

(Aus dem Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, vormals Landwirtschaftlich-chemische Bundesanstalt in Wien, Generaldirektor: Hofrat Dipl.-Ing. Arnold Köchl)

Zur Düngerplazierung bei Mais

Von M. DACHLER und A. KÖCHL

Zusammenfassung

In dreijährigen Feldversuchen auf zwei nach Klima und Boden verschiedenen Standorten wurde bei Körnermais die Wirkung einer breitflächig ausgebrachten Stickstoff-Phosphor-Andüngung mit den Effekten unterschiedlicher Kombinationen der Plazierung von Stickstoff und Phosphor auf der Basis gleicher Reinnährstoffmengen verglichen. Die Düngerplazierung umfaßte eine Unterfußdüngung mit Diammoniumphosphat (DAP) kombiniert mit verschiedenen Formen der Gabenteilung bzw. den Einsatz von Stickstoffdüngemitteln mit Nitrifikationshemmstoffen.

Auf beiden Standorten war die Kombination „breitflächige Andüngung vor der Saat mit Kalkammonsalpeter und Triplephosphat und Unterfußdüngung mit DAP“ allen anderen Düngungskombinationen sowohl hinsichtlich des Ertrages als auch hinsichtlich des um die verfahrensspezifischen Kosten bereinigten Roherlöses deutlich überlegen. Weitergehende Differenzierungen in bezug auf Düngerform und Applikationszeitpunkt erwiesen sich auf den bindigen Böden der Versuchsstandorte als nachteilig.

Schlüsselworte: Mais, Düngerplazierung, Unterfußdüngung, Nitrifikationshemmstoff, Kopfdüngung.

Fertilizer placement to maize

Summary

In three years of field trials and under two different climatic conditions, the effect of broadcast nitrogen and phosphorus fertilization before sowing on maize was compared with different kinds of nitrogen and phosphorus placement on the basis of equal nutrient amounts (sideband placement of diammonium-phosphate [DAP] plus different split applications of nitrogen or in combination with the use of nitrogen fertilizers containing nitrification inhibitors).

The most effective combination on the basis of yield and proceeds (fertilizer expenses deducted) was a “broadcast placement of ammonium-nitrate-lime and triple-phosphate before sowing together with a side band placement of DAP”. A further differentiation concerning nitrogen source or split application on the heavy soils of the trial sites showed disadvantages in yield and proceeds.

Key-words: maize, fertilizer placement, sideband application, nitrification inhibitor, top dressing.

1. Einleitung

Mais gilt als stickstoffintensive Kultur, die hohe Nährstoffmengen benötigt. In Österreich reichen die Düngeempfehlungen laut den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ bis 170 kg N/ha. Der relativ späte Anbauzeitpunkt und die langsame Jugendentwicklung des Mais erhöhen das Risiko einer Stickstoffauswaschung und damit auch die möglichen Verluste des vor der Saat ausgebrachten Stickstoffs. Um diese Auswaschungsgefahr einzudämmen und den Stickstoff effizienter zu nutzen, wurden verschiedene Düngestrategien entwickelt.

Eine Möglichkeit besteht in der Teilung der Stickstoffgaben in eine Grund- und Kopfgabe. Unter den relativ niederschlagsreichen Bedingungen der Schweiz erzielten WALTHER und JÄGGLI (1989) die höchsten Erträge, wenn bei niedriger Andüngung zur Saat (30 kg N/ha) die Hauptmenge im 8-Blatt-Stadium des Mais verabreicht wurde. Demgegenüber erzielte MAIDL (1990) mit einer Gabenteilung nur dann deutliche Mehrerträge, wenn die erste Hälfte der vorgesehenen Stickstoffmenge zur Saat als Reihendüngung verabreicht wurde und die zweite Hälfte breitflächig in den 20 cm hohen Bestand. Die bessere Wirkung der Reihendüngung beruht nach den Untersuchungen des zitierten Autors in der weitaus schwächeren Durchwurzelungsintensität im Reihenzwischenraum als in der Reihe während des ersten Drittels bzw. der ersten Hälfte der Vegetation (10 bzw. 34 % Durchwurzelungsintensität).

Auf positive Ertragswirkungen einer Unterfußdüngung mit Ammoniumphosphat zur Saat wiesen AMBERGER und GUTSER (1976) hin. Ihre Ergebnisse wurden von HUGGER (1989) bestätigt, der mit einer Unterfußdüngung mit Kalkammonsalpeter zur Saat höhere Erträge erzielte als mit einer reinen Flächendüngung. STURM et al. (1994) schlägt die Unterfußreihendüngung im Maisbau daher als Standardmaßnahme vor.

Mit dem Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen als Zuschlag zu Stickstoffdüngern befaßten sich KNITTEL et al. (1990) und DACHLER (1993) und fanden, daß der Maisertrag vor allem in niederschlagsreicheren Lagen günstig beeinflusst wird.

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, zu klären, ob in der Stickstoff- und Phosphatdüngung zu Körnermais die vorgenannten Verfahrensmöglichkeiten, also Ausbringungstechnik (breitwürfige Verteilung, Placierung in Wurzelnahe, Ober- oder Unterblattausbringung), Applikationszeitpunkt (Andüngung, Spätdüngung) und Düngerform (mit und ohne Nitrifikationshemmer) so kombiniert werden können, daß gegenüber dem herkömmlichen Düngungsregime oder dem Einsatz einer Verfahrensverbesserung Vorzüge in der Düngerausnutzung und damit der Verlustminderung Richtung Grundwasser oder Atmosphäre entstehen.

2. Versuchsanstellung

Die Feldversuche wurden in Fuchsenbigl (pannonisches Klimagebiet, „trocken“, Jahresmitteltemperatur: 9,3 °C) und Wieselburg (baltisches Klimagebiet, „mäßig feucht“, Jahresmitteltemperatur 8,4 °C) in den Jahren 1989 bis 1991 durchgeführt. Die Standorteigenschaften wurden in einer früheren Arbeit beschrieben (DACHLER 1992). Die Versuche in Fuchsenbigl wurden in der Hauptwachstumsperiode mit durchschnittlich 120 mm beregnet, in Wieselburg ist eine Beregnung nicht erfolgt und in der Praxis auch nicht üblich. Die Witterung entsprach im großen und ganzen den langjährigen Durchschnittswerten, nur

der Mai 1991 war durch ungewöhnlich niedere Temperaturen und hohe Niederschlagsmengen gekennzeichnet.

Die geprüften Varianten sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1

Übersicht über die verwendeten Düngungskombinationen zur Verteilung einer einheitlichen N- und P-Menge

Düngungs- kombination	Düngung vor bzw. zur Saat als					Spätdüngung	
	KAS	ASS+ DCD kg N/ha	DAP	DAP	Triple-P	Ober- blatt kg N/ha als KAS	Unter- blatt kg N/ha als KAS
1	0	0	0	0	0	0	0
2	100	0	0	0	80	0	0
3	84	0	16	40	40	0	0
4	0	84	16	40	40	0	0
5	40	0	16	40	40	44	0
6	40	0	16	40	40	0	44
7	0	40	16	40	40	0	44

KAS=Kalkammonsalpeter (27 % N), Ausbringung breitwürfig

ASS+DCD=Ammonsulfatsalpeter (25 % N) mit Dicyandiamid (2 % DCD), Ausbringung breitwürfig

DAP=Diammoniumphosphat (18 % N, 46 % P₂O₅), Unterfuß-Ausbringung

Triple P=Triplephosphat (45 % P₂O₅), Ausbringung breitwürfig

Alle Düngungskombinationen erhielten 120 kg K₂O/ha als 60 % Kalisalz und – außer der Nullvariante – in Summe 100 kg N/ha und 80 kg P₂O₅/ha.

Die Unterfußdüngung wurde mit einem auf die Sämaschine aufgebauten Granulatstreuer so ausgebracht, daß die Diammoniumphosphat-Düngerkörner 5 cm unterhalb und gleichzeitig 5 cm seitlich versetzt vom Maiskorn zu liegen kamen. Die Ober- bzw. Unterblattdüngung erfolgte von Hand in den ca. 25 cm hohen Maisbestand.

In Fuchsenbigl wurde die Sorte „Mirna“, in Wieselburg „LG 2250“ angebaut. Die Versuche wurden als 7×4 unvollständiges Lateinquadrat angelegt.

3. Ergebnisse

In Fuchsenbigl konnte nur mit Düngungskombination 3 (Unterfußdüngung mit DAP, Flächendüngung mit KAS und Triple-P vor der Saat) ein signifikanter Mehrertrag gegenüber der Nullvariante erreicht werden (Tab. 2). In Wieselburg schnitt ebenfalls die Kombination 3 am besten ab, signifikante Mehrerträge gegenüber ungedüngt erzielten dort aber auch alle anderen Düngungskombinationen. Die Überlegenheit der Kombination 3 drückte sich in Wieselburg zudem in signifikanten Differenzen zu den Kombinationen 5 und 7 aus. Trotz der generell höheren Düngewirkung in Wieselburg bestand zwischen den beiden Standorten gute Übereinstimmung im Düngungserfolg der jeweiligen Varianten. In den Ergebnissen kamen die mit der Oberblattdüngung regelmäßig auftretenden Blattverätzungen zum Ausdruck.

Der Stickstoffgehalt und damit der Rohproteingehalt (im Mittel 10,5 % in TS) zeigte sowohl zwischen den beiden Versuchsstandorten als auch zwischen den Düngungskombinationen nur geringe Unterschiede. Der Stickstoff-Gesamtpflanzenentzug variierte infolge der Ertragsunterschiede zwischen den Versuchsstandorten erheblich (204 kg N/ha in Fuchsenbigl und 152 kg N/ha in

Tabelle 2

Die Wirkung einer NP-Placierung und der Variation des N-Angebotes in Form und Termin auf den Maisertrag (in dt/ha)

Düngungskombination	1989	1990	1991	Ø
Fuchsenbigl				
1	86,5	85,0	98,7	90,1
2	94,6	92,8	103,4	96,9
3	98,7	101,8	105,5	102,0
4	93,1	97,9	101,2	97,4
5	96,6	91,6	101,6	96,6
6	93,2	93,6	102,6	96,5
7	88,3	87,0	104,8	93,4
			GD 5 %	10,3
Wieselburg				
1	60,2	36,3	77,7	58,1
2	68,5	66,0	92,7	75,7
3	74,5	74,6	97,1	82,0
4	70,4	70,1	92,1	77,5
5	61,8	63,6	92,5	72,6
6	57,9	72,6	99,1	76,5
7	66,9	57,5	84,2	69,5
			GD 5 %	9,0

Wieselburg im Mittel der N-gedüngten Varianten). Der Entzug für 10 dt/ha Mais Korn beträgt 14,4 kg N/ha, einschließlich Stroh rund 20 kg N/ha.

4. Ökonomische Auswertung

Um die finanziellen Auswirkungen der verschiedenen Düngungskombinationen abzuschätzen, wurden auf der Basis des Interventionspreises für Körnermais die Roherlöse errechnet, von denen die verfahrensspezifischen Kosten in Abzug gebracht wurden (Dünger- und Ausbringungskosten). Die Düngemittelkosten wurden ohne die im Juli 1994 aufgehobene „Bodenschutzabgabe“ in Rechnung gestellt. Wie Tabelle 3 zeigt, ergaben sich auf beiden Standorten für die Düngungskombination 3 die höchsten Mehrerlöse gegenüber der ungedüngten Variante.

Tabelle 3

Mehr- oder Mindererlös nach Abzug der verfahrensspezifischen Kosten (in öS/ha) in Abhängigkeit verschiedener NP-Placierungen (im Mittel von 1989 bis 1991)

Düngungskombination	Mehr- oder Mindererlös bzw. Roherlös der Nullvariante Fuchsenbigl	Wieselburg
Nullvariante	17.477,-	11.266,-
2	- 764,-	+ 1.342,-
3	+ 370,-	+ 2.702,-
4	- 1.264,-	+ 1.092,-
5	- 851,-	+ 707,-
6	- 786,-	+ 1.552,-
7	- 1.738,-	- 154,-

5. Diskussion

In Österreich wird in der Praxis die mineralische Stickstoffdüngung häufig noch in einer einmaligen Gabe vor dem Anbau verabreicht. Gegenüber dieser Form der Ausbringung konnten im vorliegenden Versuch nur wenige Düngungskombinationen Mehrerträge erzielen.

Der Einsatz von Stickstoffdüngern mit Nitrifikationshemmstoffen (ASS+DCD) erbrachte zwar gegenüber der Variante 2 „breitflächige Andüngung“ im Mittel Mehrerträge im Ausmaß von 0,5 bzw. 1,8 dt/ha, wegen der doch deutlich höheren Düngerkosten erwies sich aber deren Einsatz als finanziell nachteilig. Obwohl nicht direkt vergleichbar (fehlende Unterfußdüngung) konnten in eigenen Versuchen (DACHLER 1993) oder in jenen von KNITTEL et al. (1990) etwas deutlichere Ertragssteigerungen bei Verwendung von ASS+DCD beobachtet werden.

Nur in einem Jahr und nur auf dem Standort Wieselburg war die Kombination 6 (späte Unterblattdüngung mit KAS) den anderen Varianten tendentiell überlegen. Dies muß auf die außergewöhnlich niederschlagsreiche Frühjahrswitterung des betreffenden Versuchsjahres zurückzuführen sein, wodurch auf dem bereits der Übergangszone zum Feuchtgebiet zuzuordnenden Standort offenbar Auswaschungsverluste an breitflächig zur Saat ausgebrachtem Stickstoff aufgetreten sind. Unter Normalbedingungen bzw. in fünf von sechs Versuchen sind mit der Aufteilung der N-Gabe auf An- und Spätdüngung im Trocken- und Übergangsbereich keine Verbesserungen in der N-Bewirtschaftung zu erzielen.

Die mangelnde Wirkung einer Gabenteilung steht im Widerspruch zu manchen Empfehlungen (z. B. STURM et al. 1994) oder auch Versuchsergebnissen (z. B. MADL 1990). Allerdings weist ZSCHEISCHLER et al. (1990) darauf hin, daß auf bindigen Böden – wie sie auch die Versuchsstandorte aufweisen – die gesamte N-Gabe auf einmal vor der Saat verabreicht werden kann, und nur auf leichten Böden bzw. in niederschlagsreichen Lagen (trifft auf die Prüfstandorte ebenfalls nicht zu), eine Aufteilung der N-Gaben zu empfehlen ist. Die Versuchsergebnisse von ZHANG et al. (1993) bzw. eigene Ergebnisse (DACHLER 1993) bestätigen diese Aussage.

Auch der unvermutet geringe Einfluß einer N-Gabenteilung auf den Stickstoff- bzw. Rohproteingehalt wurde ebenfalls von ZHANG et al. (1993) beobachtet.

Nur die Kombination 3 (Andüngung mit KAS bzw. Triplephosphat und Unterfußdüngung mit DAP) führte auf allen Standorten und in allen Jahren zu signifikanten Mehrerträgen gegenüber der Nullvariante bzw. zu deutlichen, aber nicht mehr signifikanten Mehrerträgen gegenüber der Variante 2 (breitflächige Andüngung mit KAS und Triplephosphat). Die Effektivität einer Unterfußdüngung wird schon von AMBERGER und GUTSER (1976) betont und im Mittel von 11 Versuchsjahren mit 2 dt/ha Mehrertrag beziffert. HUGGER (1989) berichtet von Mehrerträgen durch Unterfußdüngung von 2 bis 9 dt/ha je nach eingesetzter Stickstoffmenge. In den vorliegenden Versuchen lag er auf den beiden Standorten bei 5,2 bzw. 6,3 dt/ha. Diese Mehrerträge führten – trotz der zusätzlichen Ausbringungskosten – auch zu Mehrerlösen. Im Trockengebiet war überhaupt nur mit Variante 3 ein Mehrerlös zu erzielen, was auf die geringe Stickstoff-Düngungswürdigkeit von Mais unter den gegebenen Bedingungen hinweist (bindiger, tiefgründiger Boden; Bewässerung).

Als Fazit ist festzuhalten, daß durch eine zusätzliche Differenzierung der Variante „breitflächige Andüngung plus Unterfußdüngung“ bezüglich Düngerform oder Applikationszeitpunkt auf den bindigen und der niederschlagsarmen bzw. mäßig feuchten Zone zuzuordnenden Versuchsböden weder ertragliche noch finanzielle Vorteile zu erzielen waren.

Literatur

- AMBERGER, A. und R. GUTSER, 1976: Welche Bedeutung hat die Unterfußdüngung? *Mais* 5, 55-57.
- DACHLER, M., 1992: Die Wirkung dicyandiamidhaltiger Stickstoffdünger zu Hackfrüchten. 1. Mitt.: Die Wirkung bei Zuckerrübe. *Die Bodenkultur* 43, 257-264.
- DACHLER, M., 1993: Die Wirkung dicyandiamidhaltiger Stickstoffdünger zu Hackfrüchten. 2. Mitt. Die Wirkung bei Körnermais und Kartoffel. *Die Bodenkultur* 44, 119-125.
- HUGGER, H., 1989: Mais effizienter düngen. *DLG-Mitt.* 104, 228-229.
- KNITTL, H., H. LANG, H. KLAASZEN und J. v. d. HEYDE, 1990: Düngung und Pflanzenschutz - Mais eine Problemkultur? *Mais* 18 (2), 21-24.
- MAIDL, F. X., 1990: Stickstoffverwertung bei Mais. *Mais* 18 (3), 22-24.
- STURM, H., A. BUCHNER und W. ZERULLA, 1994: Gezielter düngen. DLG-Verlag, Frankfurt.
- WALTHER, U. und F. JÄGGLI, 1989: Pflanzen- und umweltgerechte Stickstoffdüngung des Mais. *Mais* 17, 18-33.
- ZHANG, Z., A. MACKENZIE and D. L. SMITH, 1993: Corn yield and shifts among corn quality constituents following application of different nitrogen fertilizer sources at several times during corn development. *J. of Plant Nutrition* 16, 1317-1337.
- ZSCHEISCHLER, J., M. ESTLER, W. STAUDACHER, F. GROSZ, G. BURGSTALLER, H. STREYL und T. RECHMANN, 1990: *Handbuch Mais*. DLG-Verlag, Frankfurt.

(Manuskript eingelangt am 11. Jänner 1995, angenommen am 30. März 1995)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Dr. Michael DACHLER und Generaldirektor Hofrat Dipl.-Ing. Arnold KÖCHL,
Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, A-1020 Wien, Trunnerstraße 1