

Bestandesetablierung der Durchwachse- nen Silphie (*Silphium perfoliatum*) mittels Einzelkornsätechnik

Andreas Schäfer, Tobias Meinhold, Lutz Damerow, Peter Schulze Lammers

Die Durchwachsene Silphie, ein ausdauernder Korbblütler aus Nordamerika, hat sich bei der Suche nach alternativen Biogassubstraten als aussichtsreich erwiesen. Bisher werden Pflanzenbestände der Durchwachsenen Silphie mit dem zeit- und kostenintensiven Pflanzverfahren etabliert. Durch die Verwendung eines Säverfahrens können die Verfahrenskosten für die Bestandesetablierung der Durchwachsenen Silphie deutlich gesenkt werden. Allerdings erschweren das unförmige Saatgut und die geringe Triebkraft eine gleichmäßige und ausreichende Bestandesetablierung. In Feldversuchen wurde eine pneumatische Einzelkornsämaschine, die für die Maisaussaat konzipiert ist, zur Aussaat der Durchwachsenen Silphie eingesetzt. Dazu wurden die Lochdurchmesser der Einzelungsscheibe, die Säscharre und die nachlaufenden Andrückwerkzeuge modifiziert. Mit dem modifizierten Säsystem konnte in den Feldversuchen ein verbessertes und gleichmäßigeres Auflaufergebnis der Durchwachsenden Silphie nachgewiesen werden.

Schlüsselwörter

Biogas, Energiepflanzen, Einzelkornsä, Säverfahren, nachwachsender Rohstoff

Durch die steigende Anzahl an Biogasanlagen, in denen Strom und Wärme aus Biomasse produziert wird, steigt der Bedarf an Substraten pflanzlicher Herkunft (FNR 2013). Als Substrat werden derzeit überwiegend Mais, Getreide (Korn und Ganzpflanzensilage) sowie Grünfütter eingesetzt. Neben der Veränderung des Landschaftsbildes entstehen durch die Ausdehnung der Anbaufläche von Mais Fruchtfolgeprobleme. Durch das politisch formulierte Ziel, den Einsatz von Maissilage auf 60 % zu beschränken, werden Alternativen bzw. Ergänzungen gesucht. Außerdem ist der Anbau weiterer Kulturen auch deshalb nötig, weil die Greening-Vorgaben (GAP seit 2014) für die Landwirtschaft den Anbau von mindestens drei Kulturen vorschreiben, wenn mehr als 30 Hektar Ackerfläche bewirtschaftet werden. In mehrjährigen Versuchen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) zeigte sich, dass die Durchwachsene Silphie sowohl im Hinblick auf den Ertrag als auch auf die Gasproduktion in der Lage ist, mit Mais zu konkurrieren (BIERTÜMPFEL 2011, BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Die Durchwachsene Silphie erzielt Erträge von 130–180 dt TM ha⁻¹. Sie ist unter mitteleuropäischen Anbaubedingungen problemlos zu kultivieren, da sie keine besonderen Ansprüche an Klima und Boden stellt (BIERTÜMPFEL et al. 2013).

Problem und Aufgabenstellung

Nahezu alle bisherigen Silphiebestände wurden durch Pflanzung von Jungpflanzen aus spezialisierten Betrieben etabliert (BIERTÜMPFEL et al. 2012). Die Pflanzung erfolgt mit handelsüblichen Gemüse- oder Erdbeerpflanzmaschinen. Zur erfolgreichen Einführung der Durchwachsenen Silphie in die landwirtschaftliche Praxis ist die Entwicklung eines Säverfahrens erforderlich (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Dabei müssen 12 bis 15 Saatkörner pro Quadratmeter in einer Tiefe von 10 bis 15 mm – aufgrund der geringen Triebkraft – abgelegt werden (BIERTÜMPFEL 2011, BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Eine gleichmäßige Verteilung der Saatkörner in der Fläche ist für eine erfolgreiche Bestandesetablierung entscheidend, da sich die Jungpflanzen nur langsam entwickeln und konkurrenzschwach gegenüber Unkräutern sind (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Zur Aussaat der Durchwachsenen Silphie empfiehlt sich somit die Einzelkornsaat. Genutzt werden sollten die auf Betrieben vorhandenen Einzelkornsämaschinen, da so keine Neuanschaffung einer Maschine nötig wird. Die Einzelung der Saatkörner wird durch deren Unförmigkeit und eine Tausendkornmasse von 16–20 g (Abbildungen 1 und 2) erschwert. Anspruchsvoll wird die Aussaat der Durchwachsenen Silphie durch die im Vergleich zu Mais geringe Ablagetiefe. Die eingesetzten Maschinen sind daher präzise auf die Anforderungen der Durchwachsenen Silphie einzustellen.



Abbildung 1: Seitenansicht auf Saatkörner der Durchwachsenen Silphie (Foto: A. Schäfer)



Abbildung 2: Draufsicht auf Saatkörner der Durchwachsenen Silphie (Foto: A. Schäfer)

Ziel der Versuche war es, eine praxisübliche Einzelkornsämaschine so zu modifizieren, dass ein gleichmäßiges Auflaufergebnis der Durchwachsenen Silphie erzielt wird. Dabei sollten keine großen Änderungen am technischen System der Maschine vorgenommen werden.

Material und Methoden

Für die Aussaat der Durchwachsenen Silphie wurde eine Einzelkornsämaschine vom Typ ED 302 der Firma Amazone gewählt. Diese war mit sechs Contour-Säaggregaten (Abbildung 3) mit einem Reihenabstand von 50 cm ausgestattet. Die Einzelung der Saatkörner erfolgt mittels Saugluftprinzip an rotierenden Einzelungsscheiben. Auf der vorlaufenden und der nachlaufenden Druckrolle stützt sich das Säaggregat ab. Über Tiefenspindeln sind die Druckrollen verbunden und bilden so ein Längsstandem (Abbildung 3).

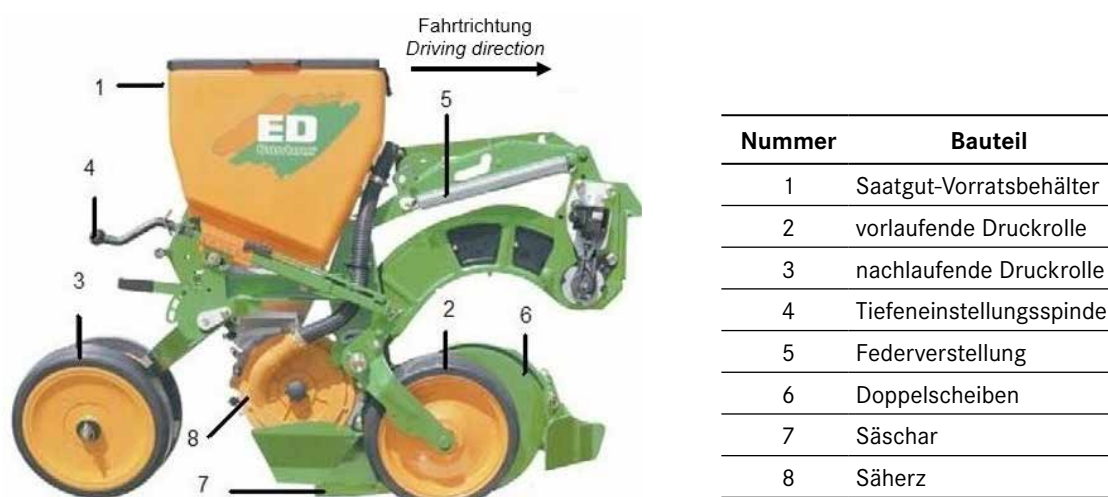


Abbildung 3: Einzelkornsäaggregat EKS-M, Typ Contour der ED 302 (modifiziert nach AMAZONE 2005)

Der erste Aussaatversuch wurde im Juni 2013 als nicht randomisierte Blockanlage mit zweifacher Wiederholung auf Langparzellen des Campus Klein-Altendorf (Versuchsbetrieb der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn) angelegt. Die Versuchsfläche wurde im Herbst 2012 gepflügt und einen Tag vor der Aussaat mit einer Kreiselegge und angebauter Zahnpackerwalze bearbeitet. Es wurden unterschiedliche Gebläsedrehzahlen in den Ablagetiefen 5, 10 und 15 mm getestet und zum Schließen und Rückverfestigen der Saatsfurche V-förmige Druckrollen eingesetzt. Im Jahr 2014 wurde ein weiterer randomisierter Aussaatversuch mit vierfacher Wiederholung auf diesem Standort mit identischer Bodenbearbeitung angelegt. Zur Reduzierung der Mehrfachbelegungen und somit des Saatgutaufwands wurden Einzelungsscheiben mit einem Lochdurchmesser von 2,2, 1,5 und 1,2 mm in Abdrehsproben getestet. Alle Einzelungsscheiben hatten dabei die Abstreiferstellung 1 (starke Anlage des Abstreifers an die Einzelungsscheibe) sowie die Abstreiferstellung 3 (mittlere Anlage des Abstreifers an die Einzelungsscheibe). Der Abstreifer des Säaggregats kann in fünf Stufen eingestellt werden.

Im Rahmen einer Abdrehsprobe wurden die Körner ausgezählt und der prozentuale Anteil der Mehrfachbelegungen aus den überzähligen Körnern bestimmt. Neben der V-förmigen Druckrolle wurde ein glatter, etwa 20 cm breiter Walkgummireifen als nachlaufende Druckrolle (Nachläufer 2; Abbildung 4) eingesetzt.

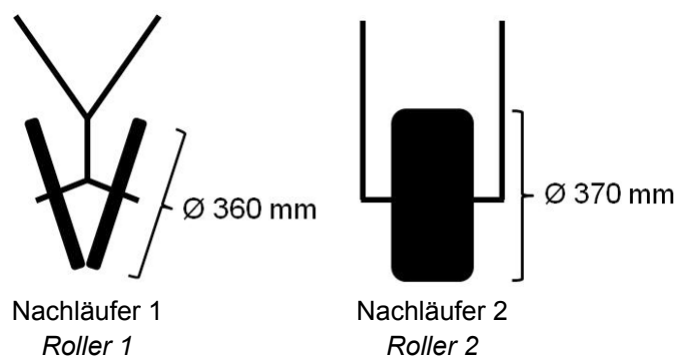


Abbildung 4: Schematische Darstellung der verwendeten Nachläufer

Bei dem Aussaatversuch im Jahr 2013 wurde beobachtet, dass die Nachläufer bei den Ablagetiefen 5 und 10 mm den Boden nicht berührten. Da sich die Nachläufer an einem Anschlag befanden, konnten sie bei diesen geringen Ablagetiefen ihre Funktion nicht erfüllen. Damit die Druckrollen auch bei diesen Ablagetiefen den Boden erreichen, wurde ein weiterer Satz Säschar modifiziert. Dabei wurde die Höhe der Keile um 20 mm reduziert (Abbildung 5). Somit konnte der Kontakt der nachlaufenden Druckrollen mit der Bodenoberfläche auch bei Ablagetiefen von 5 und 10 mm gewährleistet werden.

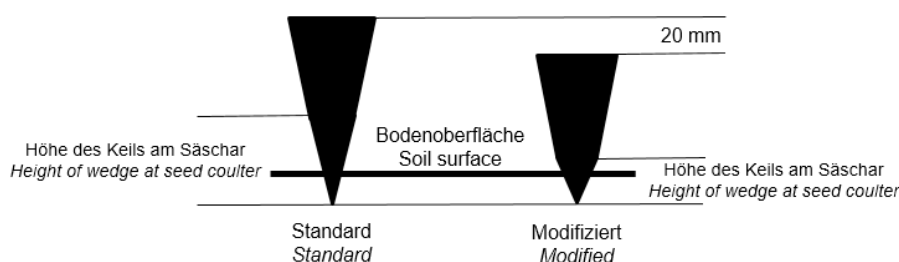


Abbildung 5: Schematische Darstellung der verwendeten Säschar

Zur Bestimmung des Feldaufgangs wurde in beiden Feldversuchen neben der Pflanzenanzahl die Anzahl der Stellen bonitiert, an denen Pflanzen aufliefen. Die Anzahl der Stellen ist von Bedeutung, da die Pflanzenanzahl keine Aussage über die Verteilung der Pflanzen pro Fläche zulässt. Aus diesem Grund sind in den Abbildungen 6 bis 8 die bonitierten Stellen dargestellt. Ist die Pflanzenanzahl höher als die Anzahl der Stellen, bedeutet dies, dass es sich um Mehrfachlegungen an einzelnen Sä-scheibenpositionen handelt.

Die Normalverteilung wurde mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test (K-S-Test) geprüft und es wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse zur Untersuchung signifikanter Unterschiede zwischen mehreren Varianten durchgeführt. Mit dem Tukey-Test wurde zusätzlich ein multipler Mittelwertvergleich durchgeführt. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse sind die Mittelwerte der Varianten sowie deren statistisch abgesicherte Unterscheidung unterhalb des jeweiligen Boxplots aufgeführt. Befinden sich die angegebenen Mittelwerte in unterschiedlichen homogenen Untergruppen, so unterschieden sich diese signifikant. Die rechteckige Box des Boxplots repräsentiert 50% der Werte. Mittels der Linie in der Box wird der Median dargestellt. Die außerhalb der Box liegenden Werte werden mittels der sogenannten Antennen dargestellt. Kreise außerhalb eines Boxplots und der Antennen stellen Ausreißer dar.

Ergebnisse und Diskussion

Der Funktionstest vor dem Feldversuch 2013 ergab, dass die gewünschte Körneranzahl mit der ausgewählten Einzelkornsämaschine ausgebracht werden kann. Im Feldversuch traten bei den Varianten mit unterschiedlichen Ablagetiefen signifikante Unterschiede im Feldaufgang auf. So verzeichnen die Varianten mit der Ablagetiefe 5 mm signifikant höhere Feldaufgänge als die Varianten mit 10 und 15 mm Ablagetiefe. Es ist nicht eindeutig geklärt, ob der geringere Feldaufgang in den Varianten mit der Ablagetiefe 10 bzw. 15 mm ein Effekt der geringen Triebkraft der Saatkörner oder der ungleichmäßigen Ablage der Saatkörner ist. Während der Aussaat konnte nämlich beobachtet werden, dass die Einzelungsscheiben bei geringem Füllstand im Saatguttank nicht kontinuierlich mit Saatgut versorgt wurden. BIERTÜMPFEL und CONRAD (2013) empfehlen das Saatgut aufgrund der Vertrocknungsgefahr in einer Tiefe von 10 bis 15 mm abzulegen.

Die unterschiedlichen Gebläsedrehzahlen hatten keinen Einfluss auf den Feldaufgang. Der Feldversuch zeigte, dass die Aussaat der Durchwachsenen Silphie mittels praxisüblicher Einzelkornsätechnik möglich ist. Zur Optimierung der Bestandesetablierung müssen Modifikationen an der Einzelkornsämaschine vorgenommen werden.

Aufgrund der ungleichmäßigen Belegung der Einzelungsscheiben mit Saatgut bei geringem Füllstand wurde das Säherzvolumen reduziert. Zur Reduzierung der Mehrfachbelegungen sind vor dem Aussaatversuch 2014 Abdrehsproben mit drei verschiedenen Einzelungsscheiben durchgeführt worden. Durch die Reduzierung des Lochdurchmessers der Einzelungsscheibe ließen sich die Mehrfachbelegungen reduzieren. Die Veränderung der Anlage des Abstreifers an die Einzelungsscheibe (Position 1 oder 3) führte nicht zur Ablösung überschüssiger Körner und hatte deshalb keinen Effekt auf die Mehrfachbelegungen (Tabelle 1). Mehrfachbelegungen von über 80 % und somit ein um 80 % höherer Saatgutaufwand sind nicht akzeptabel, da die wirtschaftlichen Vorteile der Aussaat hauptsächlich durch die, im Vergleich zu den Jungpflanzen, geringeren Kosten für das Saatgut entstehen. Mehrfachbelegungen von über 80 % und somit ein um 80 % höherer Saatgutaufwand sind nicht akzeptabel. Zwar ist die Aussaat mit Einzelungsscheiben mit einem Lochdurchmesser von 1,2 mm zu empfehlen, dennoch wurden im Feldversuch zum Vergleich auch die Einzelungsscheiben mit einem Lochdurchmesser von 2,2 mm eingesetzt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Abdrehsprobe (\bar{x} = arithmetisches Mittel, s = Standardabweichung)

Lochdurchmesser [mm]	Position Abstreifer	Mehrfachbelegung [%]	
		\bar{x}	s
2,2	3	80,7	16,5
2,2	1	97,5	3,8
1,5	3	33,8	2,8
1,5	1	28,4	3,1
1,2	3	3,9	3,4
1,2	1	15,3	2,5

Im Feldversuch 2014 wiesen die Varianten der Einzelungsscheiben mit 1,2 mm Lochdurchmesser signifikant geringere Feldaufgänge auf als die Varianten, in denen Einzelungsscheiben mit 2,2 mm Lochdurchmesser eingesetzt wurden (Abbildung 6). Trotz der fehlenden Pflanzen in den Varianten mit den Einzelungsscheiben mit 1,2 mm Lochdurchmesser ist ein Umbruch der Fläche erst bei weniger als 4 Pflanzen pro Quadratmeter in Betracht zu ziehen (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Da die Varianten der Einzelungsscheiben mit 1,2 mm Lochdurchmesser Feldaufgänge von 75 bzw. 82 % aufweisen ist diese Bestandesdichte, trotz der fehlenden Pflanzen, zur Etablierung des Bestandes ausreichend.

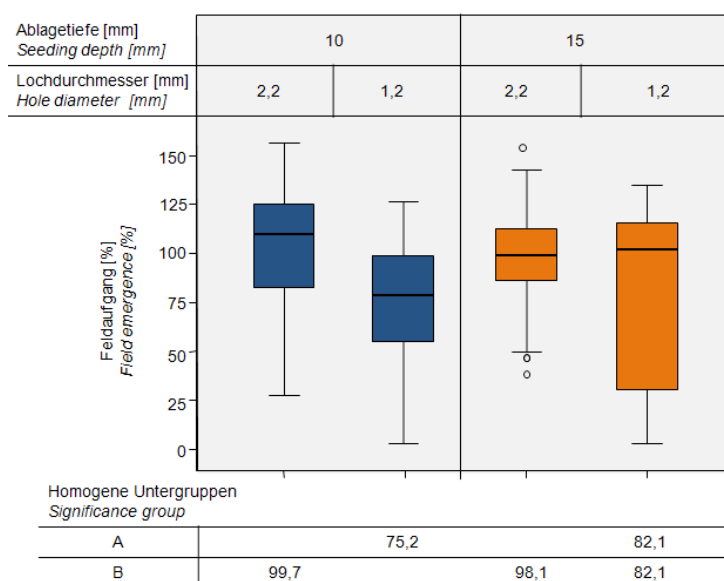


Abbildung 6: Feldaufgänge in Abhängigkeit vom Lochdurchmesser der Einzelungsscheibe

Unabhängig vom getesteten Nachläufer wiesen die Varianten mit einer Ablagetiefe von 15 mm höhere Feldaufgänge auf als die Varianten mit einer Ablagetiefe von 10 mm (Abbildungen 7 und 8). Die Triebkraft der Saatkörner reichte aus, um die Bedeckung zu durchstoßen. Zusätzlich wurde das Auflaufen der Saatkörner durch die günstigen Witterungsbedingungen (Temperaturen um 20 °C und konstanter, leichter Regen) begünstigt. Bereits RADEMACHER (1990) weist auf die Bedeutung des Nachläufers für die Verbesserung des Feldaufgangs hin.

Bei der Testmaschine schließt Nachläufer 1 die Saatsfurche und drückt diese an. Nachläufer 2 erzielt hingegen keine Saatgutbedeckung, sodass die Saatkörner an der Oberfläche verbleiben und vertrocknen. So lassen sich die geringeren Feldaufgänge der Varianten mit Nachläufer 2 erklären. Dennoch eignet sich der Nachläufer 2 für die Aussaat der Durchwachsenen Silphie, wenn zusätzlich Zustreicher eingesetzt werden.

Bei Verwendung der modifizierten Säschar lag der Nachläufer 1 im Vergleich zu dem Standard-säschar einheitlich auf der Saatfurche auf. Obwohl damit eine einheitliche Bedeckung der Saatkörner erzielt werden konnte, weisen diese Varianten geringere Feldaufgänge auf. Es wird vermutet, dass durch die Rückverfestigung der Saatgutbedeckung der Druck auf die Saatkörner zu hoch war und die Saatkörner die Bedeckungsschicht nicht durchstoßen konnten. Bei den Varianten mit dem Nachläufer 2 ist der Effekt des Säschars nicht so ausgeprägt wie bei Nachläufer 1 (Abbildungen 7 und 8). Begründet werden kann dies dadurch, dass der Nachläufer 2 weder bei den Standard-Säscharen, noch bei den modifizierten Säscharen die Saatfurche geschlossen hat.

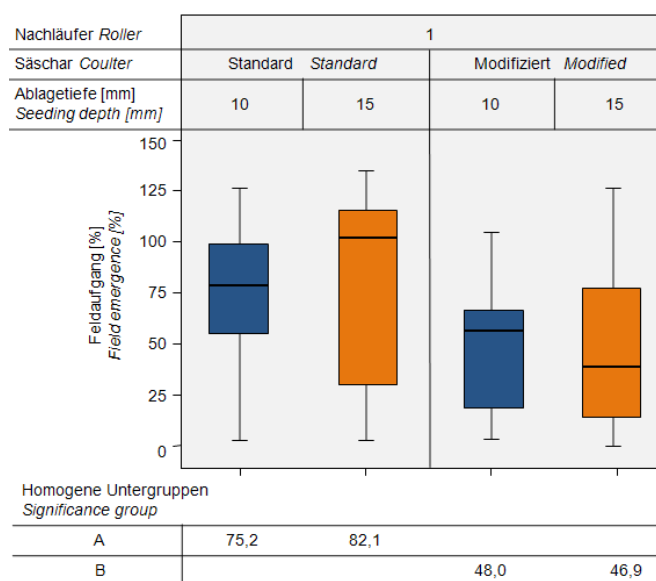


Abbildung 7: Feldaufgang in Abhängigkeit von der Ablagetiefe bei Verwendung des Nachläufers 1

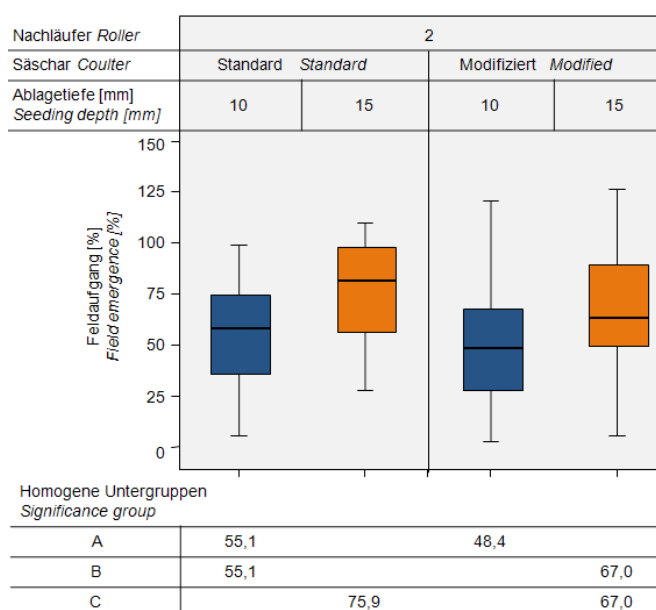


Abbildung 8: Feldaufgang in Abhängigkeit von der Ablagetiefe des Nachläufers 2

Schlussfolgerungen

Die Durchwachsene Silphie lässt sich mit praxisüblicher Einzelkornsätechnik etablieren. Durch Modifikationen der Einzelkornsämaschine kann ein verbessertes und gleichmäßigeres Auflaufergebnis erzielt werden. Die Lochgröße der Einzelungsscheibe ist zur Vermeidung von Doppelbelegungen bzw. zur Reduzierung des Saatgutaufwands anzupassen. Eine Veränderung der Abstreiferposition führte nicht zur Ablösung überschüssiger Körner und hatte deshalb keinen Effekt auf die Mehrfachbelegungen. Trotz der geringen Triebkraft der Saatkörner empfiehlt sich eine Ablage der Saatkörner auf 15 mm Tiefe, da bei einer flacheren Ablage die Gefahr des Austrocknens der Saatkörner besteht. Es wurde gezeigt, dass unterschiedliche Nachläufer eingesetzt werden können. Entscheidend für einen gleichmäßigen Feldaufgang ist die einheitliche Bedeckung der Saatkörner. Bei der Verwendung von Nachläufern, die die Saatfurche nicht schließen, sondern nur rückverfestigen (Nachläufer 2), sind Zustreicher einzusetzen. Wird die Bedeckungsschicht zu stark rückverfestigt, reicht die Triebkraft der Saatkörner nicht aus, um durch die Oberfläche hindurch zu wachsen. Wegen der hohen Anforderungen an die präzise Einbettung ist eine Mulchsaat keine Option. Die Optimierung der Bestandesetablierung ist Voraussetzung für die Ausdehnung der Anbaufläche und eine Ergänzung von Durchwachsener Silphie als Biogassubstrat.

Literatur

- Amazonen-Werke (2005): Betriebsanleitung Amazone Einzelkorn-Sämaschine MG 1234. Hrsg.: Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen
- Biertümpfel, A. (2011): Anbautelegramm Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
- Biertümpfel, A.; Conrad, M.; Blüthner, W.-D. (2012): Korbblütler könnte Mais verdrängen. Biogas Journal Sonderheft Energiepflanzen, S. 38–41
- Biertümpfel, A.; Conrad, M. (2013): Abschlussbericht Teilvorhaben 2: „Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial“. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, S. 5
- Biertümpfel, A.; Reinhold, G.; Götz, R.; Zorn, W. (2013): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
- FNR (2013): Biogas. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), S. 4–6
- Rademacher, T. (1990) Der Einfluss von Einbettungs- und Bedeckungswerkzeugen am Zuckerrüben-Einzelkornsägerät auf den Feldaufgang und den bereinigten Zuckerertrag. Dissertation, VDI-MEG Nr. 179, Institut für Landtechnik, Universität Bonn

Autoren

Andreas Schäfer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Tobias Meinhold** war von 2010 bis 2014 wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Dr.-Ing. Lutz Damerow** ist Akademischer Oberrat und **Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze Lammers** ist Leiter der Sektion Systemtechnik in der Pflanzenproduktion am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn, E-Mail: a.schaefer@uni-bonn.de

Danksagung

Ein Dank geht an die Firma AMAZONE für die Bereitstellung der Maschine. Ebenfalls bedanken wir uns bei der Firma Chrestensen für die Bereitstellung des Saatgutes und die gute Zusammenarbeit. Außerdem möchten wir uns bei dem Team des Campus Klein-Altendorf für die Bereitstellung der Versuchsfelder und der Unterstützung bei den Feldversuchen bedanken.