

(Aus der Fachhochschule Erfurt, Fachbereich Gartenbau und der Sächsischen Landesanstalt, Leipzig)

Einfluß differenzierter Phosphor- und Stickstoffdüngung auf die Nährstoffaufnahme und den Kornertrag bei Ackerbohnen (*Vicia faba*)

Von S. MÜLLER, L. HEINRICH und I. WEIGERT

Zusammenfassung

Es wird über den Einfluß von differenzierter P(N)-Düngung auf den Ertrag und die Nährstoffaufnahme von Ackerbohnen in mehrjährigen Gefäßversuchen berichtet. N-Düngung bedingt nur wenig Wirksamkeit, P-Düngung dagegen eine deutliche Effizienz. Durch P-Düngung wird ein mittlerer Mehrertrag von 6,42 g Korn/Gefäß (bzw. 21,6 %), für die P-Aufnahme ein Mehrentzug von 40,2 mg bzw. 51,2 % erzielt.

220 mg P/Gefäß als Kontaktdüngung hat die gleiche Wirksamkeit wie 440 mg/Gefäß untergemischt. Unter den Bedingungen des Gefäßversuches werden sehr hohe N₂-Fixierungsleistungen erreicht. Bei P-Düngung sind es bis zu 2655 mg N-Aufnahme/Gefäß (entspricht 531 mg/Pflanze), bei unterlassender P-Düngung sind es 2130 mg (355 mg/Pflanze).

Schlüsselworte: P-N-Düngung, Nährstoffaufnahme, Ertrag, *Vicia faba*.

Influence of different P- and N-fertilization on nutrient uptake and yield of *vicia faba*

Summary

A three year study with potted plants was conducted to investigate the influence of different levels of P/N-fertilization on yield and nutrient uptake in broad bean (*Vicia faba*).

P-fertilization had a much more pronounced effect than N-fertilization. Mean yield increase as affected by P-fertilization was 6.42 g grain/pot (21.6 %) and increase in P-uptake of 40.2 mg/pot (51.2 %), compared to the control. The effect of 220 mg P/pot as local application was equal to that of 440 mg P/pot with the soil mix. There were high levels of nitrogen fixation: 2655 mg N-uptake/pot (531 mg/plant) in the presence, and 2130 mg N-uptake/pot (355 mg/plant) in the absence of P-fertilization.

Key-words: P-N-applications, nutrient uptake, yield, *vicia faba*.

1. Einleitung

Die Ackerbohne gehört zu den leistungsstarken Fruchtarten. Kornerträge von 45 bis 50 dt/ha sind keine Seltenheit. In Ausnahmefällen werden 70 bis 80 dt/ha

erreicht (POMMER 1985). Erträge von 45 bis 50 dt/ha bedingen mittlere Nährstoffentzüge von 300 kg N, 35 kg P sowie 190 kg K je ha.

Seitens der Düngung gilt es, durch sachgemäße Nährstoffbereitstellung die bedarfsgerechte Ernährung als eine wesentliche Grundlage für die Erzielung hoher Erträge zu sichern. Besondere Aufmerksamkeit verdient hierbei das Phosphat. Bei geringem Angebot kommt es zu Wachstums minderungen, die Ertrags einbußen von nicht geringem Ausmaß zur Folge haben. P-Mangel ist häufig Ursache für geringes Knöllchenwachstum und damit verminderte Luftstickstoffbindung (HERBST 1988, EBERT et al. 1977). Nach ANONYM (1987) sowie LIEBHARD (1983) werden je nach Bodenversorgung 22 bis 52 kg/ha P empfohlen. Bei Stickstoff wird — wenn überhaupt notwendig — häufig auf eine Startdüngung begrenzt (EBERT et al. 1977, SCHMID 1983, KLEIN 1977 sowie LIEBHARD 1983). Damit wird dem N-Bedarf entsprochen, der sich nach Erschöpfung der N-Reserve im Korn ergibt, zumal die N-Bereitstellung über die Knöllchenbakterien erst nach dem Blütensatz deutlich ansteigt (PUHL 1984).

Ziel mehrjähriger Gefäßversuche mit differenzierter P(N)-Düngung zu Ackerbohnen war es:

- Aussagen zur Aufnahme und Verwertung von P(N) und Ertragsausbildung unter dem Aspekt des Erhalts von Ergebnissen zum Nährstoffbedarf in definierten Entwicklungsabschnitten zu erlangen,
- zu prüfen, inwieweit durch N-Düngung gegenüber N-ungedüngt eine Verbesserung der Erträge und N-Aufnahme gegeben ist,
- zu untersuchen, ob die für ausgewählte Fruchtarten häufig beschriebene höhere P-Düngereffizienz bei lokaler Applikation auch für Ackerbohnen zutrifft.

2. Material und Methoden

In den Jahren 1989 bis 1991 wurden Mitscherlich-Gefäßversuche drei- bzw. zweijährig mit 6 kg Boden je Gefäß in vierfacher Wiederholung durchgeführt. Es wurde ein Lößbraunstaugley mit 25,9 % abschlämmbaren Teilchen ($\leq 6 \mu\text{m}$) und einem pH-Wert von 6,5 (0,1 N KCl) verwendet. Die Gehalte an P und K (doppel-laktatlöslich) betrugen 5,9 bzw. 16,0 mg je 100 g Boden. Für C_t wurden 1,04 und für N_t 0,09 % ermittelt. Pro Gefäß standen 5 Pflanzen (Sorte Alfred, Frühjahrssaat).

Die Höhe der P-(Superphosphat, granuliert) und N-(Ammoniumnitrat)-Düngung geht aus Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1
Düngung (mg/Gefäß) zu Versuchsansatz

Varianten	N *	P
1	0	0
2	220	0
3	220	440 (untergemischt)
4	0	440 (untergemischt)
5	0	440 (Kontaktdüngung, mit Saatgutablage)
Für 1990/91 erfolgte eine Versuchserweiterung durch die Varianten 6 und 7.		
6	220	220 (untergemischt)
7	220	220 (Kontaktdüngung)

* N-Dünger wurde generell untergemischt.

Weiterhin wurden 1,6 g K (als K_2SO_4) und 0,5 g Mg (als $MgSO_4$) pro Gefäß zum Ansatz verabreicht. Das Wasserangebot betrug zwischen 40 % und 60 % der maximalen Wasserkapazität. Die Versuchsdurchführung erfolgte in einem Gewächshaus mit verrollbarem Dach und somit unter Freilandbedingungen (lediglich Fernhalten der Niederschläge).

Zwischenernten (in dreifacher Wiederholung) wurden für alle Varianten Ende Knospenbildung (EC 57) und Blühende (EC 68) durchgeführt. Für die Zwischenernten sowie Reifernte (getrennt nach Korn und Stroh) wurde neben der Trockensubstanz der Gehalt an N (nach KJELDAHL) und P bzw. K bestimmt. Die Ergebnisse wurden varianzanalytisch verrechnet.

3. Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für die Trockenmasse und NPK-Entzüge beider Zwischenernten sowie für die Reifernte im Mittel der Jahre 1989/91 aufgeführt.

Tabelle 2

Erträge (g TM/Gefäß) und NPK-Entzüge (mg/Gefäß) bei differenzierter P(N)-Düngung von Ackerbohnen, 1989/91

Varianten (vgl. Tab. 1)	Zwischenernten EC 57 (1) bzw. EC 68 (2)							
	Trockenmasse		N		P		K	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
1	8,6	20,4	306	617	20	45	397	732
2	9,4	20,9	404	695	29	52	448	803
3	11,6	27,4	474	874	46	75	529	924
4	11,3	27,3	448	923	31	79	496	919
5	10,7	30,9	431	734	25	105	515	1052
GD ₅ %	3,0	6,3	110	300	13	20	105	214

	Reifernte							
	Trockenmasse		N		P		K	
	Korn	gesamt	Korn	gesamt	Korn	gesamt	Korn	gesamt
1	28,1	56,4	1285	1635	78	100	297	1200
2	31,4	60,7	1444	1795	79	102	362	1315
3	37,0	67,5	1736	2167	124	156	408	1353
4	35,1	67,6	1677	2058	109	139	394	1334
5	36,4	71,5	1789	2249	123	157	417	1378
GD ₅ %	7,1	9,6	402	496	25	36	97	221

Aus der Tabelle wird ersichtlich, daß eine N-Düngung von 220 mg/Gefäß nur wenig den Ertrag beeinflußt (Var. 2). Gegenüber ohne N-Düngung (Var. 1) zeigt sich dies für die Zwischenernten und den Kornertrag gleichermaßen. Für die Nährstoffentzüge ergibt sich ein analoges Bild. Die für Variante 3 deutlich höheren Erträge und auch Nährstoffaufnahmen sind nicht durch Stickstoff, sondern durch das P-Angebot bedingt. Die gute P-Wirkung ist generell festzustellen (vgl. Var. 3 bis 5 mit Var. 1 und 2). Der mittlere Kornmehrertrag beträgt immerhin 6,42 g bzw. 21,6 % (Bezugsgröße $\bar{x}$ für Var. 1 und 2 mit 29,75 g).

Die Ergebnisse für die Variante mit P-eingemischt bzw. P-plaziert (Var. 4 und 5) unterscheiden sich nicht. Offensichtlich ist das P-Angebot von 440 mg/Gefäß zu hoch. Bei 157 mg P-Aufnahme überrascht die Wirkgleichheit nicht. Deshalb wird in einer Versuchserweiterung auf 220 mg reduziert, nicht zuletzt um eine mögliche Vorteilswirkung bei P-Kontaktdüngung nachzuweisen.

Die N- und K-Aufnahmen zeigen das gleiche Bild. Für die P-Aufnahme ist die Differenzierung noch ausgeprägter. Der Mehrentzug durch P-Düngung ($\bar{x}$ für die Var. 3 bis 5 im Vergleich zu den Var. 1 und 2) beträgt 40,2 mg bzw. 51,2 % für das Korn und 49,7 mg bzw. 49,2 % für die P-Gesamtaufnahme (Bezugsgröße wiederum $\bar{x}$ für Var. 1 und 2). Die Vorteilswirkung einer P-Düngung deutet sich bereits bei der Zwischenernte zu EC 57 an.

Für die Zwischenernte zu DC 68 ist gegenüber P-ungedüngt durch P-Düngung ein statistisch gesicherter Mehrertrag festzustellen. Im Mittel der Varianten 3 bis 5 werden 28,53 g und im Mittel der Varianten 1 und 2 nur 20,65 g Trockenmasse ausgewiesen.

Noch größer sind die Unterschiede für den P-Entzug (48,5 zu 86,3 mg), wobei die Variante 5 (P-Kontaktdüngung) sich als besonders vorteilhaft erweist. Die für diese Variante vergleichsweise geringe P-Aufnahme zu EC 57 deutet auf eine mögliche Schädigung durch den Kontakt Saatgut-Düngemittel hin. Aus früheren Untersuchungen geht hervor, daß Keimschädigungen bzw. -verzögerungen durch P-Plazierung wenig auftreten, bei N-Plazierung die Gefahr einer Schädigung jedoch ungleich stärker ist (MÜLLER 1991).

In Tabelle 3 sind die für die Versuchserweiterung 1990/91 erhaltenen Ergebnisse aufgeführt.

Tabelle 3

Erträge (g TM/Gefäß) und NPK-Entzüge (mg/Gefäß) bei differenzierter P(N)-Düngung von Ackerbohnen, 1990/91

Varianten (vgl. Tab. 1)	Zwischenernten EC 57 (1) bzw. EC 68 (2)							
	Trockenmasse		N		P		K	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
1	8,7	22,9	296	687	24	49	321	712
2	9,9	21,3	384	701	30	49	390	642
3	12,2	32,2	509	1008	44	85	466	897
4	11,0	29,0	430	932	37	78	385	819
5	9,9	32,2	410	1195	43	106	378	875
6	11,7	28,2	460	992	39	63	407	850
7	12,3	35,8	515	1148	49	76	506	914
GD ₅ %	2,6	7,9	89	213	8	18	79	142

	Reifernte							
	Trockenmasse		N		P		K	
	Korn	gesamt	Korn	gesamt	Korn	gesamt	Korn	gesamt
1	29,5	61,6	1386	1777	123	146	337	1141
2	34,7	68,1	1640	2022	233	179	396	1201
3	44,0	84,2	2086	2592	189	226	477	1344
4	42,7	81,4	2074	2561	179	214	466	1290
5	43,8	82,0	2188	2655	222	260	505	1234
6	36,8	73,9	1730	2202	141	174	416	1231
7	43,6	85,3	2072	2588	173	205	486	1368
GD ₅ %	8,9	15,7	440	495	37	42	81	232

Sie bestätigen prinzipiell den schon beschriebenen Sachverhalt bezüglich Wirkung einer NP-Düngung zu Ackerbohnen, erlauben aber weiterführende Betrachtungen.

So wird eine deutliche Differenzierung in der P-Wirkung von 220 und 440 mg P/Gefäß untergemischt festgestellt (Var. 6 und 3). Für die P-Aufnahme zur Reifernte und zur Zwischenernte EC 68 erweist sich die Variante 3 als statistisch

gesichert überlegen. Zur Zwischenernte EC 57 deutet sich ein Unterschied an. Der Ertrag (Korn und Gesamtpflanze) sowie die N-Aufnahme sind für die Variante 6 merklich niedriger, wenn auch nicht statistisch gesichert zu den Ergebnissen in Variante 3. Es darf aber angenommen werden, daß sie einen bestehenden Sachverhalt beschreiben. Mehrerträge von 7,2 g Korn bedeuten immerhin 19,6 % (Bezugsbasis Var. 6). Eine Ursache für die hohen Grenzdifferenzen — in der Regel nicht unter 20 % — sind die geringe Pflanzenanzahl (fünf Stück pro Gefäß) und die damit verbundene Streuung der Einzelpflanzenenergebnisse sowie die Tatsache, daß Ackerbohnen zu den Kulturen gehören, die im Vergleich zu anderen (Monokotyledonen) weniger gut für Versuche geeignet sind. Trotz fehlender Sicherung der Ertragsdifferenzen zwischen den Varianten 3 und 6 ist eine Vorteilswirkung von 440 mg P gegenüber 220 mg P/Gefäß gegeben. Dies betrifft nicht nur den Vergleich der Varianten 3 und 6, sondern auch die Varianten 4 bzw. 5 mit Variante 6.

Betrachtet man die Ergebnisse der Varianten mit 220 mg P/Gefäß, d. h. Variante 6 (untergemischt) und Variante 7 (Kontaktdüngung), so wird für die Zwischenernten, noch mehr aber für die Reifernte (Korn bzw. gesamt), eine Verbesserung für die Trockenmassebildung und NPK-Aufnahme — wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß — festgestellt. Auch hier ist zu konstatieren, daß die Ergebnisunterschiede nicht statistisch gesichert sind, aber wiederum als sachlogisch plausibel erscheinen. Mehrerträge von 6,8 g (Korn) bzw. 11,4 g (gesamt/Pflanze), dies sind immerhin 18,5 % bzw. 15,4 %, werden ermittelt. Auf die Ursachen für die relativ hohen Grenzdifferenzen wurde schon verwiesen.

Für den Entzug zeigt sich das gleiche Bild. Durch Kontaktdüngung erhält man eine Verbesserung von 19,8 % bzw. 17,5 % für N und 22,7 % bzw. 17,8 % für P (Korn bzw. Gesamtpflanze Var. 6 als Bezugsbasis).

Interessant ist, daß eine Kontaktdüngung mit 220 mg/Gefäß praktisch gleiche Wirksamkeit wie 440 mg — eingemischt — bedingt. Offensichtlich wird bei Kontaktdüngung in Anlehnung an die Ergebnisse von WERNER (1987) sowie MÜLLER et al. (1985) eine Überführung in weniger pflanzenaufnehmbares Phosphat durch diese Applikationsform gemindert und demzufolge die P-Effizienz verbessert. Variante 7 (220 mg P) erreicht mit 43 g Korn/Gefäß das Mittel der Varianten 3 bis 5 440 mg P (43,5 g). Ergebnisgleichheit zeigt sich auch für die N-Entzüge (2072 mg für Var. 7 zu 2116 mg im Mittel der Var. 3 bis 5).

Für Phosphor ist die Aufnahme in Variante 7 geringer (173,0 zu 196,7 mg im Korn bzw. 205,0 zu 233,3 mg in der Gesamtpflanze). Wie zu erwarten, zeigt sich keine Vorteilswirkung einer P-Kontaktdüngung von 220 mg/Gefäß (Var. 7) gegenüber 440 mg/Gefäß eingemischt (Var. 3). Die Erträge sind praktisch gleich. Eine Erhöhung der P-Entzüge (Var. 3) hat keine Ertragsverbesserung zur Folge. Die P-Entzüge sind zunächst von sekundärer Bedeutung, denn primär steht die Frage nach der Nährstoffeffizienz auf Grund der Ertragserwartung, zumindest dann, wenn die Produktverwendung nicht direkt an die Qualität (Gehalt an Inhaltsstoffen) gebunden ist. Im Gegensatz zum Stickstoff (Braugerste, Zuckerrüben und Backweizen) spielt Phosphor eine geringe Rolle bzw. ist es über Düngungsmaßnahmen nicht üblich, den P-Gehalt im Erntegut zielgerichtet zu beeinflussen. Die Effizienz des Phosphoreinsatzes wird ausschließlich am Ertrag gemessen.

Bei Leguminosen interessiert die N_2 -Fixierungsleistung. Aus Tabelle 2, noch mehr aber aus Tabelle 3 wird ersichtlich, welche beachtlichen N-Mengen unter günstigen Bedingungen fixiert werden können. Die Maximalleistung beträgt (bei fünf Pflanzen je Mitscherlichgefäß) 2655 mg, davon 2188 mg im Korn. Pro Pflanze sind dies 531 bzw. 438 mg. Selbst bei unterlassener P-Düngung werden

355 bzw. 277 mg erreicht. Der N-Gehalt im Saatgut (für 5 Körner/Gefäß ca. 100 mg N) sowie in den Wurzeln bleibt unberücksichtigt.

Bei dieser Betrachtungsweise ist zu bedenken, daß zur Ernte noch erhebliche N-Restmengen (d. h. nicht von Ackerbohnen benötigte und demzufolge angehäuften) sich im Boden befinden. Zu Versuchsanlage betrug der Gehalt an anorganischem Stickstoff 360 mg/Gefäß. Die N_2 -Fixierungsleistung ist wenig von der zur Verfügung stehenden Bodenmenge abhängig (pro Pflanze sind es nur 1,2 kg Boden, also wesentlich weniger als unter Freilandbedingungen).

Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Feldbedingungen bezüglich P-Wirkung ist gleichfalls eingeschränkt. Es ist zu bedenken, daß gerade bei Ackerbohnen Abweichungen von den optimalen Produktionsbedingungen nicht ausgeschlossen werden können und demzufolge Ertragseinbußen eintreten. So wird durch Wasserstreß und zu niedrigen Temperaturen die P-Aufnahme reduziert (KUPKA et al. 1989). Unabhängig davon ist zu berücksichtigen, daß der Boden-Pool an Phosphat wesentlich mehr als unter den Bedingungen des Gefäßsuches zur P-Ernährung der Pflanzen beiträgt. Unumstritten ist aber die Bedeutung einer ausreichenden P-Bereitstellung und hier vornehmlich im Jugendstadium in Übereinstimmung mit ABO SHETAIA (1990), BOCHNIARZ und BOCHNIARZ (1989) sowie EBERT et al. (1977) zu sehen.

Im Gegensatz zu P ist eine N-Düngung nicht zu empfehlen. Die Ergebnisse belegen, daß der Ertrag bei Ackerbohnen in erster Linie vom P-Angebot abhängt. Ob die Ergebnisse bezüglich der beschriebenen Kontaktdüngung unter Feldbedingungen eine derartige Bestätigung finden, sei dahingestellt. Hinzu kommen Probleme bei der technischen Realisierung einer P-Kontaktdüngung. Zumindest ist aber eine P-Düngung zu Ackerbohnen zu empfehlen, selbst dann, wenn der Boden ausreichend versorgt ist. Ein reichliches P-Angebot — und zwar unter dem Aspekt Sicherung des Jugendbedarfs — ist eine gute Grundlage für hohe Erträge und Ertragssicherheit.

Literatur

- ABO-SHETAIA, A., 1990: Yield and yield components responses of faba bean to plant density and NPK fertilization. Univ. Cairo 35, 187—204.
- ANONYM, 1987: Empfehlungen für die Düngung von Acker- und Grünland nach Bodenuntersuchung. Landwirtschaftskammer Rheinland, 65 S.
- BOCHNIARZ, J. and M. BOCHNIARZ, 1989: Effects of phosphorus and potassium fertilizer application on yield of field beans grown for seeds (poln.). *Jung Pulawy* 108, 137—151.
- EBERT, D., J. FOCKE und W. KLEIN, 1977: Industriemäßige Produktion von Körnerleguminosen. Berlin, 188 S.
- HERBST, E., 1988: Untersuchungen zu Schwerpunkten des Produktionsverfahrens für ti-Ackerbohnen auf Lößstandorten. Diss. Berlin AdL.
- KLEIN, W., 1977: Hinweise zur Frühjahrsbestellung von Ackerbohnen und Erbsen. *Feldwirtschaft* 18, 16—18.
- KUPKA, J., L. FOITIK, L. GREC and V. NOVAK, 1989: Changes in the nitrogen and phosphorus contents during the development of faba beans (tschech.). *Prag-Suchdol* 35, 463—476.
- LIEBHARD, P., 1983: Die Pferdebohne eine Pflanze für die österreichische Futtereweißversorgung. *Forschungsdienst* 32, 282—288.
- MÜLLER, S., 1991: Einfluß von Kontaktdüngung auf den Aufgang, die Biomassebildung und die NP-Aufnahme von Pflanzen zu verschiedenen Entwicklungsstadien (russ.). *Agrochimija* 10, 50—54.
- MÜLLER, S., O. HAGEMANN und H. ANSORGE, 1985: Untersuchungen über den Rückgang der Löslichkeit von Düngerphosphaten in verschiedenen Böden. *Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkunde* 29, 442—449.
- POMMER, G., 1985: Überlegungen zum Ackerbohnen-Ideotyp. *Kali-Briefe* 17, 531—543.
- PUHL, T., 1984: Über die Bedeutung der Art der Stickstoffernährung der Ackerbohne (*Vicia faba*) für Assimilationsleistung, -verteilung und innere Konkurrenz bei der Ertragsbildung. Diss. Bonn Univ.

SCHMID, J., 1983: Warum nicht Ackerbohnen. Die Grüne 38, 20—23.
WERNER, W., 1987: Abhängigkeit der Phosphatausnutzung von der Phosphatform und anderen Einflußfaktoren. Agrochem. 87, 1—19.

(Manuskript eingelangt am 6. August 1992, angenommen am 4. Februar 1993)

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. habil. Siegfried MÜLLER, Dr. Lothar HEINRICH und Agr.-Ing. Inge WEIGERT, Fachhochschule Erfurt, Fachbereich Gartenbau, Leipziger Straße 77, D-O-5072 Erfurt