculated from these variables (Decagon Devices, 2011). The stomatal conductance was first determined on different sugar beet plants from a bucket. After thinning two leaves of the remaining plant were chosen and taken constantly for the measurements during the rest of the vegetation period.

Statistics were accomplished with SAS 9.2, whereby a mixed model was assumed. Data were used as absolute values. Tables are illustrated as relative values in comparison to the susceptible variety under wet conditions.

RESULTS AND DISCUSSION

The first two measurements – taking different plants into account – report no significant differences. Contrarily, after thinning to only one plant, the two water regimes as well as the varieties expressed significant differences. Nevertheless, nematode tolerant varieties did not show any remarkable advantage. The variety tol1 shows in both plots (Figure 2) a steeper decrease in the stomatal conductance under “dry” conditions.

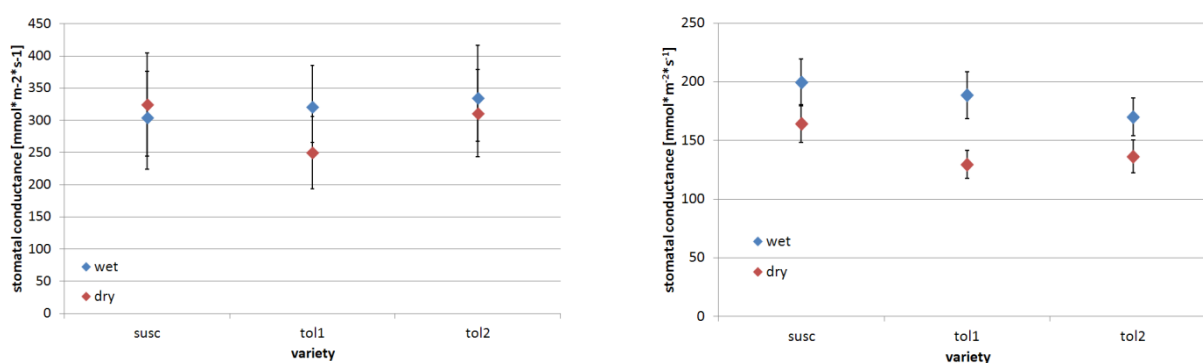


Figure 2: Stomatal conductance by variety, green house trial 2010, left side: first two measurements on different plants, right side: singled plant for the rest of the vegetation period

Under the “wet” regime the nematode tolerant variety 1 (tol1) yielded highest in root fresh weight (Table 1) compared to the second tolerant as well as the susceptible variety. In contrary, the “dry” water regime brought less differentiation between the varieties for root fresh weight. Comparing “wet to dry” regime, the reduction in yield was highest for variety tol1. While the main effects of water regime and variety are significant, there is no significant interaction reported. Thus means, that the observed trend of a higher reduction in yield between “wet to dry” is random in the case of variety tol1. Similar effects, although insignificant, can be seen for leaf fresh weight.

Table 1: Fresh weight of root and leaf, relative to the susceptible variety under wet conditions (100%)

root fresh weight relative			leaf fresh weight relative		
variety	wet	dry	variety	wet	dry
susc	100.0	59.9	susc	100.0	77.9
tol1	106.1	60.5	tol1	93.0	72.3
tol2	86.9	51.7	tol2	98.0	59.7

CONCLUSION

Differences were found in root fresh weight under wet conditions, but nematode tolerant varieties did not show an advantage in general. Under dry conditions differences became indistinct. Only slight differences in weight reduction (although insignificant) can be observed.

As mentioned in Pidgeon *et al.* (2006) a genotype by environment interaction exists, but it is not restricted to the factor of nematode tolerance. Based on the obtained results it cannot be concluded that the investigated nematode tolerant varieties are drought tolerant also. For further investigations field trials under drought conditions might be interesting to investigate results on a large scale.

REFERENCES

- 1 BÜRCKY, K.: *Heterodera schachtii* – der Rübennematode. *Beilage zur dzz, Die Zuckerrüben Zeitung* (37), 1-11, 2004.
- 2 Decagon Devices: Leaf Porometer, Operator's Manual, Version 9, 2011.
- 3 PIDGEON, J.D., OBER, E.S., QI, A., CLARK, C.J.A., ROYAL, A., JAGGARD, K.W.: Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. *Field Crops Research* (95), 268-279, 2006.
- 4 SCHLANG, J.: Neue Strategien zur biologischen Bekämpfung von *Heterodera schachtii*. *Proceedings of the 60th IIRB Congress*, 229-242, 1997.