

Wirkung von Rhizobien-Impfmitteln auf Ertragsparameter und Rohproteinерtrag der Schmalblättrige Lupine

Böhm H¹, Homfeldt L¹ & Rinke N¹

Keywords: Rhizobien, Impfmittel, Lupine, Ertrag, *Lupinus angustifolius* L.

Abstract

The aim of the study was to test different Rhizobia-inoculants for Lupinus angustifolius L.. The inoculants are based on liquids (LIQUIFIX®, RADICIN®-Lupin, RhizoFix® RF-40, rhizo power®, TurboLupin), peat (HISTICK® and LEGUMEFIX®) or charcoal with rock flour (Legumino®). The field trial with four replications was conducted in Northern Germany from 2020 to 2021. Lupins had never been grown before on the chosen fields, or the cultivation was already 16 years ago. The results show very different characteristics for the two experimental years with an overall significantly higher yield level with an average of 29.31 dt ha⁻¹ in 2021 compared to 15.18 dt ha⁻¹ in 2020. In 2020 were significant differences for all tested parameters, but in 2021 no significant differences were found. In 2020, the variant LEGUMEFIX® had significantly the highest grain yields, except for HISTICK®. The highest RP yields were observed for LEGUMEFIX® and LIQUIFIX®. HISTICK® and LIQUIFIX® showed the highest thousand grain weights, and growth height was highest for LEGUMEFIX®, followed by HISTICK® and LIQUIFIX®. The number and color of the nodules showed a somewhat inconsistent picture. In 2021, not only the yield was significantly higher, but also the number of nodules. This could be due to more favorable weather conditions, but also to the earlier cultivation of lupins on this site.

Einleitung und Zielsetzung

Leguminosen, zu denen auch die Schmalblättrige Lupine zählt, besitzen die besondere Eigenschaft, in Symbiose mit Bakterien (Rhizobien) molekularen Stickstoff aus der Luft umzuwandeln und somit pflanzenverfügbar zu machen. Die Rhizobien dringen in die Wurzelhaare der Lupine ein, vermehren sich und differenzieren sich zu Bakteroiden. In dem dadurch entstehenden Wurzelknöllchen wandeln die Bakterioide den Luftstickstoff (N₂) mithilfe des Multienzymkomplexes Nitrogenase zu Ammoniak (NH₃) um. Die Rhizobien sind spezifisch für die verschiedenen Leguminosenarten. Für die Lupine ist es *Bradyrhizobium lupini*. Da die spezifischen Rhizobien der Lupine natürlicherweise in unzureichender Anzahl in den heimischen Böden vorkommen, sollte das Saatgut vor der Aussaat mit speziellen Rhizobien-Impfmitteln beimpft werden (O'Hara et al. 2013). Hintergrund ist die Gewährleistung einer guten Knöllchenbildung und damit die Sicherstellung der Stickstoffversorgung mit guten Erträgen und hohen Proteingehalten. Dies ist auch Beratungsempfehlung in Deutschland (GFL 2016), wenn auf den Flächen länger als 8-10 Jahre keine Lupinen oder Seradella angebaut wurden. Am Markt sind zudem unterschiedliche Rhizobien-Impfmittel im Angebot, sodass die Wirkung der verschiedenen Rhizobien-Impfmittel auf ausgewählte pflanzenbauliche Parameter der Schmalblättrigen Lupine (*Lupinus angustifolius* L.) geprüft werden sollte. Bislang liegen

¹ Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847, Westerau, Deutschland, herwart.boehm@thuenen.de, www.thuenen.de

hierzu kaum Studien vor. Untersuchungen verschiedener Rhizobien-Impfmittel an der Sojabohne zeigten deutliche Unterschiede (Ott und Butz 2019).

Material und Methoden

In den Jahren 2020 und 2021 wurde am Standort Trenthorst (sL, 53 BP, pH 6,3) ein Parzellenversuch mit 4 Feldwiederholungen als randomisierte Blockanlage zur Wirkung unterschiedlicher Rhizobien-Impfmittel an der Schmalblättrigen Süßlupine (*Lupinus angustifolius* L.), Sorte Boregine (Züchter: Saatzucht Steinach), durchgeführt. Im Jahr 2020 wurde der Versuch auf einer Fläche etabliert, auf der entsprechend den Zeichnungen des Versuchsbetriebes noch nie Lupinen angebaut wurden. Im Jahr 2021 stand eine Fläche zur Verfügung, auf der bislang nur einmal vor 16 Jahren (2005) die Schmalblättrige Lupine angebaut wurde. Geprüft wurden in dem Versuch folgende Impfmittel: HISTICK® [BASF SE (DE), nur 2020], LEGUMEFIX® und LIQUIFIX® [LegumeTec (GB), Vertrieb Gartensoja.de], Legumino® Lupine [Saphium Biotechnology GmbH (AT), nur 2021], RADICIN®-Lupin [Jost GmbH (DE)], RhizoFix® RF-40 [Feldsaaten Freudenberger GmbH & Co. KG (DE)], rhizo power® [nadicom GmbH (DE)], TurboLupin [Rizobacter Argentina S.A. (AR), Vertrieb SAATBAU LINZ eGen (AT)]. Die Impfmittel sind überwiegend flüssig formuliert mit Ausnahme der Mittel HISTICK® und LEGUMEFIX® (beide auf Torfbasis) und Legumino® (auf Basis Holzkohle und Gesteinsmehl). Alle Impfmittel wurden nach den Angaben der Hersteller eingesetzt. Die Beimpfung des Saatgutes erfolgte direkt vor der Aussaat. Nach der Ausbringung eines jeden Impfmittels wurde die Parzellendruckmaschine sorgfältig mit Luftdruck und Getreide gereinigt. Zum Vergleich wurde eine unbehandelte Kontrolle angelegt. Die Aussaat erfolgte am 08.04.2020 bzw. am 28.04.2021. Die Parzellengröße betrug 25 m². Zur Ertragsfeststellung erfolgte ein Kerndrusch von 14 m². Zur Erfassung der Trockenmasse ha⁻¹ wurde ein Teil der Körner für 24 h bei 105°C getrocknet. Das Tausendkorngewicht (TKG) wurde an den gereinigten Kornproben an jeweils drei Stichproben mit je 200 Körnern mithilfe eines Kornzählgerätes (Condator, Fa. Pfeuffer) ermittelt. Die Rohproteinanalyse erfolgte in 2021 mithilfe eines CNS-Analysators (Vario MAX Cube Elementar Analysensysteme) und 2020 mittels NIRS. Zur Berechnung des Rohproteingehaltes (RP) wurde der N-Gehalt mit dem Faktor 6,25 multipliziert. Durch die Multiplikation des Rohproteingehaltes mit dem Kornertrag wurde der RP-Ertrag mit der Bezugsgröße dt RP ha⁻¹ berechnet. Während der Vegetationsperiode wurden die Entwicklungsstadien (verändert nach Dracup und Kirby 1996) regelmäßig und die Wuchshöhe zur Vollblüte und zum Blühende erhoben. Zur Blüte erfolgte zudem die Erfassung der Knöllchenanzahl und -farbe. Hierfür wurden pro Parzelle 10 Pflanzen ausgegraben und die Wurzeln schonend ausgewaschen. Die Knöllchenanzahl wurde an jeder einzelnen Pflanzenwurzel ausgezählt, wobei dies an der 10-15 cm langen Pfahlwurzel und an den Seitenwurzeln an den ersten 5 cm erfolgte. Zusätzlich wurde die Knöllchenfarbe an den fünf größten Knöllchen einer Pflanze von jeweils fünf Pflanzen pro Parzelle ermittelt und in die Kategorien sehr aktiv (rot), aktiv (blassrosa), inaktiv (weiß) oder tot (braun-schwarz) eingeteilt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen für die beiden Versuchsjahre sehr unterschiedliche Ausprägungen mit einem insgesamt deutlich höherem Ertragsniveau mit durchschnittlich 29,31 dt ha⁻¹ in 2021 gegenüber 15,18 dt ha⁻¹ in 2020. In 2020 (Tabelle 1) lagen für alle geprüften Parameter signifikante, in 2021 (Tabelle 2) jedoch keine signifikanten Unterschiede vor.

Im Jahr 2020 (Tabelle 1) wies die Variante LEGUMEFIX®, mit Ausnahme zu HISTICK®, den signifikant höchsten Kernertrag auf, während RADICIN® den geringsten Ertrag zeigte. Die höchsten RP-Erträge wurden für LEGUMEFIX® und LIQUIFIX® festgestellt. HISTICK® und LIQUIFIX® zeigten die höchsten Tausendkorngewichte, während die Wuchshöhe bei LEGUMEFIX® am höchsten war, gefolgt von HISTICK® und LIQUIFIX®. Bei den Parametern Knöllchenanzahl und -farbe zeigte sich ein etwas uneinheitliches Bild: Während die Knöllchenanzahl bei LEGUMEFIX®, LIQUIFIX® und rhizo power® am höchsten waren, zeigte die Knöllchenfarbe für LIQUIFIX® und TurboLupin die höchsten und für HISTICK® und TurboLupin die niedrigsten Werte.

Tabelle 1: Ertrag und Rohproteinertrag (RP-Ertrag) sowie Tausendkorngewicht (TKG), Wuchshöhe (WUH), Knöllchenanzahl und -farbe für die geprüften Rhizobien-Impfmittel und der unbehandelten Kontrolle im Jahr 2020

Rhizobien-Impfmittel	Ertrag [dt ha ⁻¹]	RP-Ertrag [dt ha ⁻¹]	TKG [g]	WUH [cm]	Anzahl Knöllchen	Knöllchen- farbe
Kontrolle	13,66 bc	3,36 ab	154,8 b	43,60 b	8,08 c	2,80 bc
HISTICK®	16,82 ab	4,30 ab	168,3 a	50,47 ab	15,33 ab	2,27 c
LEGUMEFIX®	21,50 a	5,63 a	161,4 ab	55,42 a	20,09 a	2,73 bc
LIQUIFIX®	14,97 bc	5,04 a	168,1 a	47,34 ab	18,92 a	3,60 a
RADICIN®	10,30 c	2,15 b	155,7 b	45,31 b	10,38 bc	2,93 abc
RhizoFix®	15,00 bc	4,49 ab	161,9 ab	46,20 b	11,13 bc	2,80 bc
rhizo power®	15,12 bc	3,05 ab	162,7 ab	47,18 b	18,17 a	2,33 bc
TurboLupin	13,73 bc	4,46 ab	156,7 b	44,02 b	7,61 c	3,07 ab

LSMeans ohne gemeinsamen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten für die jeweiligen Parameter

Im Jahr 2021 wurde anstatt dem vom Markt genommenen HISTICK® das Rhizobien-Impfmittel Legumino® in die Prüfung einbezogen. Für die geprüften Parameter lagen in diesem Jahr keine signifikanten Unterschiede für die Rhizobien-Impfmittel vor (Tabelle 2). Auffallend neben den deutlichen Ertragsunterschieden zwischen den beiden Versuchsjahren war auch der deutlich höhere Knöllchenbesatz mit durchschnittlich 40,9 im Jahr 2021 gegenüber 14,35 im Jahr 2020.

Tabelle 2: Ertrag und Rohproteinertrag (RP-Ertrag) sowie Tausendkorngewicht (TKG), Wuchshöhe (WUH), Knöllchenanzahl und -farbe für die geprüften Rhizobien-Impfmittel und der unbehandelten Kontrolle im Jahr 2021

Rhizobien-Impfmittel	Ertrag [dt ha ⁻¹]	RP-Ertrag [dt ha ⁻¹]	TKG [g]	WUH [cm]	Anzahl Knöllchen	Knöllchen- farbe
Kontrolle	27,87	8,87	179,15	54,29	43,33	2,35
Legumino®	29,32	9,48	181,79	54,13	47,35	2,90
LEGUMEFIX®	27,13	8,55	179,54	54,50	44,07	2,05
LIQUIFIX®	30,71	9,75	178,97	56,71	38,45	2,10
RADICIN®	29,70	9,44	183,54	52,21	40,23	1,90
RhizoFix®	29,53	9,04	180,25	55,54	37,18	2,90
rhizo power®	29,72	9,20	186,10	53,63	39,18	2,55
TurboLupin	30,50	9,97	182,82	44,02	34,28	2,65

Bei keinem der erhobenen Parameter lagen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten vor.

Diskussion

Die Wirkung der Rhizobien-Impfmittel war in den beiden Versuchsjahren im Hinblick auf die geprüften Parameter sehr verschieden. Auf der Versuchsfläche in 2020 wurden bislang noch keine Lupinen angebaut, während auf der Fläche im Jahr 2021 vor 16 Jahren (Jahr 2005) das letzte Mal Lupinen angebaut wurden. Dieser Anbauabstand übertrifft jedoch bei weitem die derzeitige Beratungsempfehlung, dass nach einer Anbaupause von 8-10 Jahren das Saatgut mit Rhizobien-Impfmitteln behandelt werden sollte. Nicht nur der Anbauabstand kann den Impfmittelerfolg beeinflussen. Auch die Witterungsbedingungen nach Aussaat können einen Einfluss haben, d.h. bei anhaltend trockener Witterung nach der Saat kann die Wirkung zum Teil ausbleiben, je nachdem wie gut die Rhizobien im Boden überleben und die Lupinen noch besiedeln können. Um eine angemessene Knöllchenbildung zu gewährleisten, sind mindestens 100 bis 1000 Rhizobien pro Gramm Erde erforderlich. Während der Vegetationsperiode der Leguminose bilden sich Rhizobienpopulationen von bis zu 10^5 - 10^6 g^{-1} Boden. Unter günstigen Bedingungen wie einer guten Bodenfeuchte durch regelmäßige Niederschläge, können die Rhizobien mehrere Jahre saprophytisch im Boden überdauern, auch ohne den zwischenzeitlichen Anbau von Leguminosen. Genauere Angaben oder Ergebnisse liegen in der Literatur jedoch nicht vor. Ohne die Leguminose als Wirt, kommt es über die Zeit aber immer zu einem Rückgang der Rhizobiendichte. Hierfür sind vor allem abiotische Faktoren wie Trockenheit, hohe Temperaturen, niedrige pH-Werte oder starke UV-Strahlung (Triplett et al. 1993, Dilworth et al. 2007, O'Hara et al. 2013) verantwortlich. Die Knöllchenanzahl war 2021 deutlich höher als 2020. In 2021 waren diese auch in der Kontrolle sehr hoch, während 2020 die Kontrollvariante und TurboLupin die deutlich geringste Anzahl an Knöllchen aufwies. Eine Erklärung für den hohen Knöllchenbesatz in 2021 könnten günstigere Witterungsbedingungen als auch der frühere Anbau an Lupinen sein, wobei letzteres den gleich hohen Knöllchenbesatz erklären würde. Andererseits fiel nach der Aussaat 2020 über 3 Wochen kein Niederschlag, während in 2021 gleich nach der Aussaat Niederschläge einsetzten, die über 4 Wochen eine gute Durchfeuchtung des Bodens sicherstellten.

Grundsätzliche Unterschiede, die auf die Formulierungen der Rhizobien-Impfmittel zurückgeführt werden können, lagen in den beiden Versuchsjahren nicht vor. Impfmittel auf Torfbasis werden weltweit am häufigsten eingesetzt, die Nachfrage nach flüssigen Impfmitteln steigt aber, da ihre Anwendung verhältnismäßig einfach ist (O'Hara et al. 2013). Mit dem Impfmittel Legumino® wird erstmals ein Impfmittel auf Basis Holzkohle und Gesteinsmehl angeboten.

Literatur

- Dracup M & Kirby E J M (1996) Lupin Development Guide. University of Western Australia, 97 p.
- GFL (2016) Lupinen – Anbau und Verwertung. Hrsg.: Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V., 62 p.
- O'Hara G, Howieson J, Drew E, Ballard R, Herridge D, Gemmill G, Hartley E, Phillips L A, Deaker R, Denton M, Yates R, Seymour N & Ballard N (2013) Inoculating Legumes – a Practical Guide. Grains Research and Development Corporation, Kingston.
- Ott J & Butz A (2019) Produktionstechnische Versuche 2018, Wirkung von Bradyrhizobienpräparaten auf Ertrag und Eiweißgehalt von Sojabohnen (DGG 15-05). Online verfügbar unter <https://www.sojafaerderung.de/wp-content/uploads/2020/02/DGG-15-05-Kurzinfo-2018.pdf>. [Zuletzt besucht: 16.08.2022].
- Triplett E W, Albrecht K A & Oplinger E S (1993) Crop rotation effects on populations of *Bradyrhizobium japonicum* and *Rhizobium meliloti*. Soil Biology and Biochemistry 25, 781-784.
- Dilworth M J, James E K, Newton W E & Sprent J I (2007) Nitrogen-fixing Leguminous Symbioses. Springer-Verlag, Dordrecht.