

Der Einfluss von Bodenbearbeitungs- und Saatverfahren auf den Zuckerrübenanbau unter den klimatischen Bedingungen Litauens

Egidijus Šarauskis*, Frauke Godlinski**, Antanas Sakalauskas*, Mathias Schlegel***, Norbert Kanswohl***, Kęstutis Romaneckas****, Algirdas Jasinskas* und Vytautas Pilipavičius*****

Zusammenfassung

Fortschreitende Globalisierung erfordert die Erzeugung von qualitativ hochwertigen landwirtschaftlichen Produkten unter ökologischen als auch ökonomischen Gesichtspunkten. Um die Auswirkungen unterschiedlicher Bearbeitungsverfahren auf die Bodeneigenschaften sowie pflanzenbauliche und ökonomische Parameter der Zuckerrübenproduktion zu untersuchen, wurden in Litauen von 2005 bis 2007 auf leichten Lehmböden Feldversuche durchgeführt. Die vier Zuckerrübenanbausysteme Direktsaat, Mulchsaat-Kreiselegge, Mulchsaat-Fräse und konventionelle Saat wurden miteinander verglichen. Zur Ermittlung der Arbeitsqualität zweier Säschar, traditionelles Schleppschar und experimentelle Zweischeiben-Schleppscharkombination, wurden Laborversuche unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und der Strohaufgabe durchgeführt. Für die ökonomische Beurteilung wurde der Energiebedarf, der Kraftstoffverbrauch und die Arbeitszeit in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitungs- und dem Aussaatverfahren ermittelt. Die Ergebnisse zeigten, dass auch in Litauen mit Mulchsaat nahezu gleichwertige Ergebnisse wie mit konventioneller Saat erzielt werden können. Die besten Ergebnisse zu der Anzahl aufgegangener Pflanzen und zu den Rübenerträgen mit bis zu 79,1 t ha⁻¹ konnten in jenen Varianten festgestellt werden, in denen der Boden mit der Kreiselegge oder mit der Fräse bearbeitet wurden. Bei konventioneller Saat trat ein signifikant geringerer Wassergehalt des Bodens und eine höhere Bodenfestigkeit als nach einer Mulch- und Direktsaat auf. Der Energiebedarf bzw. Kraftstoffaufwand für die pfluglose Bodenbearbeitung und Aussaat ist im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung und Aussaat um 48 % bis 88 % verringert, so dass erhebliches Einsparungspotenzial im Bereich der Maschinenkosten vorliegt.

Schlüsselwörter: Konservierende Bodenbearbeitung, Hackfrucht, Säschar, Energetische Bewertung

* Lithuanian University of Agriculture, Department of Agricultural Machinery, Studentu 15 A, LT-53361 Akademija, Kauno R., Lithuania, egidijus.sarauskis@lzuu.lt

** Julius Kühn Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Crop and Soil Science, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

*** University of Rostock, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Farm Animal Sciences and Technology, Justus von Liebig Weg 8, 18059 Rostock, Germany, norbert.kanswohl@uni-rostock.de

**** Lithuanian University of Agriculture, Department of Soil Management, Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kauno R., Lithuania

Abstract

Effects of soil tillage and sowing systems on sugar beet production under the climatic conditions of Lithuania

As a result of the advancing globalisation high-quality agricultural products must be produced within ecological and economic parameters. In 2005 to 2007 field experiments on a light loam in central Lithuania were carried out, to determine the effects of four different soil tillage and sowing methods on soil parameters, sowing quality and the main sugar beet production parameters. The four sowing methods were direct drilling, mulch seeding after tillage with a rotovator, mulch seeding after tillage with a rotary harrow and conventional drilling. Additionally, laboratory experiments were carried out with traditional shoe coulters and experimental two discs and shoe coulters in a soil bin, considering soil conditions and the amount of straw on the soil surface. To assess the economic performance the power demand, fuel consumption and labour time were evaluated as a function of the different soil tillage and sowing methods. In Lithuania similar results can be obtained with mulch and conventional seeding. Best results in terms of the number of plants and beet yields up to 79.1 t ha⁻¹ were achieved using the rotary harrow or rotovator while sowing. In comparison to mulch and direct seeding, conventional seeding resulted in significantly lower soil water content and soil bulk density. Methods of soil preparation without ploughs and mulch and direct seeding resulted in 48 % and 88 % reduced both energy and fuel costs compared to conventional methods. This reveals scope for considerable savings in machine costs.

Keywords: Soil tillage, drilling, energetic evaluation

1 Einleitung

Die Erzeugung von qualitativ hochwertigen landwirtschaftlichen Produkten ist heute in Ländern der Europäischen Union notwendig und möglich. Aufgrund der global vernetzten Märkte unterliegt auch die litauische Landwirtschaft den Wettbewerbsbedingungen. Um die Produktqualität zu verbessern, müssen sich deswegen bestimmte Marktsegmente spezialisieren, wozu durchgreifende Rationalisierungsmaßnahmen erforderlich sind. Dabei sollen sowohl die Produktionskosten gesenkt als auch dauerhaft die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit gewährleistet werden.

Eine Maßnahme ist die pfluglose bzw. konservierende Bodenbearbeitung, die z. B. positive Auswirkungen auf das Betriebseinkommen durch die verminderte Anzahl an Arbeitsgängen hat (Freebairn et al., 1993; Becker, 1997; Brunotte et al., 2001; Linke, 2006). Neben dem verminderten Arbeitsaufwand und Kraftstoffverbrauch trägt die konservierende Bodenbearbeitung zur Verringerung der Bodenerosion bei, bewahrt die Bodenfeuchtigkeit und bewirkt durch steigende Humusgehalte eine verbesserte Bodenstruktur (Richard et al., 1995; Haberland, 1997; Šarauskis et al., 2002; Alvarez et al., 2009, Šarauskis et al., 2009a). Ebenso nimmt die biologische Aktivität und damit auch die Zahl der nützlichen Bodenlebewesen, besonders der Regenwürmer, zu (Epperlein et al., 1998). Durch die Bildung eines stabilen Grobporensystems mit hoher Porenkontinuität ist die Durchlüftung des Bodens gewährleistet (Haberland, 1997; Romanekas et al., 2004; Šarauskis, 2008). Im Vergleich zu gepflügten Flächen verdoppelt sich so die Wasserinfiltration und die oberflächlich abfließende Wassermenge verringert sich erheblich (Alvarez et al., 2009). Bei unbearbeiteten Böden kann die Bodenfeuchtigkeit bewahrt werden, was entsprechende Ausgaben für die Bodenvorbereitung spart. Im Fall einer konservierenden Bodenbearbeitung ist in der Bodentiefe von 0 bis 50 cm die gespeicherte Wassermenge substrat- und witterungsabhängig 1 bis 32 m³ ha⁻¹ größer als die, die im Boden nach einer konventionellen Bearbeitung vorliegt (Rusu et al., 2009). Zudem verhindern die Mulchschicht und die hohe Aggregatstabilität eine Verschlammung der Bodenoberfläche und bieten guten Erosionsschutz (Aina et al., 1991; Becker, 1997; Linke, 1998; Romanekas et al., 2009b). Linke (1998) benennt in seiner Arbeit gleichfalls die Vorteile der Direktsaat aber auch Nachteile. Besonders soll hier das häufigere Auftreten von Mäusen und Schnecken, aber auch der stärkere Unkrautdruck, besonders von Gräsern, hervorgehoben werden.

Beim Anbau von Zuckerrüben ist es wichtig, dass der Boden ein gutes, stabiles Gefüge aufweist, gut drainiert und frei von Bodenverdichtungen ist, da Rüben empfindlich auf Verdichtungen reagieren. In der Fruchtfolge steht

in Litauen die Zuckerrübe in der Regel nach dem Wintergetreide, wobei dessen Stroh und Stoppeln meist auf dem Feld verbleiben (Adamaviciene et al. 2009). Strohrückstände können sich bei pflugloser Bodenbearbeitung negativ auswirken, weil Stroh dazu neigt, sich entweder mit dem Boden an tiefer gelegenen Stellen zu vermengen oder es als stärkere Schicht auf dem Boden liegt. Eine Aussaat von Zuckerrübensamen zusammen mit Stroh, entweder beides im Boden vermischt oder auch auf der Bodenoberfläche, verringert die aufwachsende Biomasse signifikant um etwa 50 % im Vergleich zur Aussaat ohne Strohrückstände (Moris et al., 2009).

Aufgrund der klimatischen und bodenkundlichen Bedingungen sind die ackerbaulichen Standorte Litauens für den Zuckerrübenanbau geeignet. Das Land weist durchschnittlich 600 bis 750 mm Niederschlag im Jahr auf und hat mittlere Temperaturen zwischen 6,0 und 7,5 °C, im Juli durchschnittlich +17 °C, im Januar -6 °C. Jedes Jahr werden hier ungefähr 20.000 ha Zuckerrüben angebaut, wobei durchschnittliche Rübenenerträge von 40 t ha⁻¹, mit Zuckergehalten von 17,5 % erzielt werden (Statistical Yearbook, 2008). Dabei befinden sich die Mulch- und Direktsaatverfahren noch im Versuchsstadium.

Erfahrungen aus Deutschland und anderen Ländern Westeuropas ergaben auch bei Pflugverzicht hohe Erträge mit guter Qualität (Becker, 1997; Haberland, 1997; Romanekas et al., 2004). Eine langjährige Auswertung verschiedener Bodenbearbeitungsversuche in landwirtschaftlichen Großbetrieben in Süd- und Ostdeutschland zeigte, dass auch beim Zuckerrübenanbau mit konservierender, mulchender Bodenbearbeitung ein ähnlich hoher bereinigter Zuckerertrag wie bei der konventionellen Bearbeitung erzielt werden konnte (Dieckmann, 2009). Weitere Untersuchungen zum Einfluss der Bodeneigenschaften mit einer vergleichsweise flachen Bodenbearbeitung oder mit einer Frühjahrsfurche, wurden in Feldversuchen auf sandigen Böden im nördlichen Deutschland durchgeführt. Der Ertrag war mit Frühjahrsfurchenbestellung höher, der bereinigte Zuckerertrag um 8,4 % im Vergleich zur flachen Bodenbearbeitung größer (Krause et al., 2009).

Energetische Untersuchungen von drei verschiedenen Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnologien, konventionell, reduziert und konservierend, ergaben für die herkömmliche Bearbeitung und Aussaat Kraftstoffverbräuche zwischen 48 und 61 l ha⁻¹, während bei der reduzierten Bodenbearbeitung ohne Pflügen 1,5 bis 2 mal weniger Kraftstoff benötigt wurde (Filipovic et al., 2006). Somit ergeben sich ökonomische Vorteile der pfluglosen Bodenbearbeitungs- und Saatverfahren. Für die flache Bodenbearbeitung bei pflugloser Bestellung eignen sich zapfwellenangetriebene Geräte mit rotierenden Werkzeugen. Bodenbearbeitungsgeräte mit aktiv bewegten, über die Schlepperzapfwelle angetriebenen Werkzeuge (z. B. Bo-

denfräse, Kreiselegge), haben in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Besondere Vorteile zeigt ihr Einsatz auf trockenharten, feuchtklebenden, verdichteten, sehr tonhaltigen oder generell schwer bearbeitbaren Böden. Nach konventioneller Bodenbearbeitung sind die Härte und Dichte geringer als die pfluglos bearbeiteten Böden. Beim Direktsaatverfahren verbleibt das gesamte Stroh nach der Getreideernte auf dem Feld. Die Schare der Sämaschine haben die Aufgabe, die auf der Bodenoberfläche verbliebenen Ernterückstände zu durchtrennen, damit das Saatgut unter diese Schicht abgelegt werden kann. Wenn der Boden pfluglos bearbeitet wird, werden spezielle Sämaschinen benötigt (Linke, 1998; Šarauskis et al., 2009b). Mit umgerüsteten, konventionellen Einzelkornsämaschinen ist es in den meisten Fällen nicht möglich, eine befriedigende Saatgutablage zu erzielen (Linke, 1998).

Die Zielstellung des Beitrages besteht aus einer vergleichenden Analyse der deutschen Ergebnisse zur Eignung der konversierenden Saat, Mulch- und Direktsaat, wie sie in Literaturauswertungen vorliegen, und einem Feldversuch unter litauischen Bedingungen. Ferner sollen mit Hilfe energetischer Berechnungen die Wirtschaftlichkeit überprüft und schließlich der Einfluss der Scharformen auf die eingearbeitete Strohmenge in Saatbettbereich bestimmt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Vorversuche unter Laborbedingungen in der Hohenheimer Bodenrinnenhalle

Zur Untersuchung der Funktionseigenschaften der verschiedenen Säschare unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bodeneigenschaften und Strohaufgaben wurden Vorversuche an der Universität Hohenheim in der Bodenrinnenhalle durchgeführt. Die Bodenrinnenhalle ist eine Glashalle mit der eigentlichen Bodenrinne. Letztere hat eine Länge von 46 m, eine Breite von 5 m und eine Tiefe von 1,2 m. Der Boden besteht aus 72 % Sand, 16 % Schluff und 12 % Ton.

Eine Voraussetzung für vergleichbare Ergebnisse ist die reproduzierbare Vorbearbeitung des Bodens. Um den Einfluss der Scharform (Schleppschar und experimenteller Sächar) auf die eingearbeitete Strohmenge zu untersuchen wurden in der Bodenrinnenhalle zwei Varianten mit Kreiselegge, Planierschild und Glattwalze, welche jeweils an das Trägerfahrzeug gekoppelt wurden, durchgeführt. Bei der Variante I wurde der Boden mit Kreiselegge bearbeitet und zwei Mal mit der Glattwalze befahren, so dass die Bodenfestigkeit von durchschnittlich 0,40 MPa in der Tiefe von 30 mm ähnlich groß wie bei der Mulchsaatvariante in den Feldversuchen war. Bei der Variante II wurde der Boden sechs Mal mit der Glattwalze bearbeitet. Die

Bodenfestigkeit wies mit 0,89 MPa Werte auf wie bei der Direktsaat auf dem Feld. Die Bodenfestigkeit wurde mit einem Handpenetrometer ermittelt.

Nach der Vorbereitung des Bodens wurden zur Ermittlung der eingearbeiteten Strohengen in verschiedenen Tiefen mehrere Teilstücke der Bodenrinne (0,5 x 2,0 m) mit Stroh (5,0 t ha⁻¹) bedeckt und anschließend mit Säscharen überfahren.

Für die Ermittlung der Saatrillentiefe und der Menge des eingedrückten Strohs wurde ein Bodenobel eingesetzt. Mit ihm wurde ein Bodenstreifen von 1,0 m Länge, 0,1 m Breite und einer Schichtdicke von 10 mm im Bereich der Saatrille abgetragen. Der Hobelkasten wurde in einem durch Erdnägeln fixierten Rahmen auf der Oberfläche und in einer Tiefe von 10, 20 und 30 mm geführt. Dieses Verfahren wurde bereits von Breitfuss (1954) vorgestellt und von Linke (1998) erneuert und modifiziert. Alle Proben wurden 24 Stunden bei 105 °C getrocknet, das Stroh vom Boden getrennt und gewogen.

2.2 Beschreibung des Feldversuchs

Grundlage des Hauptversuchs war ein 3-jähriger Feldversuch auf der Forschungsstation der landwirtschaftlichen Universität Litauens, 8 km entfernt von Kaunas (54°53'31"N, 23°50'15"E). Der Feldversuch, genutzt zur Untersuchung verschiedener wissenschaftlicher Fragestellungen, wurde 2005 angelegt und bis 2007 mit der Fruchtfolge Winterweizen – Zuckerrüben – Sommerraps bewirtschaftet. Wichtig für die Untersuchung der vorliegenden Frage dieses Beitrages war die Vorfrucht Winterweizen. Die Verwendung von Sommerraps als nachfolgende Frucht ist dafür unwesentlich. Die Bodenart ist leichter Lehmboden (Hapogleyic Luvisol (Calcaric)) (FAO, 2006). Der Versuch wurde mit viermaliger Wiederholung auf 36 m² (Breite 4 m, Länge 9 m) großen Teilstücken durchgeführt. Für die Registrierung der Bodeneigenschaften, der Saattiefe, des Feldaufganges und des Zuckerrübenenertrages wurden Parzellen von 9 m² in der Mitte jedes Versuches gewählt.

Das Klima der Region ist subkontinental und kühl mit einer winterlichen Durchschnittstemperatur von -6 °C und einer sommerlichen Durchschnittstemperatur von 17 °C. Von Mai bis September schwanken die Höchsttemperaturen zwischen 14 °C und 22 °C, aber steigen von November bis März selten über 4 °C. Juli und August sind die heißesten aber auch die regenreichsten Monate. Die mittlere jährliche Temperatur betrug 7,6 °C (2005 – 7,0 °C, 2006 – 7,6 °C, 2007 – 8,1 °C). Im April 2005 während der Bodenbearbeitung konnte als höchste Temperatur 7,5 °C gemessen werden, während das Frühjahr 2006 mit 5,4 °C vergleichsweise kalt war. Die mittlere Jahresniederschlagssumme der Versuchsjahre in der Region Kaunas betrug 676 mm (2005 – 641 mm, 2006 – 649 mm, 2007

– 738 mm). Die Monatsniederschläge des Frühjahres (April bis Juni) 2005 beliefen sich auf 37,4 mm, während es im Jahr 2007 wesentlich trockener war mit 22,2 mm.

2.3 Beschreibung des Bodenbearbeitungs- und Säsystems

Nach der Ernte des Winterweizens wurde das Stoppelfeld sowohl im August als auch im folgenden April mit standorttypischen Gerätekombinationen bearbeitet. Für die Mulchsaat wurden die Kreiselegge und Bodenfräse als Saatbettbereitungsgeräte und für die konventionelle Saat der Grubber mit passiven Zinken gewählt. Die vier Bodenbearbeitungsvarianten sind in Tabelle 1 dargestellt. Für die Wahl der geringen Bodenbearbeitungstiefe (Variante 2 und 3) sollte der dadurch mögliche geringere Energieeinsatz berücksichtigt werden.

Tabelle 1:
Versuchsanlage des Bodenbearbeitungssystemvergleichs

Variante	Bodenbearbeitung	Zuckerrübenbausystem
1	Keine Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung	Direktsaat
2	Keine Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung mit Kreiselegge (Tiefe 4 cm)	Mulchsaat mit Saatbettbereitung
3	Keine Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung mit Fräse (Tiefe 4 cm)	Mulchsaat mit Saatbettbereitung
4	Stoppelpbearbeitung mit Scheibeneggen (Tiefe 8 cm), Grundbodenbearbeitung mit Pflug (Tiefe 24 cm), Saatbettbereitung mit Grubber (Tiefe 6 cm)	Konventionelle Saat (Kontrolle)

Für die Zuckerrübensaatsaat wurden eine landesübliche Serieneinzelkornsämaschine (EKS) mit Schleppscharen sowie eine am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim entwickelte und am Lehrstuhl für Landmaschinen der Litauischen Landwirtschaftlichen Universität umgerüstete Einzelkornsämaschine mit experimentellen Säscharen eingesetzt. Jedes Schar dieser Sämaschine bestand aus zwei Schneidscheiben mit ausgeschnittenen Scheiben und einem Schleppchar. Die Arbeitsgeschwindigkeit betrug 5 km h^{-1} , der Reihenabstand 45 cm, der Kornabstand in der Reihe 14,5 cm. Die Aussaat der Zuckerrübensorte „Madison“ erfolgte Ende April quer zur Bodenbearbeitungsrichtung.

Vor der Saatbettbereitung wurden Bodenfestigkeit, -dichte und -feuchtigkeit gemessen (Tabelle 2). Die Bodenfestigkeit wurde in den Feldversuchen in der Mitte der Versuchspartellen mit einem elektronischen Penetrologger der Firma „Eijkelpomp“ bis zu einer Tiefe von 25 cm ermit-

telt. Dabei wurde eine Kegelspitze mit einem Winkel von 60° und einer Basisfläche von $1,0 \text{ cm}^2$ verwendet. Die Lagerungsdichte und Bodenfeuchtigkeit (Tiefe 0 bis 10 cm) wurden mit der Stechzylindermethode von Nekrasov (Romanekas et al., 2004) auf gepflügten sowie nicht bearbeiteten Versuchsvarianten ermittelt.

Gleich nach der Aussaat wurden die Tiefenablage des Saatgutes, das Relief des Saatbettes (mit einem Profilometer), der Wassergehalt und die Aggregatgröße des Bodens durch Siebung in drei verschiedenen Bodenschichten gemessen. Ende Mai wurde der Feldaufgang in allen Varianten ermittelt. Es wurden dazu alle Zuckerrübenpflanzen in den Versuchspartellen (9 m^2) gezählt und auf die Bezugsgröße Hektar umgerechnet. Der Zuckerrübenenertrag wurde zur Ernte Anfang Oktober festgestellt. Die Ertragsermittlung erfolgte durch Handrodung auf den 9 m^2 -Partellen. Danach wurde die beinigen Rüben gezählt und der Zuckergehalt jeder Variante im Labor der Forschungseinrichtung der landwirtschaftlichen Universität Litauens mit dem Saccharimeter SU-4 ermittelt.

2.4 Energetische Bewertung

Basierend auf Daten und Berechnungen aus verschiedenen Veröffentlichungen (Ramanauskienė, 1992; Germanas, 2000; Kriščiukaitienė, 2009, Šaraukis et al., 2009b) wurde im folgenden ein modellhafter Vergleich des Energiebedarfs unterschiedlicher Ackerbausysteme mit Pflug-, Mulch- und Direktsaatverfahren aufgestellt. Dabei wurden der Treibstoffverbrauch für die Bodenbearbeitung und Saat sowie der Energiebedarf für die Herstellung der Bodenbearbeitungs- und Saatmaschinen einschließlich Ersatzteile und Reparaturen mit einbezogen. Der Energiebedarf für Düngung, Pflanzenschutz und Ernte blieb unberücksichtigt, weil in diesen Bereichen keine wesentlichen Unterschiede bestanden. Bei der Umrechnung der Energieeinheiten wurde für $1,0 \text{ kg}$ Dieselöl ein Brennwert von $42,7 \text{ MJ}$ angenommen.

Die gesamte Energie (E , MJ ha^{-1}) ist die Summe des Schlepper-, Arbeitsmaschinen-, Human- und Kraftstoffenergieaufwandes (Ramanauskienė et al., 1992; Germanas, 2000; Šaraukis et al., 2009b) und errechnet sich nach der Formel:

$$E = E_K + \frac{E_H + E_S + E_A}{L_A} \quad (1)$$

Legende:

E_K	Kraftstoffenergieaufwand, MJ ha^{-1} ;
E_H	Humanenergieaufwand, MJ ha^{-1} ;
E_S	Schlepperenergieaufwand, MJ h^{-1} ;
E_A	Energieaufwand der Arbeitsmaschine, MJ h^{-1} ;
L_A	Leistung der Arbeitsmaschine, ha h^{-1} .

Der Energieaufwand der Arbeitsmaschine und des Schleppers ist folgendermaßen zu errechnen:

$$E_A, E_S = \frac{M_{A,S} \alpha_{A,S} (R + A)}{100B} \quad (2)$$

Legende:

- $M_{A,S}$ Gewicht der Arbeitsmaschine und Schlepper, kg;
- $\alpha_{A,S}$ energetischer Äquivalent, MJ kg⁻¹;
- R Reparatur, %;
- A Amortisation, %;
- B Betriebsstunden, h Jahr⁻¹

2.5 Statistik

Die Untersuchungsdaten wurden auf ihre Verteilung geprüft sowie mittels Korrelations- bzw. Regressionsanalysen bewertet. Es wurden die arithmetischen Mittelwerte, die Standardabweichungen und Konfidenzintervalle mit einem Konfidenzniveau von 95 % bestimmt. Für die Auswertungen und auch für die durchgeführte multiple Varianzanalyse wurde das Programm EXCEL von Microsoft verwendet. Die Ergebnisgruppen wurden getestet durch paarweise t-Tests (least significant differences LSD 5 %), also der Bestimmung der geringsten Differenz zweier Gruppenmittelwerte, die gerade noch mit 5 prozentiger Sicherheit signifikant ist. Die Korrelations- und Regressionsanalyse wurde mit der SigmaPlot Software der Version 8.0 durchgeführt. Der Versuch wurde mit viermaliger Wiederholung auf 36 m² (Breite 4 m, Länge 9 m) großen Teilstücken durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ergebnisse der Vorversuche in der Bodenrinnenhalle

Die Vorversuche sollten Fragen klären, die unabhängig von den litauischen bzw. deutschen Bedingungen auftragen. Abbildung 1 zeigt in diesem Zusammenhang die in der Bodenrinne mit dem Bodenhobel ermittelten relativen Strohmenge in Abhängigkeit von der Tiefe, die durch das experimentelle und das Schleppschar bei einer auf 30 mm eingestellten Saattiefe eingearbeitet wurden.

Es zeigte sich, dass das Stroh von den Scheiben des experimentellen Schar nicht durchtrennt, sondern nur in den Boden gedrückt wurde. Dadurch wurde rund 20 % mehr Stroh an der Oberfläche eingearbeitet als durch das Schleppschar. In 10 mm Tiefe ist der signifikante Unterschied zwischen beiden Säscharen noch nachweisbar, in tieferen Bodenschichten war der Unterschied jedoch nicht mehr signifikant. Beim experimentellen Schar treten selbst bei einer starken Bodenstrohaufgabe keine Verstopfungen auf.

Allerdings wird das Stroh von den Scheiben nicht durchtrennt, sondern überrollt und in die Saattrille gedrückt. Je fester der Boden (Variante II), um so mehr Stroh wurde durchtrennt und um so weniger in die Saattrille gedrückt. Dabei hängt die Durchtrennung des Strohs von der Pflanzenart, dem Reifegrad, dem Feuchtegehalt und weiteren Faktoren ab (Linke, 1998). Der Vorteil bei der Zuckerrübensaat ist, dass das Stroh über Winter auf der Fläche verbleibt und so besser verrotten und geschnitten werden kann. Die Einzelkornsämaschine mit Schleppschar arbeitete geringere Strohmenge in die Saattrille ein. Bei größeren Mengen von Ernterückständen neigen Schleppschar zu Verstopfungen und die Saattiefe kann nicht mehr konstant gehalten werden. Versuche zur Durchschneidewirksamkeit bestätigten, dass sich frisches Getreidestroh mit den Scheibensäscharen nur sehr schwer schneiden lässt (Baker et al., 1979; Kushwaha et al., 1986; Linke, 1998; Šarauskis et al., 2005). Je grösser die Strohmenge, umso geringer wird der durchtrennte Anteil.

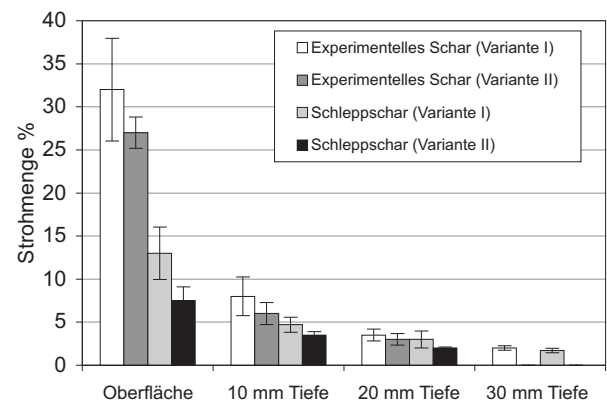


Abbildung 1:

Einfluss der Scharformen auf die eingearbeitete Strohmenge im Saattbettbereich (Variante I – Bodenfestigkeit in Tiefe 30 mm – 0,40 MPa; Bodenfeuchtigkeit in Tiefe 0 bis 50 mm – 11,3 %; Variante II – Bodenfestigkeit in Tiefe 30 mm – 0,89 MPa; Bodenfeuchtigkeit in Tiefe 0 bis 50 mm – 10,9 %)

3.2 Bodeneigenschaften der Feldversuche vor der Saattbettbearbeitung

Die Untersuchungen zum Bodenwassergehalt (Tabelle 2) haben gezeigt, dass die Flächen ohne Bodenbearbeitung in den obersten 10 cm signifikant im Mittel um 3,2 % feuchter sind gegenüber jenen mit Pflug bearbeiteten Flächen. Kennzeichnend für Direktsaatverfahren ist eine schützende Mulchschicht aus Ernte- und Wurzelrückständen auf der Bodenoberfläche, die die Wasserverdunstung deutlich reduziert. Außerdem verändert sich die Bodenstruktur dahingehend, dass Regenwasser besser in den Boden infiltrieren kann und das Wasserhaltevermögen des Bodens ansteigt (Kolcar et al., 1979; Nyborg et al.,

1989; Dao, 1993; Wagger et al., 1992). Dadurch kann besonders in niederschlagsarmen Gebieten die Winter- und Frühjahrsfeuchte des Bodens besser durch die Pflanzen ausgenutzt werden.

Tabelle 2:

Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf den Bodenwassergehalt und Lagerungsdichte in 0 bis 10 cm Tiefe in den Jahren 2005 bis 2007 (n=4)

Bodeneigenschaften	Ohne Bodenbearbeitung				Bodenbearbeitung mit Pflug			
	2005	2006	2007	Mittelwert	2005	2006	2007	Mittelwert
Bodenwassergehalt %	21,6 ± 0,23	22,4 ± 0,32	18,8 ± 0,18	20,9 ± 1,03	16,2 ± 0,29	19,1 ± 0,34	17,9 ± 0,23	17,7 ± 0,80
Lagerungsdichte g cm ³	1,35 ± 0,06	1,58 ± 0,09	1,36 ± 0,10	1,43 ± 0,08	1,29 ± 0,11	1,38 ± 0,05	1,22 ± 0,06	1,30 ± 0,05

Der Feldversuch zeigte auf den Flächen ohne Bodenbearbeitung im Mittel 0,13 g cm⁻³ signifikant höhere Dichten als auf den mit Pflug bearbeiteten Flächen. Dies stimmt gut mit anderen Untersuchungen überein (Grant et al., 1993; Franzen et al., 1994). Gill et al., (1990) und Unger et al., (1990) berichteten hingegen, dass die Lagerungsdichte bei Direktsaat geringer als auf bearbeiteten Flächen sein kann. Als Ursache wird dafür vor allem der höhere Anteil an organischer Substanz in der oberen Bodenschicht angegeben.

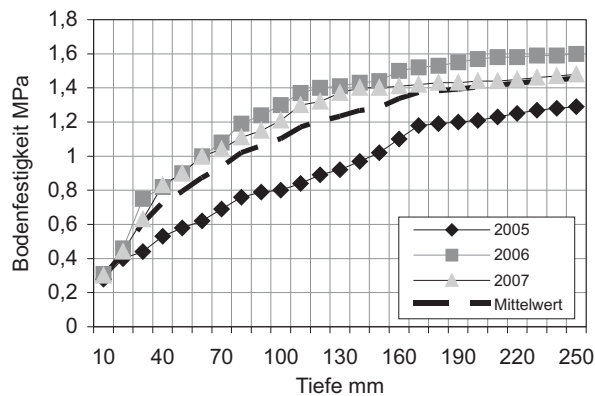


Abbildung 2: Beziehung zwischen Bodentiefe und -festigkeit ohne Bodenbearbeitung

In den Abbildungen 2 und 3 ist zu sehen, dass im Bereich der Saattiefe von 30 bis 40 mm der Eindringwiderstand auf den ungepflügten Parzellen mit 0,73 ± 0,09 MPa signifikant höher war gegenüber 0,42 ± 0,03 MPa auf gepflügten, was durch die Lockerung dieser Schicht durch den Pflug erklärt werden kann. Bei konservierender Bodenbearbeitung können zudem Verdichtungen, die z. B. durch Befahren bei zu hoher Bodenfeuchte entstehen, nicht mechanisch korrigiert werden. In tieferen Bodenschichten wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede

mehr festgestellt. Im Gegensatz dazu ergaben Untersuchungen von Franzen et al. (1994), Linke (1998) und Feiziene et al. (2008), dass bei bearbeiteten Böden der Eindringwiderstand im Bearbeitungshorizont deutlich geringer ist als bei unbearbeiteten Böden.

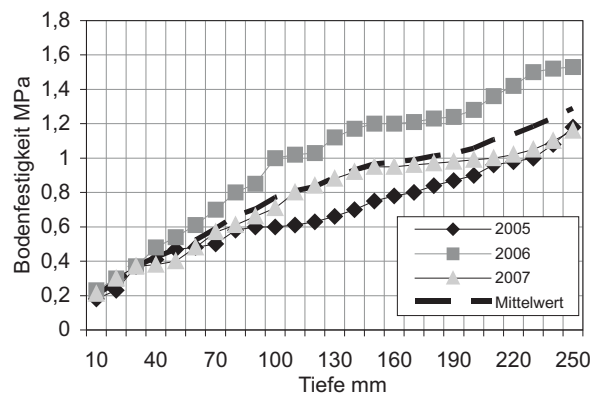


Abbildung 3: Beziehung zwischen Bodentiefe und -festigkeit bei Bodenbearbeitung mit Pflug

3.3 Arbeitsqualität unter unterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Saatsysteme

Nach der Saatbettbereitung und der Saat mit zwei EKS wurden das Relief des Saatbettes und die Saattiefe unter verschiedenen Anbausystemen ermittelt (Tabelle 3). Die Untersuchungen zeigten, dass mit der Mulchsaat, unter Anwendung der Fräse, ein signifikant höheres Relief des Saatbettes erzeugt wurde als bei den anderen Anbausystemen. Das Relief des Saatbettes ist mit der Saattiefe eng verbunden und steht zudem in Beziehung mit der Gleichmäßigkeit der Ablagetiefe. Das Maß der Bodenfestigkeit und die Ernterückstände waren die Hauptursachen dafür, dass die Saattiefe bei Direktsaat signifikant geringer ausfiel als bei den anderen Anbausystemen, obwohl die Einstellungen der EKS gleich waren. Im Gegensatz zu bearbeiteten Flächen ist bei der Direktsaat die Wasserversorgung des Samenkornes auch in geringerer Tiefe sichergestellt, da keine durch Bodenbearbeitung gelockerte Bodenschicht vorhanden ist, die austrocknen kann (Linke, 1998). Nach Gill et al. (1990) ist es in kühlgemäßigten Re-

gionen außerdem möglich, durch eine geringere Saattiefe die geringere Bodentemperatur und die verzögerte Pflanzenentwicklung bei Direktsaat weitgehend auszugleichen. Die Untersuchungen der Scharformen der EKS zeigten, dass deren technische Konstruktion mit experimentellen Säscharen bei Direktsaat eine verstopfungsfreie Saatgutablage sicherte, obwohl die Saattiefe im Vergleich zu anderen Anbausystemen signifikant geringer war.

Die Aggregatgröße >5 mm war in allen Bodenschichten (0 bis 15, 15 bis 30 und 30 bis 45 mm) bei Mulch- und

Direktsaat signifikant höher als bei konventioneller Saat (Tabelle 4), so dass damit eine gute Durchlüftung und Wasserinfiltration gewährleistet ist. Hingegen waren die Bodenaggregate mit <2 mm immer signifikant geringer als bei konventioneller Saat. Kleinere Bodenaggregate (<2 mm) führen nach dem Regen oft zur Verschlämzung und Verkrustung der Bodenoberfläche. Dadurch wird die Durchlüftung des Bodens drastisch eingeschränkt und die Wasserinfiltration verringert. Bei Mulch- und Direktsaat ist diese Gefahr geringer, weil die Bodenoberfläche mit

Tabelle 3:

Einfluss des Zuckerrübenanbausystems und der Scharformen der Einzelkornsämaschine (EKS) auf das Relief des Saatbettes und die Saattiefe

Zuckerrübenanbausystem	EKS (Schleppschar)				EKS (experimentelle Säschare)			
	2005	2006	2007	Mittelwert	2005	2006	2007	Mittelwert
Relief des Saatbettes (mm)								
Direktsaat	8,7 ± 0,69	4,0 ± 0,65	9,5 ± 0,98	7,4 ± 1,53	12,1 ± 1,24	8,5 ± 0,79	5,5 ± 0,66	8,7 ± 1,82
Mulchsaat (Kreiselegge)	6,3 ± 0,83	7,5 ± 1,13	10,5 ± 1,11	8,1 ± 1,23	10,8 ± 1,66	9,0 ± 1,19	6,0 ± 0,55	8,6 ± 1,39
Mulchsaat (Fräse)	12,0 ± 1,45	9,1 ± 0,86	11,5 ± 1,13	10,9 ± 0,93	13,0 ± 1,06	14,0 ± 1,45	10,0 ± 1,30	12,3 ± 1,22
Konventionelle Saat	7,3 ± 0,87	7,0 ± 0,47	9,3 ± 0,89	7,9 ± 0,73	7,0 ± 1,20	8,0 ± 0,91	6,0 ± 0,95	7,0 ± 0,66
Saattiefe (mm)								
Direktsaat	19,3 ± 0,70	24,0 ± 1,30	12,8 ± 0,72	18,7 ± 3,07	25,0 ± 1,85	17,4 ± 0,86	23,0 ± 0,92	21,8 ± 2,18
Mulchsaat (Kreiselegge)	21,0 ± 1,11	43,8 ± 2,64	28,0 ± 1,73	30,9 ± 6,37	44,7 ± 3,02	28,9 ± 2,16	27,1 ± 0,87	33,6 ± 5,31
Mulchsaat (Fräse)	27,0 ± 0,77	38,8 ± 2,13	34,7 ± 1,99	33,5 ± 3,31	41,7 ± 2,93	44,2 ± 2,41	26,2 ± 0,96	37,4 ± 5,35
Konventionelle Saat	45,7 ± 3,28	37,0 ± 2,52	34,0 ± 1,93	38,9 ± 3,43	46,2 ± 2,65	36,6 ± 3,01	25,6 ± 1,80	36,1 ± 5,66

Tabelle 4:

Einfluss des Anbausystems und der Säscharformen auf die Größe der Bodenaggregate und den Wassergehalt in unterschiedlichen Bodenschichten (Durchschnittswerte ± Standardabweichung, 2005 bis 2007)

Zuckerrübenanbausystem	EKS (Schleppschar)				EKS (experimentelle Säschare)			
	Bodenaggregate %			Wassergehalt %	Bodenaggregate %			Wassergehalt %
	<2 mm	2-5 mm	>5 mm		<2 mm	2-5 mm	>5 mm	
Bodenschicht 0-15 mm								
Direktsaat	9,4 ± 0,84	27,9 ± 2,80	62,7 ± 4,19	15,7 ± 0,72	8,2 ± 0,29	25,3 ± 1,01	66,5 ± 3,64	15,1 ± 1,78
Mulchsaat (Kreiselegge)	11,0 ± 1,85	27,6 ± 2,36	62,4 ± 3,60	12,5 ± 0,95	13,5 ± 1,59	25,9 ± 2,67	60,6 ± 4,67	12,8 ± 2,17
Mulchsaat (Fräse)	12,0 ± 1,53	27,0 ± 2,53	61,0 ± 4,19	10,3 ± 1,97	14,2 ± 2,20	23,0 ± 2,72	62,8 ± 3,03	9,2 ± 0,85
Konventionelle Saat	33,9 ± 4,18	30,1 ± 3,42	36,0 ± 1,93	6,5 ± 1,14	31,5 ± 2,28	32,7 ± 3,25	35,8 ± 2,21	8,8 ± 0,69
Bodenschicht 15-30 mm								
Direktsaat	13,2 ± 1,91	28,6 ± 2,07	58,2 ± 2,99	19,4 ± 2,56	12,5 ± 0,96	31,7 ± 1,58	55,8 ± 0,92	18,8 ± 1,94
Mulchsaat (Kreiselegge)	17,8 ± 1,37	34,0 ± 1,34	48,2 ± 3,51	17,9 ± 1,61	15,2 ± 1,75	33,1 ± 2,61	51,7 ± 3,28	17,4 ± 1,64
Mulchsaat (Fräse)	22,4 ± 1,13	30,5 ± 2,33	47,1 ± 3,09	17,1 ± 1,19	21,7 ± 1,86	31,1 ± 2,32	47,2 ± 1,85	16,0 ± 1,81
Konventionelle Saat	37,3 ± 2,47	35,7 ± 2,07	27,0 ± 2,37	14,3 ± 1,54	28,9 ± 1,91	32,6 ± 3,07	38,5 ± 2,37	12,8 ± 1,44
Bodenschicht 30-45 mm								
Direktsaat	10,7 ± 1,88	29,1 ± 1,95	60,2 ± 3,43	20,1 ± 2,23	9,6 ± 1,60	30,0 ± 4,36	60,4 ± 3,73	19,7 ± 2,04
Mulchsaat (Kreiselegge)	12,6 ± 1,66	30,1 ± 2,06	57,3 ± 2,24	20,7 ± 1,99	16,9 ± 1,85	28,0 ± 3,56	55,1 ± 2,60	20,0 ± 1,76
Mulchsaat (Fräse)	18,7 ± 1,41	33,1 ± 2,80	48,2 ± 2,43	18,9 ± 2,16	14,1 ± 1,62	30,4 ± 3,01	55,5 ± 4,64	18,8 ± 2,11
Konventionelle Saat	33,5 ± 2,32	29,6 ± 3,72	36,9 ± 2,85	16,3 ± 2,09	30,1 ± 3,68	36,0 ± 4,19	33,9 ± 3,59	15,5 ± 1,38

Pflanzenresten bedeckt ist. Die Aggregatgrößen nach der Direktsaat sind fast immer größer als auf bearbeiteten Böden (Linke, 1998; Romaneckas et al., 2004). Im Gegensatz zum Anbausystem hat die Scharform keine nachweisbare Bedeutungen für die Bodenaggregatgröße.

Der Wassergehalt war nach der konventionellen Saat in den Bodenschichten 0 bis 15 mm und 15 bis 30 mm signifikant geringer als nach Mulch- und Direktsaat. Für die Bodenschicht in 30 bis 45 mm Tiefe waren die Ergebnisse zwischen Mulchsaat (Fräse) und konventioneller Saat nicht signifikant. Allgemein bewirkt die Bodenbearbeitung erhebliche zusätzliche Wasserverluste (Bordovsky et al., 1994). Zusammenfassend zeigten die Ergebnisse, dass die Direktsaat einen positiven Einfluss auf die Bodenstruktur und den Wasserhaushalt unter den klimatischen Bedingungen Litauens hat.

3.4 Ergebnisse der Zuckerrübenentwicklung

Der Feldversuch zeigte, dass Zuckerrüben auch in Litauen auf ungepflügtem Boden erfolgreich angebaut werden können. Der Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Sätechnik auf die Hauptparameter der Zuckerrübenentwicklung ist in Tabelle 5 dargestellt.

Im Vergleich der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren wurde ein nachweisbar geringerer Aufgang an Pflanzen bei Direktsaat mit Schleppschar (48.400 Pflanzen ha⁻¹) festgestellt, was durch die fehlenden speziellen Sämaschinen für die Direktsaat erklärt werden kann. Eine tiefere Saatgutablage und ein nicht ausreichender Wassergehalt sind wichtige Faktoren und deswegen kann vermutet werden, dass sie bei der konventionellen Saat wesentlich für den festgestellten geringeren Feldaufgang sind. Der beste Feldaufgang war in den Varianten festzustellen, in denen der Boden mit der Kreiselegge (82.680 Pfl. ha⁻¹) und mit der Fräse (84.660 Pflanzen ha⁻¹) bearbeitet wurde. Zuckerrüben benötigen zur Erzielung optimaler Pflanzenerträge und Qualitäten Pflanzenzahlen von etwa 80.000 Pflanzen ha⁻¹ (Romaneckas et al., 2004). Ein signifikant

größeren Einfluss durch experimentelle Sätscharformen auf den Feldaufgang wurde nur auf Flächen der Direktsaat ermittelt.

Der signifikant höchste Ertrag mit 64,0 t ha⁻¹ wurde bei der Mulchsaatvariante mit Fräseneinsatz (EKS mit Schleppscharer), unabhängig von den Witterungsverhältnissen, erzielt. Beim Vergleich der Scharformen brachte die Einzelkornsämaschine mit experimentellen Sätscharen signifikant durchschnittlich 10–15 t ha⁻¹ höhere Erträge im Vergleich zur Einzelkornsämaschine mit Schleppschar. Deutlich geringere Erträge und stärkeres Auftreten von Rübenbeinigkeits wurden auf den Direktsaatflächen im Vergleich zur Mulchsaat und zur konventionellen Saat registriert. Die unter Praxisbedingungen durchgeführten Versuche zeigten, dass es nach der Direktsaat zu vermindertem Feldaufgang kommt. Die abnehmende Pflanzenzahl und die Verringerung des durchschnittlichen Einzelpflanzengewichtes führte zu einer Ertragsminderung. Die Zuckerrübe reagiert in ihrem Wurzelwachstum auf Veränderungen des Wasserangebotes und auf Bodenverdichtungen besonders empfindlich. Dies bestätigt Ergebnisse von Liebhard (1997). Bereits im frühen Jugendstadium kam es am angegeben Standort bei Eindringwiderständen, die über der normalen Bodenfestigkeit liegen, zu starken Wurzelverkrümmungen. Diese wurde bei der Ernte in einer starken Rübenbeinigkeits und in wesentlich niedrigeren durchschnittlichen Rübeneinzelgewichten deutlich. Für den Zuckergehalt, der zwischen 17,8 bis 18,4 % lag, konnten keine nachweisbaren Unterschiede entsprechend der verschiedenen Anbausystemen, Säverfahren und Sätscharformen festgestellt werden.

3.5 Ergebnisse der energetischen Bewertung

In der Tabelle 6 sind die Daten des energetischen Vergleichs zusammengefasst. Nach dieser Berechnung könnten bei der Umstellung von Pflug- auf Mulch- und Direktsaat, je nach Verfahren, zwischen ca. 952 MJ (Mulchsaat, Kreiselegge) und ca. 1742 MJ (Direktsaat) eingespart

Tabelle 5:

Einfluss des Anbausystems und der Sätscharformen auf die Hauptparameter der Zuckerrübenentwicklung (Durchschnittswerte ± Standardabweichung, 2005 bis 2007)

Zuckerrübenanbausystem	EKS (Schleppschar)				EKS (experimentelle Sätschare)			
	Feldaufgang	Rübenertrag	Rübenbeinigkeits	Zuckergehalt	Feldaufgang	Rübenertrag	Rübenbeinigkeits	Zuckergehalt
	Pflanzen ha ⁻¹	t ha ⁻¹	%	%	Pflanzen ha ⁻¹	t ha ⁻¹	%	%
Direktsaat	48.400 ± 8.750	44,0 ± 5,1	19,9 ± 2,7	17,9 ± 0,4	74.640 ± 7.100	55,2 ± 5,3	12,8 ± 1,3	18,0 ± 0,6
Mulchsaat (Kreiselegge)	82.680 ± 7.600	55,2 ± 4,3	8,6 ± 0,9	18,0 ± 0,5	84.200 ± 4.800	65,1 ± 5,7	10,6 ± 0,9	18,0 ± 0,4
Mulchsaat (Fräse)	84.660 ± 7.350	64,0 ± 4,1	12,7 ± 1,6	18,4 ± 0,5	88.000 ± 5.150	79,1 ± 6,2	12,7 ± 1,2	18,3 ± 0,4
Konventionelle Saat	55.500 ± 5.940	54,6 ± 4,5	7,0 ± 0,8	17,8 ± 0,4	62.800 ± 6.660	65,2 ± 4,3	10,9 ± 1,0	17,9 ± 0,5

Tabelle 6:
Energetische Bewertung unterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Saatsysteme

Leistung ha h ⁻¹	Kraftstoffaufwand			Energieaufwand MJ h ⁻¹			Summe Energie MJ ha ⁻¹
	kg h ⁻¹	kg ha ⁻¹	MJ ha ⁻¹	Schlepper	Arbeitsmaschine	Mensch	
1,5	6,7	4,5	192,1	39,5	56,3	1,26	256,8
Stoppelbearbeitung (Schlepper MTZ-82 ¹ + Scheibeneggen BDN-3 ³)							
0,7	17,5	25,0	1067,5	140,2	41,5	1,26	1328,9
Grundbodenbearbeitung (Schlepper DT-75 ² + Pflug PLN-4-35 ⁴)							
2,1	5,2	2,48	105,9	39,5	75,7	1,26	161,4
Saatbettbearbeitung (Schlepper MTZ-82 + Grubber KPS-4 ⁵)							
0,7	10,3	14,7	627,7	39,5	72,6	1,26	789,6
Saatbettbearbeitung (Schlepper MTZ-82 + Kreiselegge VRK-2,0 ⁶)							
1,3	9,5	7,3	311,7	39,5	103,2	1,26	422,4
Saatbettbearbeitung (Schlepper MTZ-82 + Fräse UFK-2,8 ⁷)							
1,6	6,9	4,3	183,6	39,5	52,2	0,9	241,5
Saat (Schlepper MTZ-82 + Einzelkornsämaschine mit Schleppscharen „Kongskilde“ 3,0)							
1,6	6,9	4,3	183,6	39,5	60,7	0,9	246,8
Saat (Schlepper MTZ-82 + Einzelkornsämaschine mit experimentellen Säscharen 3,0)							

¹MTZ-82 Belarus mit 82 PS; ²DT-75 Raupenschlepper mit 75 PS; ³BDN-3 Scheibeneggen 3 m Breite; ⁴PLN-4-35 Pflug mit 4 Pflugkörper, jeder 35 cm Breite; ⁵KPS-4 Grubber 4 m Breite; ⁶VRK-2,0 Kreiselegge 2,0 m Breite; ⁷UFK-2,8 Bodenfräse 2,8 m Breite

werden. Der Kraftstoffaufwand sank bei konservierenden Bodenbearbeitungs- und Saatverfahren im Vergleich zu konventionellen Verfahren zwischen 48 % (Mulchsaat, Kreiselegge) und 88 % (Direktsaat).

Bei Mulch- und Direktsaat ist der Arbeitszeitbedarf pro Hektar wesentlich niedriger als bei konventioneller Saat, da nur ein oder zwei Arbeitsgänge benötigt werden. Der Arbeitszeitbedarf bei Direktsaat war mit 0,62 h ha⁻¹ an niedrigsten, bei Mulchsaat (Kreiselegge) betrug er 2,05 h ha⁻¹, bei Mulchsaat (Fräse) 1,39 h ha⁻¹ und bei konventioneller Saat 3,20 h ha⁻¹. Somit ist die Arbeitsorganisation bei Mulch- und Direktsaat gegenüber konventioneller Saat deutlich vereinfacht, da nur eine bzw. zwei Maschinen und weniger Arbeitskräfte benötigt werden.

Schlussfolgerungen

Pfluglose Saatverfahren beim Zuckerrübenanbau in Litauen haben sowohl bodenschonende als auch ökonomische Vorteile gegenüber konventionellen Saatverfahren. Der dreijähriger Feldversuch zeigte bei der Mulchsaat teilweise höhere Zuckerrübenenerträge. Die Reduzierung des Produktionsmitteleinsatzes sowie des Kraftstoffes und der Arbeitszeit bringen ökonomische Vorteile, die den

Zuckerrübenanbau in Litauen wettbewerbsfähiger machen. Jedoch ist eine Direktsaat nicht immer problemlos möglich, da Einzelkornsämaschinen mit Schleppscharen bei größeren Mengen von Ernterückständen zu Verstopfungen neigen. Beim experimentellen Scheibensäschar treten hingegen selbst bei einer starken Auflage von Stroh auf der Bodenoberfläche keine Verstopfungen auf. Das frische Stroh wird allerdings von den Scheiben nicht durchtrennt, sondern überrollt und in die Saatrille gedrückt, so dass die Keimung des Keimlings nicht gesichert ist. Kurze Trockenperioden nach der Saat können so zum Absterben der Keimlinge im Stroh durch Vertrocknen führen. Nicht signifikante Ergebnisse zur Verteilung der Vorfruchterterückstände lassen vermuten, dass sie die Saatgutablagequalität und damit den Erfolg der Direktsaat beeinflussen. Die Voraussetzung für einen hohen und gleichmäßigen Feldaufgang ist die Entfernung der Ernterückstände oder deren exakte und gleichmäßige Verteilung. Eine Möglichkeit dazu ist die Aufnahme des Strohs vor der Einzelkornsämaschine durch einen zusätzlichen Strohräumer.

Unter den klimatischen Bedingungen Litauens bringt die Mulchsaat von Zuckerrüben im Vergleich zu den anderen Bodenbearbeitungssystemen bessere Feldaufgangs- und Ertragsergebnisse. Durch eine flache Bodenbearbeitung

wird auch das Stroh mit dem Boden vermischt, wodurch keine Verstopfungen der Schare auftreten und das Aussaatergebnis verbessert wird.

Literatur

- Adamaviciene A, Romaneckas K, Sarauskis E, Pilipavicius V (2009) Non-chemical weed control in sugar beet crop under an intensive and conservation soil tillage pattern: II. Crop productivity. *Agron Res* 7(Spec Iss 1):143-148
- Aina PO, Lal R, Roose EJ (1991) Tillage methods and soil and water conservation in West Africa. *Soil Tillage Res* 20:165-186
- Alvarez R, Steinbach HS (2009) A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil Tillage Res* 104(1):1-15
- Baker CJ, Badger EM, McDonald JH (1979) Developments with seed drill coulters for direct drilling. *N Z J Experim Agric* 7:175-184
- Becker C (1997) Zuckerrübenanbau ohne Pflug. *Zuckerrübe* 4:198-201
- Bordovsky JP, Lyle WM, Keeling JW (1994) Crop rotation and tillage effects on soil water and cotton yield. *Agron J* 86:1-6
- Breitfuss J (1954) Untersuchungen über die gleichmäßige Tiefenablage der Saat von Rübensägeräten. *Landtech Forsch* 4(3):82-86
- Brunotte J, Wagner M, Sommer C (2001) Bodenschutz und Kosteneinsparung : Anforderungen an heutige Bodenbearbeitung. *Landtechnik* 56(3):132-133
- Dao TH (1993) Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Sci Soc Am J* 57:1586-1595
- Dieckmann J (2009) Zur Bedeutung der Bodenstruktur für den Ertrag von Zuckerrüben - eine pflanzenbauliche und ökonomische Analyse in einer Zuckerrüben-Getreide-Fruchtfolge mit dauerhaft differenzierter Bodenbearbeitung. Göttingen: Cuvillier, 138 p, Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung 26
- Epperlein J, Metz R (1998) Unverzichtbare Helfer im Boden. *Landwirtsch ohne Pflug* 4:13-15
- FAO (2006) World reference base for soil resources 2006 : a framework for international classification, correlation and communication. Rome : FAO, World Soil Resources Rep 103, 128 p
- Feiziene D, Kadziene G (2008) The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO₂ emission in the 10th year of different tillage-fertilization management. *Zemdirbyste* 95(4):29-45
- Filipovic D, Kosutic S, Gospodaric Z, Zimmer R, Banaj D (2006) The possibilities of fuel saving and the reduction of CO₂ emissions in the soil tillage in Croatia. *Agric Ecosyst Environ* 115:290-294
- Franzen H, Lal R, Ehlers W (1994) Tillage and mulching effects on physical properties of a tropical Alfisol. *Soil Tillage Res* 28:329-346
- Freebairn GM, Loch RJ, Cogle AL (1993) Tillage methods and soil and water conservation in Australia. *Soil Tillage Res* 27:303-325
- Germanas L (2000) Ražieninės sėjos energetiniai tyrimai Zemes ukio inžinerija, Mokslo darbai 32 (1):17-28
- Gill KS, Aulakh BS (1990) Wheat yield and soil bulk density response to some tillage systems on an Oxisol. *Soil Tillage Res* 18:37-45
- Grant CA, Lafond GP (1993) The effects of tillage systems and sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Can J Soil Sci* 73:223-232
- Haberland R (1997) Vereinfachte Bestellung verlangt gutes Management. *Neue Landwirtsch* 6:50-53
- Kolcar F, Videnovic Z (1979) Effect of different tillage methods applied to chernozem soil on some soil properties and maize yields. In: Proceedings of the International Soil Tillage Research Organisation, ISTRO, 8. Conference, 1979, University of Hohenheim. Hohenheim : Univ, pp 421-427
- Krause U, Koch HJ, Märkländer B (2009) Soil properties effecting yield formation in sugar beet under ridge and flat cultivation. *Eur J Agron* 31(1):20-28
- Kriščiukaitienė I (2009) Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai. Vilnius : Lietuvos Ministerium für Landwirtschaft 1:58
- Kushwaha RL, Vaishnav AS, Zoerb GC (1986) Soil bin evaluation of disc coulters under no-till crop residue conditions. *Transactions ASAE* 29:40-44
- Liebhart E (1997) 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
- Linke C (1998) Direktsaat : eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Hohenheim : Univ, 482 p
- Linke C (2006) Entwicklung der Direktsaat. *Landtechnik* 61:312-313
- Morris NL, Miller PCH, Orson JH, Froud-Williams RJ (2009) The effect of wheat straw residue on the emergence and early growth of sugar beet (*Beta vulgaris*) and oilseed rape (*Brassica napus*) *Eur J Agron* 30(3):151-162
- Nyborg M, Malhi SS (1989) Effect of zero and conventional tillage on barley yield and nitrate content, moisture and temperature of soil in North - Central Alberta. *Soil Tillage Res* 15:1-9
- Ramanauskienė J, Ramanauskas J, Ratomskis F (1992) Die Methodik energetischer Bewertung (in litauisch). Fachverlag 23
- Richard G, Boiffin J, Duval Y (1995) Direct drilling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) into a cover crop : effects on soil physical conditions and crop establishment. *Soil Tillage Res* 34(3):169-185
- Romanekas K, Sarauskis E (2004) The investigations of soil tillage methods for sugar beet in Lithuanian light loam soils. *Vagos* 64:67-71
- Romanekas K, Romanekienė R, Pilipavicius V, Sarauskis E (2009a) Impact of sowing depth and seedbed rolling on sugar beet. *Zemdirbyste* 96(1):39-52
- Romanekas K, Pilipavicius V, Sarauskis E, Sakalauskas A (2009b) Effect of sowing depth on emergence and crop establishment of sugar beet. *J Food Agric Environ* 7(2):571-575
- Rusu T, Gus P, Bogdan I, Moraru PI, Pop AI, Clapa D, Marin DI, Oroian I, Pop LI (2009) Implications of minimum tillage systems on sustainability of agricultural production and soil conservation. *J Food Agric Environ* 7 (2):335-338
- Statistical Yearbook of Lithuania (2008) Vilnius : Department of Statistic, 738 p
- Sarauskis E, Spokas L (2002) Substantiation of technological parameters of complex coulters in sugar beet direct seeding. *VDI Berichte* 1716:377-382
- Sarauskis E, Köller K, Butkus V (2005) Untersuchungen technologischer Parameter zur Bestimmung der Konstruktion von Direktsaatscharen für die Zuckerrübenansaat. *Landbauforsch Völkenrode* 55(3):171-180
- Sarauskis E (2008) Šiaudų perpjovimo aktyviais diskiniiais sėjos norageliais tyrimai. *Zemes ukio inžinerija, Mokslo darbai* 40(1):17-29
- Sarauskis E, Romanekas K, Buragiene S (2009a) Impact of conventional and sustainable soil tillage and sowing technologies on physical-mechanical soil properties. *Environmental Res, Engineer Management* 49(3):36-43
- Sarauskis E, Vaiciukevicius E, Romanekas K, Sakalauskas A, Baranauskaite R (2009b) Economic and energetic evaluation of sustainable tillage and cereal sowing technologies in Lithuania. *Rural Development* 4(1):280-285
- Unger PW, Fulton LJ (1990) Conventional and no-tillage effects on upper root zone soil conditions. *Soil Tillage Res* 16:337-344
- Waggar MG, Denton HP (1992) Crop and tillage rotations: grain yield, residue cover and soil water. *Soil Sci Soc Am J* 56:1233-1237