

Vergleich der N₂-Fixierungsleistung, der N-Bilanz und der N-Menge in den Ernteresiduen von Sojabohnen und Erbsen

Paeßens, B.¹, Urbatzka, P.², Salzedo, G.² & Butz, A.F.¹

Keywords: Sojabohne, Erbse, N₂-Fixierungsleistung, N-Bilanz, N-Ernteresiduen

Abstract: Most experiments about N₂-fixation of soybeans have been conducted on the American continents. The aim of this study was to compare the level of N₂-fixation, N Balance and N in plant residues under varying Southern German conditions for soybeans and peas. On two sites from 2015 to 2017, the N₂-fixation performance ranged between 80 and 288 kg ha⁻¹. The nitrogen export from the field was higher compared to the amount fixed for both crops. Nitrogen fixation, the share of fixed nitrogen for N in the grains, N in the grains and the amount of N in plant residues was higher for soybeans in comparison to peas. The N Balance ranged between -2 and -153 kg ha⁻¹ and was comparable for both crops.

Einleitung und Zielsetzung

Über eine Symbiose mit Knöllchenbakterien sind Sojabohnen und Erbsen dazu in der Lage Stickstoff aus der Luft zu fixieren. Zur Höhe der N₂-Fixierungsleistung gibt es bereits einige Untersuchungen, für die Sojabohnen vorwiegend aus Übersee. Daher war es ein Ziel die N₂-Fixierungsleistung und die N-Bilanz unter den Bedingungen Süddeutschlands bei Sojabohnen und Erbsen zu vergleichen.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden von 2015 bis 2017 an zwei Standorten in Süddeutschland (Forchheim am Kaiserstuhl, Baden-Württemberg und Hohenkammer, Bayern) als Split-plot-Anlage mit vier Wiederholungen unter ökologischen Anbaubedingungen durchgeführt. Es wurden zwei Sojabohnensorten (*ES Mentor* (Reifegruppe 00) und *Merlin* (Reifegruppe 000)) und zwei Erbsensorten (*Alvesta* und *Salamanca*) angebaut. Die N₂-Fixierungsleistung wurde mit der erweiterten Differenzmethode nach Stülpnagel (1982) mit der Erweiterung III um den Blattfall nach Hauser (1987) geschätzt (Gleichung 1).

Gleichung 1:

$$\text{N}_2\text{-Fixierungsleistung} = (\text{N}_{\text{Korn}} + \text{N}_{\text{Spross}} + \text{N}_{\text{Blattfall}} + \text{N}_{\text{min}})_{\text{Leguminose}} - (\text{N}_{\text{Korn}} + \text{N}_{\text{Spross}} + \text{N}_{\text{Blattfall}} + \text{N}_{\text{min}})_{\text{Referenzfrucht}}$$

Bei dieser Methode wurden zur Schätzung der N₂-Fixierungsleistung nicht-legume Referenzfrüchte, die nicht mit Stickstoff gedüngt wurden, eingesetzt. Als Referenzfrüchte wurden in unseren Versuchen für die Sojabohnen Silomais (*Saludo*

¹ Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Referat 11 Pflanzenbau, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten, andreas.butz@ltz.bwl.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising, Deutschland

(S210), *Ronaldinio* (S240)) ausgewählt. Für die Erbsen war dies Sommergerste (*Grace*) am Standort Forchheim am Kaiserstuhl sowie, wegen der besseren Eignung, Hafer (*Aragon* (2015), *Max* (2016 bis 2017)) am Standort Hohenkammer. Alle Kulturen wurden jeweils im gleichen Versuch angebaut und die Randeffekte über Randparzellen bei jeder Kulturart minimiert. Für die Berechnung der N₂-Fixierungsleistung wurde bei allen Sorten der Kornertrag, der Blatt- und Sprossertrag sowie der N_{min}-Gehalt zur Ernte bestimmt. In allen Pflanzenfraktionen wurde der N-Gehalt zur Berechnung der N-Menge erhoben. Die N-Rhizodeposition und die N-Menge in den Wurzeln wurden nicht gemessen. Dieser Schätzfehler wurde über den Einbezug der N_{min}-Gehalte zur Ernte reduziert. Die N-Bilanz wurde aus N₂-Fixierungsleistung und N-Abfuhr errechnet. Die Auswertung erfolgte über ein gemischtes, hierarchisches Modell mit SAS proc mixed.

Ergebnisse

Die N₂-Fixierungsleistung unterschied sich zwischen den Standorten (Tabelle 1), was wahrscheinlich auf unterschiedliche standörtliche Gegebenheiten und Witterungsverhältnisse zurückzuführen ist. Die Erbsen hatten an den beiden Standorten mit Ausnahme von Merlin in Hohenkammer 2017 eine geringere N₂-Fixierungsleistung als die Sojabohnen. Allerdings wurden die Erbsen in Hohenkammer 2015 durch den Blattrandkäfer geschädigt. Der Kornertrag der Erbsen lag in Forchheim a. K. immer signifikant höher als bei Sojabohnen, während dies in Hohenkammer in 2015 und 2016 für je eine Sorte zutraf und in 2017 umgekehrt war.

Tabelle 1: N₂-Fixierungsleistung, Kornertrag und N-Abfuhr der Erbsen und Sojabohnen von 2015 bis 2017

Ort	Sojabohne und Erbse	N ₂ -Fixierungsleistung (kg ha ⁻¹)			Kornertrag bei 86 % TS (dt ha ⁻¹)			N-Abfuhr über Kornertrag (kg ha ⁻¹)		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Forchheim a. K.	Merlin	184 ^{bc}	227 ^{ab}	310 ^a	31,5 ^b	37,9 ^B	46,8 ^B	208 ^{BC}	248 ^B	316 ^A
	ES Mentor	199 ^{bc}	264 ^{ab}	288 ^a	36,0 ^B	40,1 ^B	46,7 ^B	249 ^{BC}	273 ^B	314 ^A
	Alvesta	115 ^d	176 ^{cd}	186 ^{cd}	47,1 ^A	54,6 ^A	70,8 ^A	167 ^D	189 ^{CD}	248 ^{BC}
	Salamanca	126 ^d	176 ^{cd}	128 ^{cd}	46,1 ^A	51,4 ^A	52,8 ^A	167 ^D	181 ^{CD}	190 ^{BC}
Hohenkammer	Merlin	194 ^a	198 ^a	98 ^b	35,7 ^{cd}	44,7 ^b	44,3 ^b	206 ^c	247 ^b	251 ^b
	ES Mentor	165 ^a	269 ^a	209 ^a	32,0 ^d	51,3 ^a	51,9 ^a	196 ^{cd}	300 ^a	309 ^a
	Alvesta	97 ^b	132 ^b	91 ^b	40,4 ^{bc}	52,8 ^a	35,4 ^{cd}	126 ^f	165 ^e	106 ^{fg}
	Salamanca	80 ^b	133 ^b	95 ^b	32,2 ^d	54,3 ^a	31,3 ^d	103 ^{fg}	177 ^{de}	97 ^g

Unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede je Standort, Großbuchstaben = Kulturunterschiede, Tukey: $P < 0.05$.

Die N-Menge im Kornertrag war bei Soja höher als bei den Erbsen (Tabelle 1). In beiden Kulturen war die fixierte N-Menge kleiner als die N-Menge im Korn. Auch der relative Anteil der N₂-Fixierung an der N-Menge im Erntegut bei den Erbsen fällt mit Ausnahme von Hohenkammer in 2017 geringer aus, als dies bei den

Sojabohnen der Fall ist (Tabelle 2). Die N-Bilanz fällt immer negativ aus (Tabelle 2). In 2017 erreichten in Forchheim a. K. die Sojabohnen eine signifikant geringere negative N-Bilanz als die Erbsen, in Hohenkammer ist dies umgekehrt. In Forchheim a. K. waren die N-Menge der Ernteresiduen der Sojabohnen in den Jahren 2015 und 2017 höher als die der Erbsen, während in Hohenkammer ES Mentor in 2015 und 2016 höher lag als die Erbsen.

Tabelle 2: Relativer Anteil der fixierten N-Menge an N-Abfuhr, N-Menge in den Ernteresiduen und N-Bilanz von Erbse und Sojabohne von 2015 bis 2017

Ort	Sojabohne und Erbse	Relativer Anteil (%) der fixierten N-Menge an der N-Menge im Korn			N-Ernteresiduen (kg ha ⁻¹)			N-Bilanz (kg ha ⁻¹)		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Forchheim a. K.	Merlin	88	92	98	60 ^B	67 ^{AB}	88 ^A	-25 ^{AB}	-21 ^A	-6 ^A
	ES Mentor	80	96	92	56 ^B	79 ^{AB}	90 ^A	-50 ^{AB}	-8 ^A	-26 ^A
	Alvesta	69	93	68	20 ^C	61 ^B	25 ^C	-52 ^B	-13 ^A	-62 ^B
	Salamanca	75	97	73	21 ^C	63 ^B	23 ^C	-41 ^B	-5 ^A	-61 ^B
Hohenkammer	Merlin	95	80	39	67 ^{bcd}	71 ^{bc}	56 ^{cd}	-10 ^{ab}	-49 ^b	-153 ^d
	ES Mentor	84	90	67	82 ^{ab}	108 ^a	62 ^{cd}	-31 ^{ab}	-30 ^a	-100 ^c
	Alvesta	75	79	85	43 ^{cd}	63 ^{bcd}	35 ^d	-32 ^{ab}	-33 ^{ab}	-15 ^{ab}
	Salamanca	62	75	100	40 ^{cd}	55 ^{cd}	54 ^{cd}	-39 ^{ab}	-44 ^{ab}	-2 ^a

Unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede je Standort, Großbuchstaben = Kulturunterschiede, Tukey: $P < 0.05$.

Diskussion

Die in unseren Versuchen geschätzte N₂-Fixierungsleistung der Sojabohnen liegt im mittleren bis oberen Bereich, der in einem Review von Salvagiotti et al. (2008) genannt wird und befinden sich in einer vergleichbaren Spannweite wie die Ergebnisse von Oberson et al. (2007) für einen Standort in der Schweiz. Auch bei den Erbsen liegt die N₂-Fixierungsleistung in der Größenordnung, die von Jost (2003) an mehreren Standorten in Deutschland geschätzt wurde. Im Widerspruch zu Freyer et al. (2005) fiel die N₂-Fixierleistung bei Soja höher aus als bei Erbsen. Beide Kulturarten fixieren zwar relativ hohe N-Mengen, allerdings wird über die Körner Stickstoff aus dem System genommen. Im Vergleich fällt die mittlere N-Aufnahme aus der N₂-Fixierung bei Soja mit 83 % in unseren Versuchen höher aus als mit 58 % in Versuchen ohne N-Düngung aus dem Review von Salvagiotti et al. (2008). Hauptunterschied ist die Bewirtschaftungsweise mit konventioneller und ökologischer Landwirtschaft.

Die überwiegend vergleichbaren N-Bilanzen zwischen Erbsen und Soja resultierten bei höherer N₂-Fixierung der Sojabohnen aus einer vergleichsweise höheren N-Abfuhr der Körner bei Soja. Die N-Bilanz gibt jedoch nur eine bedingte Aussagekraft für den Vorfruchtwert. Entscheidender könnte die N-Menge aus den Ernteresiduen

sein, welche bei Soja teils höher ausfielen. Diese N-Mengen können gut von einer nachfolgenden Frucht genutzt werden.

Schlussfolgerungen

Sojabohnen erreichen unter süddeutschen Standortbedingungen im Vergleich zu Erbsen überwiegend eine höhere N₂-Fixierung, eine höhere N-Abfuhr der Körner, einen höheren Anteil der fixierten N-Menge am Korn und eine höhere N-Menge in den Ernteresiduen. Die N-Bilanz beider Kulturarten fällt vergleichbar, aber negativ aus. Ob aus den erhobenen Werten eine höhere Vorfruchtwirkung bei Soja resultiert, bleibt abzuwarten.

Danksagung

Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie.

Wir bedanken uns herzlich bei den Betriebsleitern Roland Metzger (Rheinstetten-Forchheim), Otmar Binder (Forchheim a. K.) und Helmut Steber (Hohenkammer) und bei allen Kolleginnen und Kollegen des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg sowie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, die zu dem Forschungsvorhaben beigetragen haben.

Literatur

- Freyer B, Pietsch G, Hrbek R, Winter S (2005) Futter- und Körnerleguminosen im Biologischen Landbau. Österreichischer Agrar-Verlag, 160 Seiten
- Hauser S (1987) Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation Universität Göttingen.
- Jost B (2003) Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation Universität Göttingen.
- Oberson A, Nanzer S, Bosshard C, Dubois D, Mäder P, Frossard E (2007) Symbiotic N₂ fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by ¹⁵N dilution and ¹⁵N natural abundance. *Plant Soil* 290: 69-83.
- Salvagiotti F, Cassmann KG, Specht JE, Walters DT, Weiss A & Dobermann A (2008) Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crop Research* 108:1-13.
- Stülpnagel R (1982) Schätzung der von Ackerbohnen symbiotisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. *Journal of Agronomy and Crop Science* 1514: 446-458.