

Rationale Grundlagen zur optimalen Platzierung von Düngemitteln

von

Popp, M. und N. Classen

334

1. Einleitung

Der Begriff der Düngemittelplatzierung bezieht sich in der Regel auf die gezielte Versorgung eines eng begrenzten, wurzelnahen Bodenbereiches mit Nährstoffen. Im Vergleich zu einer breitwüfzigen Applikation belegen zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahrzehnte eine recht uneinheitliche Tendenz im Hinblick auf die Enderträge verschiedener Feldfruchte (Welch et al. 1966; Matar und Brown, 1989; Bailey und Grant, 1990). Dagegen berichten die meisten Autoren übereinstimmend von zumindest anfänglichen Wachstumsvorteilen auf platzierten gedüngten Parzellen. Vor allem die Jungpflanze scheint also davon zu profitieren, daß bei Ausbringung einer gegebenen Düngermenge durch die Reduzierung des versorgten Bodenvolumens die Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung, als Folge verringerter Sorptions- und Fällungsprozesse ansteigt (Anghinoni und Barber, 1980). Andererseits beschränkt man mit dieser Maßnahme zugleich den für die Nährstoffaufnahme nutzbaren Bodenraum. Es sollte folglich ein optimal zu düngendes Bodenvolumen geben, bei dem die Nährstoffverfügbarkeit im Boden nicht mehr begrenzend wirkt und gleichzeitig die Pflanze ihr Aufnahmepotential voll ausschöpfen kann. Jede Abweichung vom Optimalzustand würde durch die Diskriminierung eines der beiden Aufnahmefaktoren zu einem geringeren Gesamtnährstoffentzug führen. Dieser ideale Zusammenhang wird sicherlich modifiziert durch äußere Einflußgrößen wie Bodenart, Nährstoffgehalt des Ausgangsbodens, aber auch Temperatur, Wassergehalt oder der relativen Lage des Düngebandes zum Saatkorn. Hoffmann et al. (1994) zeigten zum Beispiel, daß ohne oder mit geringer P-Gabe im Durchschnitt $\text{NH}_4\text{-N}$ gegenüber $\text{NO}_3\text{-N}$ -Ernährung das Wurzelwachstum von Mais um 6%, den Sproßertrag um 25% und die P-Aufnahme um 38% erhöhte. Aufgrund der geringen Mobilität von Phosphat und der fehlenden Mykorrhizierung von Beta vulgaris wurde zur Prüfung der aufgestellten Hypothese eine auf verschiedene Bodenvolumina applizierte P-Düngung bei Zuckerrübe auf einem P-Mangelboden durchgeführt. Der Effekt einer alternativen N-Versorgung über Ammonium wurde in die Untersuchungen miteinbezogen.

2. Material und Methoden

In einem Gefäßversuch mit Parabraunerde (pH 5,3) wurde eine Gesamtkonzentration von 100 mg P/Gefäß als $Ca(H_2PO_4)_2$ in dreifacher Wiederholung ausgebracht. Diese Menge wurde auf 5, 10, 20 bzw. 100% des Bodens verteilt. Die N-Düngung erfolgte entweder breitwürfig als $Ca(NO_3)_2$ oder zusammen mit der P-Düngung platziert auf die jeweiligen Volumina als $(NH_4)_2SO_4$. Zur homogenen Verteilung der Düngesalze wurden diese in gelöster Form mit einer Spritzpistole bei minderen Druck auf den Boden ausgebracht und eingemischt. Zum Zwecke der späteren Reisolierung und exakten analytischen Datenerfassung mußte der Boden im platzierten Bereich in Netzschläuche (Gardinen aus Polyethylen, Maschenweite 1mm) eingefüllt und in einer Tiefe von 8 cm (= Abstand Bodenoberfläche zu Netzschlauchoberkante) abgelegt werden. Pro Gefäß standen insgesamt 3 Zuckerrüben (Sorte 'Kawetina') jeweils seitlich versetzt zum Düngeband. Um den Influx zu ermitteln wurden zwei Ernten durchgeführt. Die erste erfolgte 13 Tage und die zweite 25 Tage nach der Keimung. Die Wachstumsergebnisse werden nur für den zweiten Termin angegeben. Die Gewinnung der Bodenlösung zur Bestimmung der P-Konzentration C_{11} erfolgte in unbespülten Töpfen nach der Verdünnungsmethode von Adams (1974). Nach sorgfältigen Auswaschen der Wurzeln in den verschiedenen Kompartimenten wurde deren Gesamtlänge bzw. -oberfläche mit der Schnitpunktmethode nach Newman (1966) ermittelt. Die P-Gehalte im Sproß wurden nach Säureaufschluß und Anfärben mit Molybdät-Vanadat-Reagenz spektrophotometrisch gemessen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß durch die Verminderung des gedüngten Gesamtbodenanteils die P-Konzentration der Bodenlösung im Applikationsbereich überproportional anstiegt. Dagegen zeigt die Ertragskurve den erwarteten Optimumverlauf: Eine breitwürfige Ausbringung des Phosphats resultiert zwar in einer Verdreifachung des Sproßzuwachses relativ zur ungedüngten Variante. Beschränkt man aber die P-Düngung auf 10 - 20% des Bodens, so sind weitere Ertrags-effekte erzielbar. Trotz hoher P-Konzentrationen in der Bodenlösung erweisen sich sehr kleine Bodenvolumina (5%) als ungünstig, da sie von der Pflanze schlecht genutzt werden können, möglicherweise aufgrund:

- a. des zu späten Auffindens bei der praktizierten seitlichen Ablage des Düngebandes
- b. der zu geringen Erhöhung der Wurzelichte zur Schaffung der notwendigen Absorptionsoberfläche
- c. der limitierten Aufnahmekapazität der Einzelwurzel.

Während in der Durchwurzelung des nicht gedüngten Bodens (in der Tabelle als Topf bezeichnet) nur geringe relative Unterschiede auftreten, zeigen sich im Bereich des Düngebandes markanter Differenzierungen. Bereits die breitwürfige Verteilung des Phosphats bewirkt eine Zunahme der

Wirkung der P- bzw. NH_4 -Platzierung auf die P-Konzentration der Bodenlösung und auf das Wachstum (Sproß und Wurzel) und die P-Aufnahme von Zuckerrüben

% Boden gedüngt	C_{11} im Düngebereich					10-NH ₄
	0	100	20	10	5	
Ertrag % TSGef	1,0	1,9	15,4	70,9	379,6	86,8
Wurzellängendichte cm/cm ²	0,5	1,6	2,1	2,0	1,5	2,0
Wurzellänge (absolut) m	Topf	2,4	2,5	3,2	2,4	2,4
	Band	1,2	2,0	3,2	3,4	3,8
P-Entzug (absolut) mg/Gef (relativ) %	Topf	117	125	139	116	127
	Band	7	11	35	19	11
P-Influx $10^{13} mol cm^{-2} s^{-1}$	Topf	1,5	6,6	9,5	11,4	8,5
	Band	94	90	16	16	18
Band	6	10	84	84	82	
	Topf	2,4	9,4	2,4	2,4	2,4
Band	2,4	9,4	57,3	154,6	148,0	
						79,0

Wurzellängendichte im - verglichen zum Restboden einheitlich gedüngten und hier mit 10 Volumenprozent veranschlagten - Bandbereich. Begrenzt man die Düngung auf einen zunehmend reduzierten Volumenanteil des Bodens, so stellt man zunächst einen weiteren deutlichen, bei stark reichlich zweifellos aus, die groben Relationen der P-Entzüge und z. T. des Ertrages zwischen Düngung, breitwürfiger Düngung und Banddüngung wiederzugeben. Aber die Differenzierung zwischen den Versuchsgliedern der platzierten Varianten wird nicht erfaßt. Dazu ist es notwendig, den P-Influx miteinzubeziehen. Ausgehend von der Annahme, daß der P-Influx im ungedüngten Bandaußenbereich dem gemessenen P-Influx der 0-Variante entspricht, ergibt sich eine P-Restmenge, die dann von den Wurzeln im Düngeband absorbiert worden sind. Unter dieser Voraussetzung erkennt man eine enorme Zunahme des P-Influx, der je nach Applikationstechnik bis um den Faktor 15 gesteigert wurde. Oder anders ausgedrückt erfolgt eine Umkehrung der relativen Bedeutung der Wurzeln im Band für die P-Ernährung der Pflanze: knapp 20% des Gesamtwurzelsystems sind verantwortlich für über 80 % der P-Aufnahme. Der Gesamtverlauf des P-Influx repräsentiert eine Sättigungskurve, deren Optimum bei einer Konzentration von 70 $\mu mol P/I$ Bodenlösung erreicht ist. Eine weitere Erhöhung der Bodenlösungskonzentration auf 380 $\mu mol/l$ war ineffektiv, da die Pflanze das höhere Angebot nicht nutzen kann. Bei ähnlicher Wurzellängendichte besitzt die 10%ige Platzierungsvariante eine höhere Gesamtwurzellänge und entzieht dem Boden deswegen

mehr Phosphat als die 5%- Variante, was sich letztlich auch im Ertrag widerspiegelt. Dagegen hatte die 20%- Variante und insbesondere das breitwürfig gedüngte Versuchsglied die höchsten absoluten Wurzellängen im Düngbereich, doch aufgrund der unzureichenden Konzentration der Bodenlösung konnte die Pflanze ihr maximales Aufnahmepotential nicht ausschöpfen, wodurch die P-Entzüge insgesamt geringer waren.

Überraschend ist, daß sich die Erträge der 5%- und 100%- Variante, sowie der 10%- und 20%- Variante nicht unterscheiden, obwohl jeweils erstere um rund 20% höhere P-Entzüge aufweisen. Dieser Umstand erklärt sich wahrscheinlich aus dem Versuchsansatz. Durch die seitliche Ablage wächst die Pfahlwurzel der Zuckerrübe zunächst am Düngeband vorbei und findet den Applikationsbereich mit abnehmendem Volumen zunehmend später. Die Pflanzen wachsen also länger unter P-Mangelverhältnissen, sodaß in dieser Phase die Zuckerrüben in Töpfen mit hohen Düngungsvolumina die kurzfristig besseren Startbedingungen vorfinden und sich einen Wachstumsvorsprung verschaffen können. Es wäre demnach zu fordern, die P-Düngung bei Zuckerrübe direkt unter dem Saatkorn zu platzieren.

Ein abschließender Vergleich zum Einfluß der N-Form zeigt, daß die zusätzliche Platzierung von Ammonium im Gegensatz zur breitwürfigen Verteilung von Nitrat die P-Konzentration der Bodenlösung im Applikationsbereich etwas erhöht. Ertrag und P-Entzug bleiben davon unbeeinflusst. Allerdings verdoppelt sich durch diese Maßnahme die Wurzellänge im Band. So gesehen hätte *ceteris paribus* - auch der P-Entzug um den Faktor 2 ansteigen müssen. Doch realisierte die Pflanze ihr physiologisches Aufnahmepotential nicht, sondern reduzierte den P-Influx um 50%; wohl als Folge eines gedeckten internen Bedarfes, der keine weitere Steigerung der P-Aufnahmemenge erforderte. Daraus wäre abzuleiten, daß eine zusätzliche Platzierung von NH_4 eine Reduzierung der gedüngten P-Menge erlaubt, da die Pflanze durch die höhere Absorptionsoberfläche befähigt und bei abnehmender P-Konzentration in der Bodenlösung gezwungen wäre, ein mögliches Nährstoffdefizit durch die Realisierung ihres maximalen Aufnahmepotentials auszugleichen.

4. Literaturverzeichnis

- Adams F. 1974 Soil solution. In: The plant root and its environment. Hrsg. E.W. Carson 441-448 Charlottesville: University Press of Virginia.
- Anghinoni I. und Barber S.A. 1980: Predicting the most efficient phosphorus placement for corn. Soil Sci. Soc. Amer. J. 44: 1016-1020.
- Bailey L.D. und Grant C.A. 1990: Fertilizer placement studies on calcareous and non-calcareous chernozemic soils - Growth, P-uptake, oil content and yield of Canadian rape. Soil Sci Plant Anal. 21 (17 u. 18), 2089-2104.
- Hoffmann C., Ludewig E., Claassen N. und Jungk A. 1994: Phosphorus uptake of maize as affected by ammonium and nitrate nitrogen-Measurements and model calculations. Z. Pflanzenern. Bodenk. 157, 225-237.
- Matar A.E. und Brown S.C. 1989: Effect of rate and method of phosphate placement on productivity of durum wheat in mediterranean climate. Fert. Res. 20, 83-88.
- Newman E.J. 1966: A method for estimating the total root length in a sample. J. Appl. Ecol. 3, 139-145.
- Welch L.F., Mulvaney D.L., Boone L.V., McKibbin G.E. und Pendleton J. W., 1966: Relative efficiency of broadcast versus banded phosphorus for corn. Agron. J. 58, 283-287.