

# Auswirkungen mechanischer Beikrautregulierungssysteme auf die Sojabohnenerträge im ökologischen Landbau in Luxemburg

Leimbrock-Rosch L<sup>1</sup>, Keßler S<sup>1</sup>, Richard D<sup>2</sup>, Stoll E<sup>1</sup> & Zimmer S<sup>1</sup>

*Keywords: Sojabohnen, Mechanische Beikrautregulierung, Anbauversuch, Luxemburg*

## Abstract

*Soybean is not yet an established crop in Luxembourg and knowledge gaps in mechanical weed control turn out. Five different weed control treatments, a negative and a positive control were tested in a randomized complete block design with four replicates at 3 organically managed sites. Mechanical weed control in soybean cultivation showed a high efficiency. In the study years, where water stress was the main limiting factor, higher yields were generally achieved with hoeing compared to harrowing. Yields were moreover comparable for hoeing and hand-weeding. For harrowing compared to no-weed control yields were similar. Hoeing was observed to have a better selectivity towards weeds than harrowing. In the latter, greater plant losses and damages to the soybean crop resulted in higher weed establishment and infestation. This resulted in increased water competition between soybeans and weeds in harrowing compared to hoeing treatments, negatively influencing yield.*

## Einleitung und Zielsetzung

Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) sind wichtige Proteinquellen in der Tierernährung und decken in Europa 70 % der Kraffuttermittel von Monogastriern und Rindern ab (Bernet et al., 2016). Im Rahmen der Europäischen Soja-Erklärung (2017) zielt Luxemburg auf die Steigerung des regionalen Anbaus von Sojabohnen und Eiweißpflanzen. Ausschlaggebend dafür ist die derzeitige Abhängigkeit von Importen aus überwiegend Nord- und Südamerika. Die Sojabohne ist in Luxemburg noch keine etablierte Kulturpflanze und Wissenslücken bestehen vor allem bei der mechanischen Beikrautregulierung (Zimmer, 2016). Im Rahmen des Projektes LeguTec wurde die Effizienz von mechanischen Beikrautregulierungssystemen zur Maximierung des Sojaertrags überprüft.

## Methoden

In den Anbaujahren 2018 (18) und 2019 (19) wurden an drei ökologisch bewirtschafteten Standorten in Luxemburg (Manternach (M), Sprinkange (S) und Hostert (H)) fünf Systeme sowie zwei Kontrollen in einem randomisierten vollständigen Blockdesign mit vier Wiederholungen im Sojaanbau getestet: Negativkontrolle (t.1<sub>neg</sub>) ohne Beikrautregulierung; Positivkontrolle (t.2<sub>pos</sub>), manuelle Beikrautregulierung; Striegel (t.3<sub>Striegel</sub>); Hacke mit Gänsefußscharen (t.4<sub>Hacke</sub>); t.4<sub>Hacke</sub> plus Fingerhacken (t.5<sub>Hacke+</sub>); flexibles System aus t.3<sub>Striegel</sub>, t.4<sub>Hacke</sub> und t.5<sub>Hacke+</sub> (t.6<sub>Komb</sub>) und Mischfruchtanbau von Soja und Leindotter (t.7<sub>Mix</sub>). Zu verschiedenen Zeitpunkten

---

<sup>1</sup> Institut für Biologisches Landbau an Agrarkultur Luxemburg a.s.b.l., 27, Op der Schanz, 6225, Altrier, Luxemburg, [leimbrock@ibla.lu](mailto:leimbrock@ibla.lu), [zimmer@ibla.lu](mailto:zimmer@ibla.lu), <https://www.ibla.lu>

<sup>2</sup> Hochschule Osnabrück, Faculty of Agricultural Sciences and Landscape Architecture, Am Krümpel 31, 49090, Osnabrück, Deutschland, [d.richard-guionneau@hs-osnabrueck.de](mailto:d.richard-guionneau@hs-osnabrueck.de)

während der Vegetationsperiode wurden Beikraut- und Pflanzenmerkmale (z.B. Beikrautdeckung, Bestandesdichte) sowie Ertrag (86 % TS) und Ertragsstruktur bestimmt. Pflanzenverluste und Beikrautregulierungseffizienz (WCE) wurden berechnet. Die Daten wurden aufgrund der Verfügbarkeit von nur zwei aufeinanderfolgenden Versuchsjahren und der unterschiedlichen Standortmerkmale (z.B. Bewirtschaftung und pedoklimatische Bedingungen), standort- und jahresspezifisch behandelt. Die Daten wurden mittels ANOVA und Tukey-HSD-Test analysiert ( $p < 0,05$ ). Zur Bewertung von Zusammenhängen zwischen signifikanten Variablen wurde eine Korrelationsanalyse (Pearson-Korrelation,  $p < 0,05$ ) durchgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

Die mechanische Beikrautregulierung im Sojaanbau zeigte eine hohe Wirksamkeit. Hacken ( $t_{4\text{Hacke}}$ ,  $t_{5\text{Hacke+}}$  und  $t_{6\text{Kombi}}$ ) erzielte durchgehend höher Erträge als Striegeln ( $t_{3\text{Striegel}}$  und  $t_{7\text{Mix}}$ ), wie in Tabelle 1 dargestellt. Signifikante Ertragsunterschiede ( $p < 0,05$ ) wurden für alle Standorte mit Ausnahme von Manternach (M) beobachtet. So zeigte z.B. S19 in  $t_{6\text{Komb}}$  ( $14,5 \text{ dt ha}^{-1}$ ) signifikant höhere Erträge als in  $t_{3\text{Striegel}}$  ( $7,5 \text{ dt ha}^{-1}$ ). Die drei Hacksysteme ( $t_{4\text{Hacke}}$ ,  $t_{5\text{Hacke+}}$ ,  $t_{6\text{Kombi}}$ ) untereinander unterschieden sich an keinem der Standorte und in keinem der beiden Jahre, unabhängig davon, ob mit oder ohne Fingerhacken Applikationen gearbeitet wurde. Dies steht im Einklang mit Pannacci et al. (2018), die keine Ertragsunterschiede innerhalb verschiedener Hackvorrichtungen beobachteten. Die Erträge der Hacksysteme waren mit  $t_{2\text{pos}}$  vergleichbar. Auch zeigten die Striegelsysteme ähnliche Ergebnisse wie  $t_{1\text{neg}}$ . In Bezug auf Letzteres wurde von Kunz et al. (2015) gleiche Beobachtungen beschrieben. Der Striegel wurde hier als gleichwertige alternative Methode aufgezeigt.

**Tabelle 1: Mittlerer Sojabohnenertrag [ $\text{dt ha}^{-1}$ ] bei 86 % TM der verschiedenen Methoden für die drei Versuchsorte und die beiden Versuchsjahre. Die Mittelwerte, gefolgt von einem gemeinsamen Buchstaben innerhalb jeder Spalte, unterscheiden sich bei  $p < 0,05$  nicht signifikant nach dem Tukey-HSD-Test, oder dem Fisher-LSD-Test und der ANOVA  $p \leq 0.1$  (\*). Die Erträge für H19 wurden anhand der Ertragsstruktur geschätzt (2019<sub>est</sub>).**

Variante	Ertrag [ $\text{dt ha}^{-1}$ ] 86 % TM											
	Manternach (M)				Sprinkange (S)				Hostert (H)			
	2018		2019(*)		2018		2019		2018		2019 <sub>est</sub>	
$t_{1\text{neg}}$	11,8	n.s.	8,1	bc	12,7	ab	5,4	c	6,7	b	7,8	b
$t_{2\text{pos}}$	13,6		9,5	abc	16,2	a	-		15,1	a	14,6	ab
$t_{3\text{Striegel}}$	13,8		7,2	c	10,3	b	7,5	bc	8,2	b	8,5	ab
$t_{4\text{Hacke}}$	14,0		13,1	ab	13,9	ab	12,5	ab	10,1	ab	19,9	a
$t_{5\text{Hacke+}}$	14,8		14,4	a	13,9	ab	12,5	ab	10,0	ab	17,8	ab
$t_{6\text{Kombi}}$	13,9		12,6	abc	14,1	ab	14,5	a	10,4	ab	13,8	ab
$t_{7\text{Mix}}$	12,8		7,8	bc	11,2	b	7,1	bc	7,5	b	7,2	b

Höhere Pflanzenverluste wurden beim Striegeln beobachtet (M19: 18,6 % in t.3<sup>Striegel</sup> signifikant höher als 0,4 % in t.4<sup>Hacke</sup>), was auf eine negative Beeinflussung des Pflanzenwachstum und Ertragseinbußen deutet. Auch zeigten Fingerhacken tendenziell höhere Pflanzenverluste innerhalb der Hacksysteme. Die Beikrautdeckung zum Zeitpunkt der Blüte war beim Hacken deutlich geringer als beim Striegeln (z.B. S18: 6,2 % in t.5<sup>Hacke+</sup> im Vergleich zu 24,6 % in t.3<sup>Striegel</sup>).

Parameter zum Vorkommen von Beikräutern zeigten hohe negative Korrelationen mit dem Sojabohnenertrag, was darauf hindeutet, dass der Ertrag die Wirksamkeit der Beikrautregulierung widerspiegelt. So wurden bspw. signifikante Korrelationen zwischen dem Ertrag und der Beikrautdeckung zur Blüte aufgezeigt mit u.a.:  $r = -0,94$  ( $p = 0,002$ ) für S18 und  $r = -0,97$  ( $p = 0,000$ ) für H18.

Zudem zeigte sich eine höherer Effizienz der Beikrautregulierung (WCE) mit Hacken (z.B. H19: 15 % WCE in t.3<sup>Striegel</sup> im Vergleich zu 77 % WCE in t.4<sup>Hacke</sup>). Eine unzureichende Beikrautregulierung wurde allgemein mit dem Striegel erreicht mit bspw. weniger als 20 % Effizienz in S18 und H19. Dies steht im Einklang mit Pannacci et al. (2018), die ebenfalls herausstellten, dass einfaches Hacken bei Beikraut am wirksamsten war, obwohl das Hacken keine effektive Beikrautregulierung in der Reihe ermöglichte.

Standort und Wetter beeinflussten den Beikrautdruck. M18 hatte einen geringen Beikrautdruck und ermöglichte eine gute Regulierung in allen Systemen, während H18 hohem Druck ausgesetzt war, der alle Erträge einschränkte. Eine konsequente Feldbewirtschaftung während der gesamten Fruchtfolge zur Verringerung des Beikrautdrucks ist daher der Schlüsselfaktor zur Maximierung des Sojabohnenertrags. Darüber hinaus waren die Erträge in beiden Jahren aufgrund mangelnder Niederschläge während der Blüte und der Hülsenbildung begrenzt. Wasserstress wurde daher als wichtigster limitierender Faktor des Sojabohnenertrags ermittelt. Der Mischfruchtanbau mit Leindotter ist insbesondere während der trockenen Versuchsjahre für Luxemburg nicht geeignet.

## Schlussfolgerungen

Die Hacke, unabhängig des Einsatzes von Fingerhacken, ist die beste Option für die Beikrautregulierung und die Ertragsoptimierung im Sojabohnenanbau in Luxemburg. Sollten jedoch anhaltende Sommertrockenheitstendenzen weiterhin häufiger auftreten, werden Erträge erheblich beeinträchtigt und die Rentabilität des Anbaus eingeschränkt. Daher sind weitere Untersuchungen zu trockenheitsangepassten Sorten erforderlich, um das langfristige Ziel einer nachhaltigen Sojabohnenproduktion in Luxemburg zu erreichen.

## Danksagung

Das Projekt LeguTec "Nachhaltige, ressourcenschonende Eiweißproduktion durch mechanische, Herbizid freie Beikrautregulierungstechniken im Körnerleguminosenanbau am Beispiel der Sojabohne" wurde vom Oeuvre Nationale de Secours Grande-Duchesse Charlotte und Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural finanziert und zudem von der König-Baudouin-Stiftung und der Belgischen Nationallotterie unterstützt. Ein Dank geht an die Sponsoren und partizipierten Landwirte.

## Literatur

- Bernet T, Recknagel J, Asam L & Messmer M (2016) Biosoja aus Europa: Empfehlungen für den Anbau und den Handel von biologischer Soja in Europa, FiBL. ed.
- Kunz C, Weber J F & Gerhards R (2015). Benefits of Precision Farming Technologies for Mechanical Weed Control in Soybean and Sugar Beet—Comparison of Precision Hoeing with Conventional Mechanical Weed Control. *Agronomy* 2015, 5, 130-142; doi:10.3390/agronomy5020130.
- Pannacci E, Tei F & Guiducci M. (2018). Evaluation of mechanical weed control in legume crops. *Crop Protection* 104 (2018) 52-59. doi: 10.1016/j.cropro.2017.10.014.
- Zimmer S, Liebe U, Didier J-P & Heß J (2016) Luxembourgish farmers' lack of information about grain legume cultivation. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 2. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0339-5>