

DGG 15-05

Kurzinfo 2022: Impfmittelversuch

 **Wirkung von Bradyrhizobienpräparaten auf Ertrag und Eiweißgehalt von Sojabohnen**



Versuchsbeschreibung

Versuchsfrage: Wirkung von Bradyrhizobienpräparaten auf Ertrag und Eiweißgehalt von Sojabohnen (DGG 15-05)

Versuchsjahr: 2022

Standorte: Forchheim (Rheinstetten), Tailfingen, Müllheim

Versuchsanlage: einfaktorielle Blockanlage

Wiederholungen: 4

Faktor	Nummer	Variante	Formulierung
Präparat (Vertrieb)	1	Kontrolle	
	2	Reinigungskontrolle	
	3	DIE SAAT Rhizobien Torf (RWA)	Torf
	4	LegumeFix (Legume Technology/Gartensoja)	Torf
	5	Rhizoliq Top S + Premax (Arysta LifeScience)	Flüssig
	7	LiquiFix (Legume Technology/Gartensoja)	Flüssig
	8	ProGrow PRX 736 (Progress Agrar)	Torf
	9	Impf Signum Soja + Premax (Baywa)	Flüssig
	10	Turbosoy + Sticker (SAATBAU Linz)	Flüssig
	11	MasterFixL (Stoller)	Flüssig
	12	Rhizo A (Agrosolutions)	Flüssig
	13	AGTIV Soybean Powder (Premier Tech Ltd)	Torf
	14	Rhizobien Granulat Nitrogen plus (RWA)	Granulat
	15	Preside CL (Verdesian)	Flüssig
	16	Rhizo Power (Nadicom)	Flüssig
	17	Rhizo Power BJMF (Nadicom)	Flüssig
	18*	Coating Nass (Instant Seed)	Ummantelung
	19*	Coating Trocken (Instant Seed)	Ummantelung
	20*	Referenzmittel für Coating Nass	Flüssig
	21*	Histick (BASF)	Torf

*Variante nur in Forchheim

Standortdaten für 2022

Ort	Boden-Klima-Raum	Höhen-lage (m ü. NN)	Jahresniederschlag (mm)	Jahres-temperatur (°C)	Boden art	Acker-zahl	Vor-frucht
Forchheim (Rheinst.)	Rhein-ebene und Nebentäler	117	866	12,6	IS	36	Körner-mais
Tailfingen	Mittelland BW	232	606	10,2	tL	81	Winter-weizen
Müllheim	Rhein-ebene und Nebentäler	224	675	11,1	uL	53	Winter-weizen

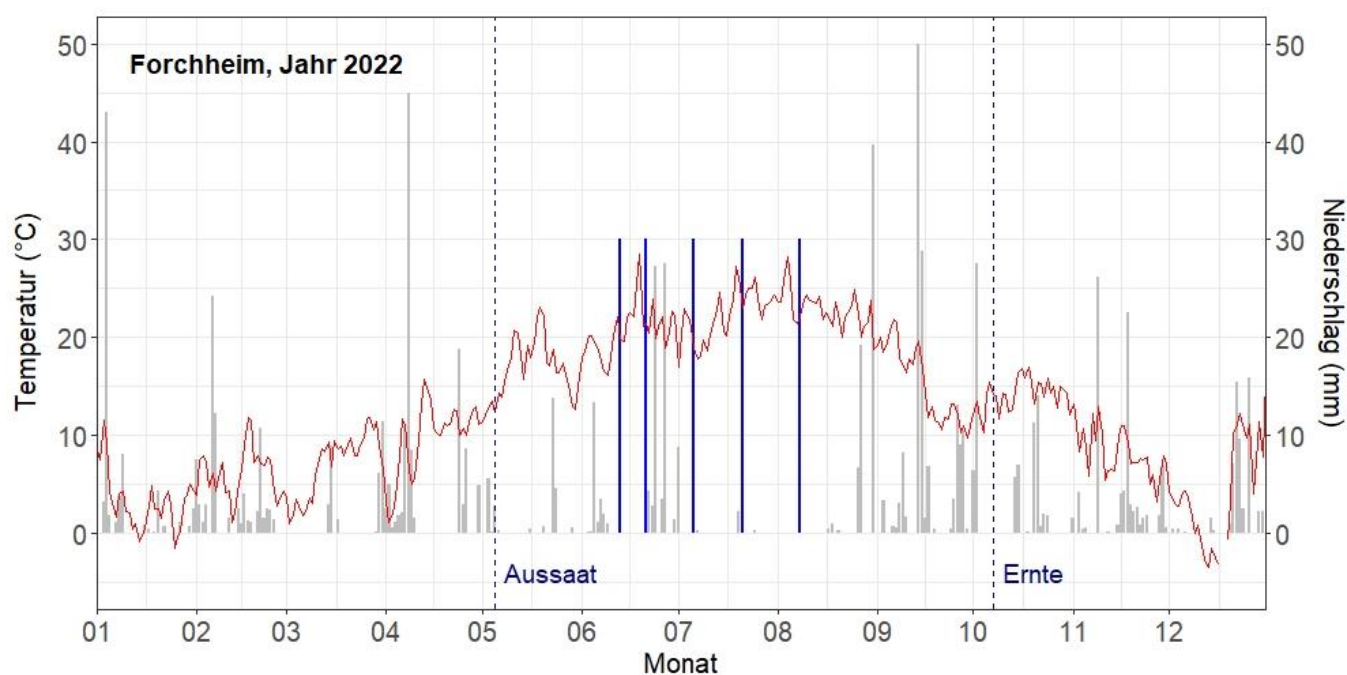


Abbildung 1: Temperatur (rote Linie) und Niederschlag (graue Balken) in Forchheim im Jahr 2022. Von Aussaat bis Ernte lag die Niederschlagssumme bei 197 mm und die durchschnittliche Temperatur bei 20,8 °C. Zusätzlich wurden 150 mm beregnet (blaue Balken).

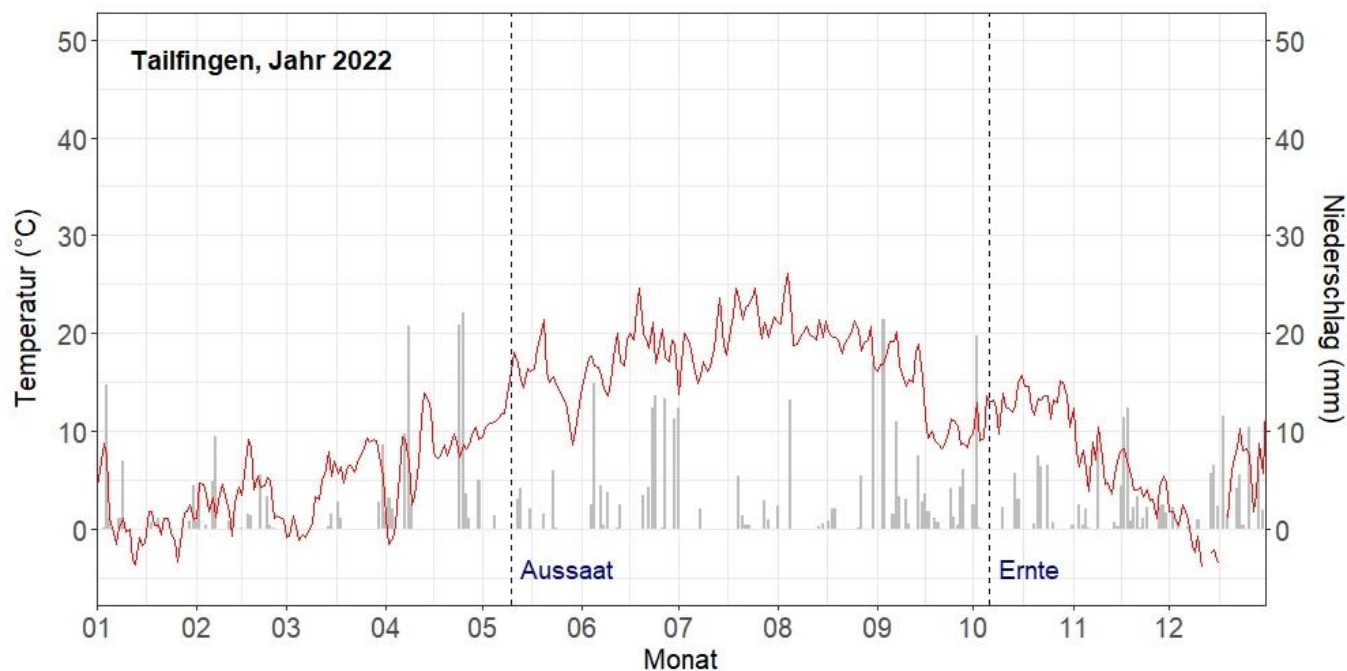


Abbildung 2: Temperatur (rote Linie) und Niederschlag (graue Balken) in Bondorf (ca. 500 m vom Versuchsfeld Tailfingen entfernt) im Jahr 2022. Von Aussaat bis Ernte lag die Niederschlagssumme bei 198 mm und die durchschnittliche Temperatur bei 18,3 °C.

Übersicht Versuchsdaten

Ort	Aussaat	Ernte
Forchheim (Rheinst.)	09.05.2022	07.10.2022
Tailfingen	10.05.2022	06.10.2022
Müllheim	03.05.2022	-

Pflanzenschutz (nichtfaktoriell)

Ort	Datum	BBCH	Mittel	Menge (kg/ha oder l/ha)	Wirkungsbereich
Forchheim (Rheinst.)	10.05.22	0	Centium 36 CS/ Artist	0,25/2,00	Herbizid
Forchheim (Rheinst.)	08.06.22	12	Clearfield-Clentiga/ Fusilade MAX	1,00/1,00	Herbizid
Tailfingen	11.05.22	0	Artist	2,00	Herbizid
Müllheim	04.05.22	0	Stomp Aqua/ Spectrum	1,6/0,8	Herbizid

Anmerkungen zur Versuchsdurchführung

Im Jahr 2022 wurde der Versuch an den Standorten Forchheim, Tailfingen und Müllheim angelegt. Auf den Flächen wurden bisher noch keine Sojabohnen angebaut, entsprechend sollten keine sojaspezifischen Bradyrhizobien-Bakterien im Boden vorhanden sein. Insgesamt setzte sich der Versuch aus 21 Varianten zusammen, wobei vier davon nur in Forchheim getestet wurden. Neben fünf Torf-basierten und elf flüssigen Impfmitteln wurden auch ein Granulat und erstmalig zwei Ummantelungen des Saatgutes (Coating Nass und Trocken) getestet. Um den Effekt des Coatings abzubilden wurden die hierfür verwendete Impfmittel auch direkt als Saatgut-Impfung angewendet. Für das Coating Nass wurde von Instant Seed Rhizo-Fix RF10 und für das Coating Trocken Histick verwendet. Hierfür wurde dasselbe Versuchssaatgut verwendet. Die Varianten 3 (DIE SAAT Rhizobien Torf), 4 (LegumeFix) und 5 (Rhizoliq Top S) dienen dabei als langjährige Referenz. Bei Verwendung dieser Impfmittel konnte bereits mehrjährig Knöllchenbildung und Stickstofffixierung nachgewiesen werden.

Die Torf-basierten und Flüssig-Impfmittel wurden direkt vor der Aussaat entsprechend der vom Hersteller angegebenen Aufwandmenge mit dem Saatgut vermengt. Die Aufbringung des Granulats erfolgte durch Beimischung zum Saatgut in der Sämaschine. Für die Coating-Varianten wurde die Saatmenge entsprechend der höheren Masse durch die Ummantelung angepasst. Der Versuch wurde mit 65 keimfähigen Körnern pro m² der Sorte Lenka gesät.

Zuerst erfolgte die Aussaat der ungeimpften Kontrolle (alle vier Wiederholungen). Anschließend wurden die Impfmittel nacheinander (jeweils alle vier Wiederholungen) ausgesät. Zwischen jedem Präparat wurde die Sämaschine gereinigt. Dafür wurde zuerst Druckluft verwendet und anschließend Getreide durch die Maschine gelassen. Als letzte Variante wurde eine weitere ungeimpfte Variante als Kontrolle der Reinigung ausgesät (Variante 2: Reinigungskontrolle). Die Unkrautkontrolle erfolgte mit praxisüblichen Voraufbauherbiziden.

An allen Standorten wurde zur Hauptphase der Hülseentwicklung (BBCH 75) der sog. Grünwert als indirekter Parameter für die Chlorophyllkonzentration gemessen (N-Tester, Yara). In Forchheim erfolgte außerdem an drei Wiederholungen eine Knöllchenbonitur. Nur für die Kontrolle und die Reinigungskontrolle wurden alle vier Wiederholungen bonitiert. Hierfür wurden drei Pflanzen aus dem Randbereich der Parzelle ausgegraben und mit Wasser von Boden befreit. Die Bonitur-Note wurde anhand der Einteilung des Department of Primary Industries and Regional Development, Australien (2015) durchgeführt. Bei mehr als 25 großen Knöllchen erhielt die Pflanze die Boniturnote 9. Die Pflanzenlänge wurde in der Phase der Frucht- und Samenreife an drei Pflanzen gemessen.

Die Ernte erfolgte parzellengenau. Die Tausendkornmasse wurde am trockenen Erntegut bestimmt. Aus dem nasschemisch analysierten Stickstoff-Gehalt wurde der Rohproteingehalt berechnet (Faktor 6,25). Der Versuch am Standort Müllheim konnte aufgrund eines Herbizid-Schadens nicht geerntet werden.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels gemischtem linearen Modell mit der Variante, Ort und Interaktion aus Variante und Ort als fixer Effekt. Aufgrund der unterschiedlichen Versuchsanlage zwischen den Standorten wurde jedem Standort ein eigenes Modell zugeordnet.

Ergebnisse

ERTRAG

Der mittlere Ertrag des Impfmittel-Versuches in Forchheim lag im Jahr 2022 bei 33,2 dt/ha bei 86 % TM. Der Ertrag der ungeimpften Kontrolle betrug 31,9 dt/ha (Abbildung 3). Im Mittel steigerten die Referenzmittel („DIE SAAT Rhizobien Torf“, „LegumeFix“ und „Rhizoliq Top S“) den Ertrag um 5,2 dt/ha gegenüber der ungeimpften Kontrolle (Mittlerer Ertrag der Referenzmittel: 37,1 dt/ha). Den höchsten mittleren Ertrag (39,5 dt/ha) erzielten Sojabohnen, die mit dem Impfmittel „DIE SAAT Rhizobien Torf“ geimpft wurden. Insgesamt war die Streuung über die Wiederholungen sehr hoch und einzelne Wiederholungen unterschieden sich um mehrere dt/ha. Die Standardabweichung reichte bis zu 5,7 dt/ha (Variante „LegumeFix“). Die Reinigungskontrolle hat sich in den untersuchten Parametern nicht signifikant von der Kontrolle unterschieden (Tabelle 1). Dies deutet darauf hin, dass eine Verschleppung von Impfmitteln bei der Aussaat durch die Reinigung vermieden wurde.

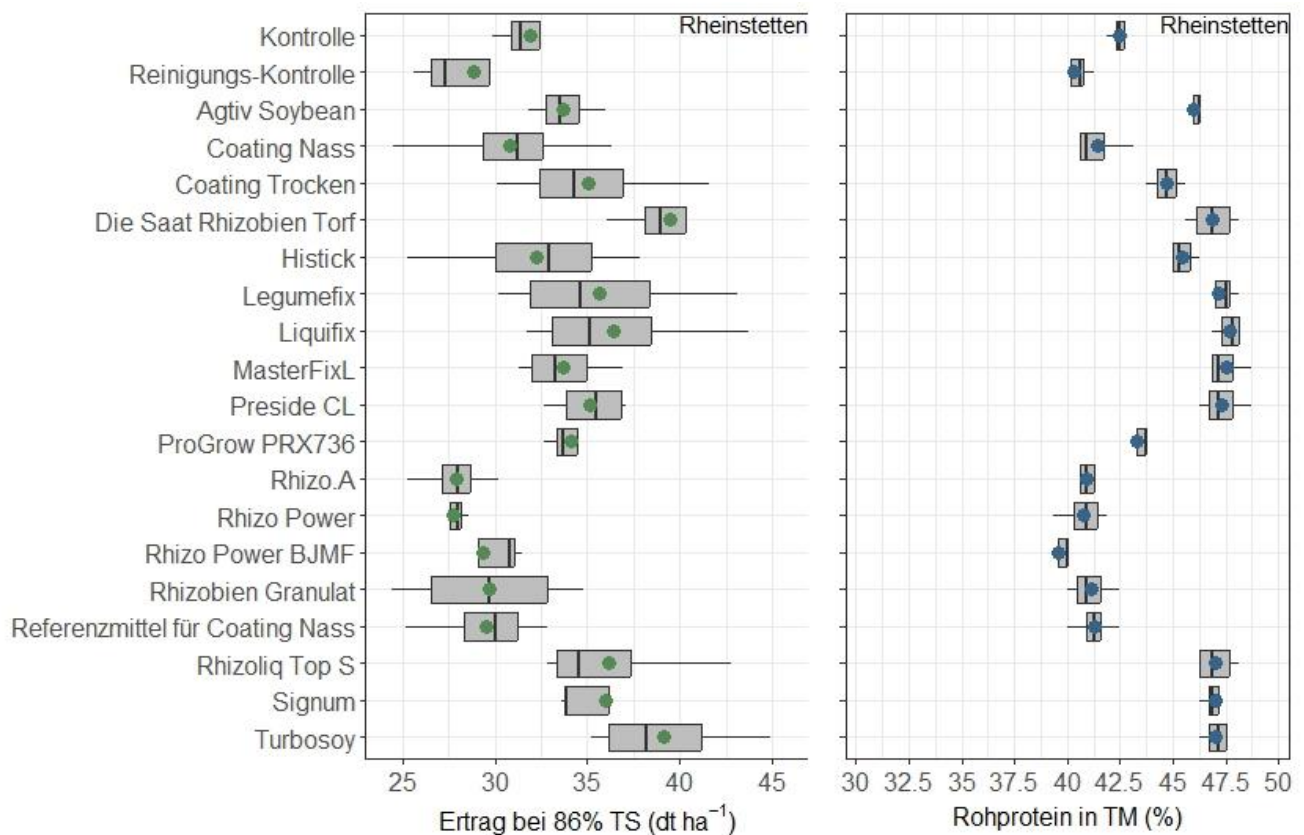


Abbildung 3: Ertrag bei 86 % Trockenmasse (dt/ha) (A) und Rohprotein-Gehalt in der Trockenmasse (%) (B) im Jahr 2022 am Standort Forchheim. Der Punkt • ist der Mittelwert der vier Wiederholungen, Boxplot stellt 25 % Quartile, Median und 75 % Quartile dar.

In Tailfingen wurden 2022 im Versuchsmittel 31,1 dt/ha bei 86 % TM geerntet (Abbildung 4). Der Ertrag der ungeimpften Kontrolle betrug 28,6 dt/ha. Der Ertrag der Referenzmittel lag im Mittel um 5,9 dt/ha über der ungeimpften Kontrolle. Den höchsten Ertrag erzielte die Variante mit dem Impfmittel „DIE SAAT Rhizobien Torf“ (mittlerer Ertrag 35,3 dt/ha). Aufgrund der deutlich geringeren Streuung im Ertrag zwischen den Wiederholungen einer Variante (maximale Standardabweichung 2,7 dt/ha) differenzieren die Varianten stärker als in Forchheim.

Die statistische Auswertung über beide Versuchsstandorte zeigt, dass sich neun Varianten im Ertrag nicht signifikant von der ungeimpften Kontrolle unterscheiden (Tabelle 1). Neben der Reinigungs-Kontrolle sind dies die Varianten: „ProGrow PRX 736“, „Rhizo A“, „Rhizobien Granulat Nitrogen plus“, „Rhizo Power“, „Rhizo Power BJMF“, „Coating Nass“ (Referenzmittel für „Coating Nass“ und „Histick“).

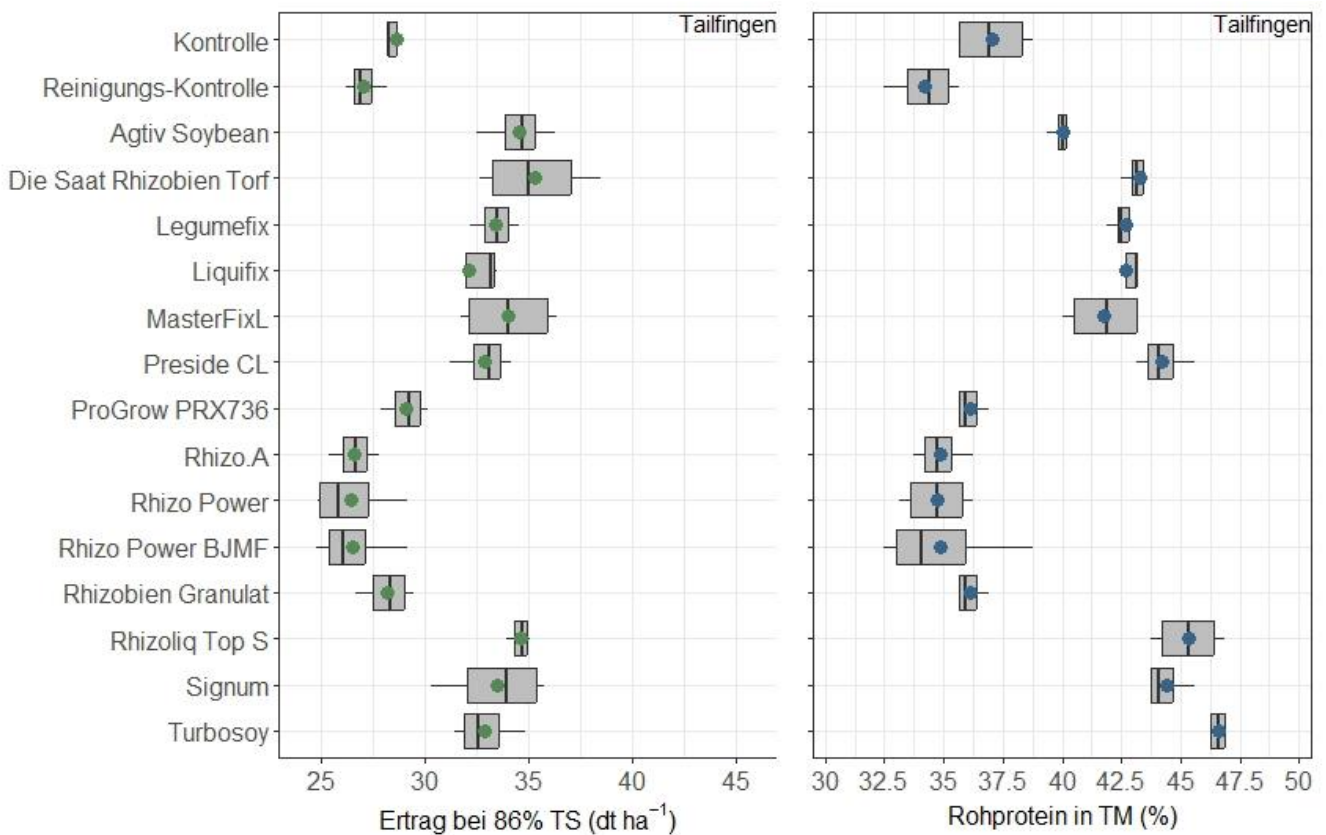


Abbildung 4: Ertrag bei 86 % Trockenmasse (dt/ha) (A) und Rohprotein-Gehalt in der Trockenmasse (%) (B) im Jahr 2022 am Standort Tailfingen. Der Punkt • ist der Mittelwert der vier Wiederholungen, Boxplot stellt 25 % Quartile, Median und 75 % Quartile dar.

Tabelle 1: Mehrortige statistische Auswertung im Jahr 2022 mittels linearem Modell. Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb eines Merkmals unterscheiden sich statistisch signifikant (p -Wert < 0,05).

Nr	Variante	Korrigierter Mittelwert		
		Ertrag	Rohprotein	Chlorophyllwert
1	Kontrolle	30,0 e g	39,8 f g h	418,6 f
2	Reinigungskontrolle	28,2 f g	37,2 h i	392,5 f
3	DIE SAAT Rhizobien Torf	37,1 a	45,1 a c d	542,8 a b
4	LegumeFix	34,3 a b c	44,8 a c d	533,2 a c
5	Rhizoliq Top S + Premax	35,9 a b	46,1 a b	555,5 a b
7	LiquiFix	34,0 b d	45,3 a c d	524,2 a c
8	ProGrow PRX 736	31,1 d e	39,9 e g	490,4 b c d e
9	Signum Soja + Premax	34,6 a b	45,6 a c	535,0 a c
10	Turbosoy + Sticker	35,0 a b	46,7 a	562,4 a
11	MasterFixL	34,1 b c	44,6 a c d	527,2 a c
12	Rhizo A	27,3 g	37,8 g i	430,6 e
13	AGTIV Soybean Powder	34,7 a b	43,1 c d	521,1 a c f
14	Rhizobien Granulat Nitrogen plus	29,2 e g	38,7 g i	451,1 d
15	Preside CL	34,3 a b c	45,7 a b	535,1 a c f
16	Rhizo Power	27,5 g	37,7 g i	416,1
17	Rhizo Power BJMF	28,3 f g	36,6 i	393,0 f
18	Coating Nass	29,6 e g	39,0 f g i	453,5 c d f
19	Coating Trocken	33,8 a b d	42,3 d e f	523,0 a d f
20	Referenzmittel für Coating Nass	28,3 e g	38,9 f g i	387,5
21	Histick	31,0 c d e f	43,1 b c e	541,3 a c f

ROHPROTEIN

Beim Rohproteingehalt differenzierten die Varianten stärker voneinander als beim Ertrag (Abbildung 3, Abbildung 4). In Forchheim betrug die Differenz der Variante mit dem geringsten mittleren Rohproteingehalt in der Trockenmasse (Rhizo Power BJMF: 39,5 %) und der Variante mit dem höchsten Rohproteingehalt (LiquiFix: 47,7 %) 8,2 %. Die ungeimpfte Kontrolle erzielte einen mittleren Rohproteingehalt von 42,5 %. Der mittlere Rohproteingehalt der Referenzmittel lag bei 47,0 %.

Der Rohproteingehalt in Tailfingen war mit 40,0 % in der Trockenmasse im Versuchsmittel geringer als in Forchheim. Die Referenzmittel führten im Vergleich zur ungeimpften Kontrolle (mittlerer Rohproteingehalt 37,0 %) zu einer Erhöhung des Rohproteingehaltes um 6,8 % in der Trockenmasse (Abbildung 4). Die mit „Turbosoy“ geimpften Sojabohnen erzielten in Tailfingen im Mittel den höchsten Rohproteingehalt von 46,6 % in der Trockenmasse.

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der Bonituren Pflanzenlänge, Chlorophyllwert und Knöllchen am Versuchsstandort Forchheim im Jahr 2022 (von vier Wiederholungen; Ausnahme Boniturnote Knöllchen von drei Wiederholungen für die Impfmittel)

Impfmittel	Pflanzenlänge (cm)	SD Pflanzenlänge	Chlorophyllwert	SD Chlorophyllwert	Boniturnote Knöllchen	SD Boniturnote Knöllchen
Kontrolle	100,6	10,0	428	34,6	2,9	0,2
Reinigungs-Kontrolle	95,3	5,9	372	43,8	1,5	0,6
Aktiv Soybean	105,2	13,1	565	31,0	8,3	0,7
Coating Nass	96,5	5,0	475	68,7	3,9	1,7
Coating Trocken	108,0	8,4	544	7,4	8,6	0,8
DIE SAAT Rhizobien Torf	110,3	4,3	572	72,3	8,9	0,2
Histick	104,9	7,1	562	30,4	7,9	0,2
Legumefix	106,5	12,9	572	24,9	8,9	0,2
LiquiFix	111,0	10,5	549	22,2	9,0	0,0
MasterFixL	108,2	11,4	546	34,5	8,2	1,1
Preside CL	110,6	12,0	568	31,2	9,0	0,0
ProGrow PRX736	104,8	3,3	555	24,9	5,0	0,3
Rhizo A	89,3	14,1	471	36,5	2,2	1,2
Rhizo Power	89,1	7,8	417	43,4	2,1	0,2
Rhizo Power BJMF	90,6	7,1	375	49,3	1,3	1,5
Rhizobien Granulat	96,3	16,5	457	69,6	2,8	0,7
Referenzmittel für Coating Nass	92,9	5,0	409	35,1	2,6	1,7
Rhizoliq Top S	108,5	12,2	560	22,6	8,3	1,2
Signum	106,8	8,4	562	19,6	8,6	0,5
Turbosoy	112,3	8,4	571	8,7	9,0	0,0

Die Varianten „Coating Nass“, „Coating Trocken“, „ProGrow PRX 736“, „Rhizo A“, „Rhizo Power“, „Rhizobien Granulat Nitrogen plus“ (Referenzmittel für „Coating Nass“) und die Reinigungskontrolle unterschieden sich im Rohproteingehalt nicht signifikant von der ungeimpften Kontrolle (Tabelle 1). Die Variante „Rhizo Power BJMF“ lag im Rohproteingehalt signifikant unter dem Wert der Kontrolle.

In Forchheim bildeten die Varianten mit geringerem Mittelwert im Rohproteingehalt auch einen niedrigeren Bestand („Coating Nass“, „Rhizo Power“, „Rhizo Power BJMF“, „Rhizo A“, „Rhizobien Granulat“ als Referenzmittel für „Coating Nass“ und Reinigung-Kontrolle). So lag die Pflanzenlänge dieser Varianten unter der Kontrolle (Tabelle 2).

CHLOROPHYLLWERT

Zur Hülseentwicklung waren im Feld deutliche Unterschiede in der Grünfärbung der Varianten erkennbar (Abbildung 5). Diese wurden durch die Messung des Grünwertes bestätigt. Der Grünwert der ungeimpften Kontrolle lag in Forchheim mit 428 deutlich unter den Referenzmitteln mit einem Mittelwert von 568 (Tabelle 2). Auch an einigen anderen Varianten wurden Chlorophyllwerte in der Größenordnung der Referenzmittel gemessen. Analog zu Forchheim spiegelt auch der Grünwert in Tailfingen Varianten mit niedrigen und hohen Werten ab (Tabelle 3).

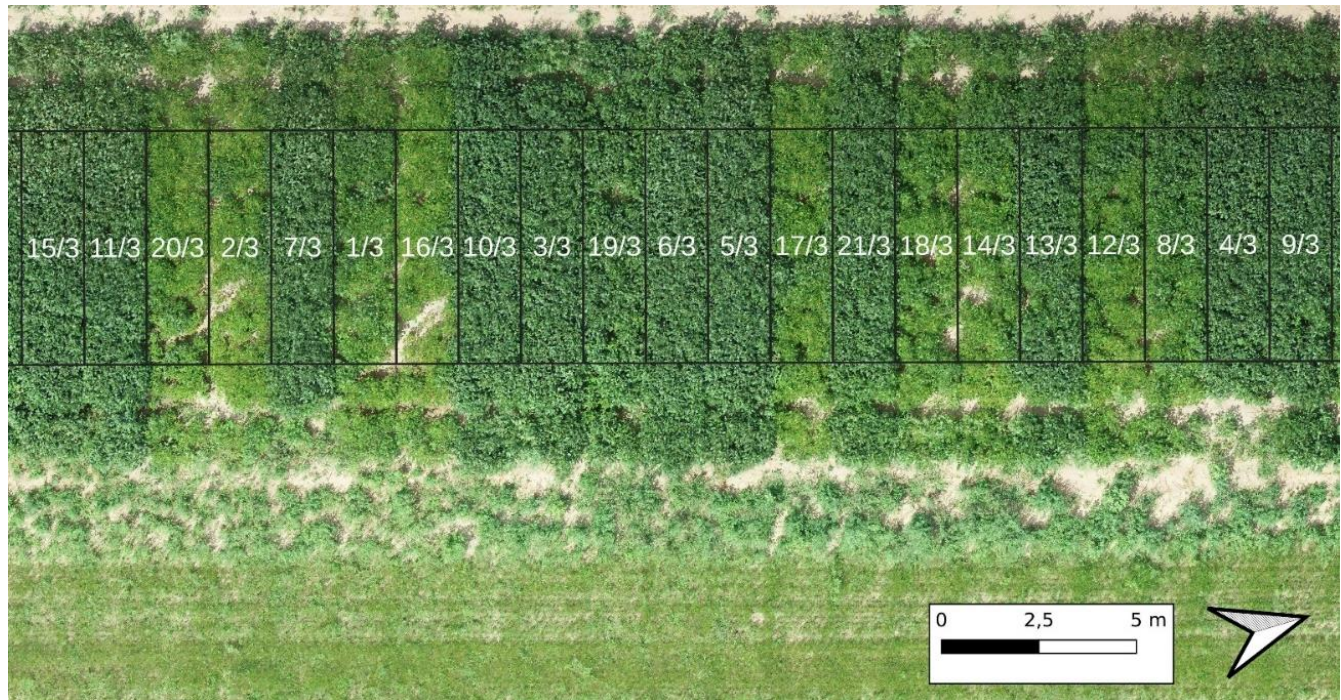


Abbildung 5: Aufsicht auf Wiederholung 3 des Impfmittel-Versuches in Forchheim. Deutlich erkennbar sind die Unterschiede in der Grünfärbung zwischen den Parzellen (Bild: Digitalisierung, LTZ Augustenberg). Mittel von Variante 6 ist nicht mehr verfügbar.

Die Auswertung über beide Versuchsstandorte ergibt, dass der Grünwert der Varianten „Rhizo A“, „Rhizobien Granulat Nitrogen plus“, „Rhizo Power“, „Rhizo Power BJMF“, „Coating Nass“, Referenzmittel für Coating Nass und die Reinigungskontrolle sich nicht signifikant von der ungeimpften Kontrolle unterscheidet (Tabelle 1). An allen anderen Varianten hingegen wurde ein signifikant höherer Grünwert gemessen.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichung (SD) des, Chlorophyllwerts aus vier Wiederholungen am Versuchsstandort Tailfingen im Jahr 2022.

Impfmittel	Chlorophyllwert	SD Chlorophyllwert
Kontrolle	409	11,4
Reinigungs-Kontrolle	409	23,3
Aktiv Soybean	480	32,9
DIE SAAT Rhizobien Torf	515	13,8
Legumefix	496	34,3
LiquiFix	500	7,9
MasterFixL	508	43,7
Preside CL	504	35,0
ProGrow PRX736	430	22,4
Rhizo Power	413	23,7
Rhizo Power BJMF	408	19,6
Rhizo.A	412	59,3
Rhizobien Granulat	483	78,7
Rhizoliq Top S	550	47,9
Signum	509	13,5
Turbosoy	553	8,4

KNÖLLCHENBONITUR

Bei der Knöllchenbonitur in Forchheim erzielten drei Varianten die Höchstnote 9: „LiquiFix“, „Preside CL“ und „Turbosoy“. Dies bedeutet, dass an jeder der drei betrachteten Pflanzen pro Parzelle mehr als 25 große Knöllchen gezählt wurden. Eine Boniturnote ab 6 wurde ab einer Anzahl von mindestens zehn großen Knöllchen vergeben. Noten über 6 erzielten die Referenzmittel („DIE SAAT Rhizobien Torf“, „LegumeFix“, „Rhizoliq Top S“), „Aktiv Soybean“, „Coating Trocken“, „Histick“, „LiquiFix“, „MasterFixL“ und „Signum“ (Tabelle 2).

TAUSENDKORNMASSE

In der Tausendkornmasse zeigten die Varianten in Forchheim nur geringe Unterschiede. Das Versuchsmittel lag bei 207 g. Die mittleren Tausendkornmassen pro Variante reichten von 192 g (ProGrow PRX736) bis 224 g (Rhizoliq Top S). Im Gegensatz zu Forchheim zeigte die Tausendkornmasse in Tailfingen eine deutliche Differenzierung zwischen den Varianten. Während die ungeimpfte Kontrolle im Mittel eine Tausendkornmasse von 179 g hatte, lag diese mit durchschnittlich 213 g für die Referenzmittel deutlich höher.

Kommentar zu den Versuchsergebnissen

Als Leguminose können Sojabohnen einen Großteil ihres Stickstoffbedarfs durch biologische N₂-Fixierung decken. Da die für Sojabohnen spezifischen *Bradyrhizobien*-Arten in den Böden im Mitteleuropa nicht heimisch sind, müssen diese beim Anbau zugegeben/geimpft werden. Anhand

der hier vorgestellten Versuchsergebnisse können folgende Impfmittel für den Anbau von Sojabohnen empfohlen werden (alphabetisch sortiert):

- AGTIV Soybean Powder
- DIE SAAT Rhizobien Torf
- Histick
- LegumeFix
- LiquiFix
- MasterFixL
- Preside CL
- Signum
- Rhizoliq Top S
- Turbosoy

Die teils starken Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass eine gezielte Auswahl eines wirksamen Impfmittels den Erfolg des Sojaanbaus bestimmt. Grundsätzlich ist eine sorgfältige Lagerung und Aufbringung der Impfmittel zu beachten. Die Anzahl lebender Bakterien nimmt mit der Zeit ab. Die Lagerbedingungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Geschwindigkeit des Absterbens der Bakterien. Insbesondere sollte auf kühle Lagerbedingungen geachtet werden. Auch das geimpfte Saatgut sollte vor Wärme und direkter Sonnenstrahlung geschützt werden. Nur eine gleichmäßige Verteilung des Impfmittels auf dem Saatgut ermöglicht eine flächendeckende Besiedlung der Wurzeln und damit eine hohe Stickstofffixierung. Hier empfiehlt es sich die notwendige Zeit mitzubringen und Sorgfalt walten zu lassen.

Literatur:

Government of Western Australia, Department of Primary Industries and Regional Development (2015) (<https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/monitoring-pulse-nodulation>).

IMPRESSUM

Herausgeber:

Landwirtschaftliches
Technologiezentrum

Augustenberg (LTZ)

Neßlerstr. 23-31

76227 Karlsruhe

Tel.: 0721 / 9468-0

Fax: 0721 / 9468-209

eMail: poststelle@ltz.bwl.de

Internet: www.ltz-augustenberg.de

Bearbeitung und Redaktion:

LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim

Bearbeiter: Dr. Carola Blessing, Anne Reutlinger, Dr. Vanessa Schulz

Berichterstattung: Dr. Carola Blessing

Sachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau

Referat 11

Druck: Internet

Stand: 04.07.2023