

Heft 2/1976

Welche Bedeutung hat die Unterfußdüngung ?

Versuchsergebnisse über NP-Reihendüngung zu Körnermais

Prof. Dr. A. Amberger und Dr. R. Gutser, Lehrstuhl Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan

Der nährstoffintensive Körnermais gilt als Zeigerpflanze für schwache Phosphatversorgung. Selbst ein kurzfristig verringertes Nährstoffangebot z. B. infolge Trockenheit oder eine verminderte Nährstoffaufnahme wegen kühler Frühjahrs-erung führen zu gehemmter Jugendentwicklung und Ertragsausfall. Dem hohen Phosphatbedürfnis sucht man in vielen Ländern durch ein erhöhtes P-Angebot über Reihen- oder Banddüngung Rechnung zu tragen. Die nach einer solchen Düngenanwendung häufig festgestellte bessere Jugendentwicklung hat die Ausdehnung des Körnermaisbaues auch auf klimatisch weniger begünstigte Gebiete gefördert. Welche Bedeutung gegenwärtig der Reihendüngung zukommt sollten die nachfolgend geschilderten Versuche zeigen.

Die Versuchsergebnisse über P-Reihendüngung sind sehr unterschiedlich (BRAUER 1964, KNAUER 1966, IAEA-Wien 1970, FINGER 1972, POLETSCHEV und KICK 1973, HENKENS 1973). Sie erklären sich nur zum Teil in einer nicht streng vergleichbaren Versuchstechnik (Düngerform, Seiten- und Tiefenabstand des Düngergranulats vom Saatkorn). Offensichtlich übt die Jahreswitterung einen ganz erheblichen Einfluß auf den Erfolg dieser neuen Düngetechnik aus.

Versuche in Südbayern

In den Jahren 1964 bis 1975 wurden am Institut für Pflanzenernährung in Weihenstephan Feldversuche mit Körnermais zur Prüfung der Wirkung einer Reihendüngung in Form des wasserlöslichen Ammonphosphates 11/52 (AMP) gegenüber Flächendüngung auf gleicher P-Basis durchgeführt. Diese P-Form ist nicht zuletzt deshalb für diesen Zweck besonders geeignet, weil Ammonium die Aufnahme von Phosphat durch die Pflanzen begünstigt (DUNCAN und OHLROGGE 1958, 1959, MILLER und OHLROGGE 1958). Sämtliche Flächen lagen im tertiären Hügelland (Raum Freising) auf Lößverwitterungsböden (Braunerden, zum Teil schwach pseudovergleyt) mit mittlerer bis hoher Phosphatversorgung (Tab. 1).

Der jährliche Witterungsverlauf ist der Tabelle 2 zu entnehmen. Besonders hervorzuheben sind die Jahre 1964, 1967, 1969 und 1971 mit sehr trockenem Juli, 1972 und 1974 mit sehr trockenem August sowie die Jahre 1968 und 1972 mit unterdurchschnittlichem Sonnenschein. Tabelle 3 enthält Angaben über die verwandten Maissorten, Höhe der Düngergaben, Aussattermine etc. Das AMP-Granulat wurde als Düngerband 5 cm neben und 5 cm unter dem Saatkorn abgelegt (Unterfußdüngung).

Versuchsergebnisse

1. Wachstumsbeobachtungen

Abgesehen von 1974 und 1975 führte die Reihendüngung in sämtlichen Versuchsjahren zu einer deutlichen Wachstumsförderung gegenüber der konventionellen Düngung (s. Abb. 1). Dieser Entwicklungsvorsprung blieb aber nur 1966 und 1973 bis zur Ernte sichtbar, in der Regel wurde er ab dem Fahnen-schieben zunehmend geringer. Maispflanzen mit Unterfußdüngung erreichten ca. 1 bis 3 Tage früher das Stadium des Fahnen-schiebens bzw. der Blüte. Optimale Feuchtigkeitsbedingungen und günstige Bodenwärme verringern den ursprünglich hohen Banddüngungs-effekt im Jugendstadium. Die in der Mehrzahl der Fälle sehr kräftige Anfangsentwicklung und etwas stärkere

Bestockung der Maispflanzen (offenbar eine Sorteneigenschaft) können sich in extrem trockenen Wachstumsabschnitten auf die weitere generative Entwicklung der Pflanzen auch negativ auswirken, zumal ein großer Blattapparat mehr Wasser transpiriert.

2. Kornerträge

Im Mittel aller Versuchsjahre erzielte die Unterfußdüngung gegenüber Flächendüngung einen gesicherten Ertragszuwachs von 2 dt Körner pro ha (Tab. 4). In den Jahren 1966, 1971 und 1973 betrug dieser Mehrertrag etwa 10%, trotz teilweise bereits hohem Ertragsniveau (1971, 1973). Die Ertragsschwankungen in Abhängigkeit von der Jahreswitterung sind beträchtlich. Die Reihendüngung verringert zwar das Anbaurisiko (z. B. 1966), vermag jedoch einer geringeren Ertragsbildung als Folge einer für den Maisanbau ungünstigen Witterung nicht immer entgegenzuwirken (z. B. 1969, 1967). Die Grundlage für hohe Körnermiserträge sind sowohl eine günstige vegetative Entwicklung und ausreichende Kornanlagen als auch eine gute Blüh- und Befruchtungsperiode. Eine nach Reihendüngung häufig beobachtete frühere



Abb. 1: Förderung der Jugendentwicklung durch Reihendüngung (26. 6. 1973, links Reihen-, rechts Flächendüngung)

Tabelle 1: Bodendaten

Jahr	Bodenart	pH (KCl)	mg/100 g Boden		mg/100 g Boden Ges.		%	
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg (CaCl ₂)	P ₂ O ₅	Ges. C	Ges. N
			DL					
1964	sL	6,0	24	46	10	195	—	—
1965	sL	6,4	11	21	—	164	0,87	0,11
1967	uL	6,6	25	—	—	—	—	—
1968	uL	6,0	25	—	—	—	—	—
1969	uL	6,2	30	46	20	218	1,85	0,22
			CAL					
1970	uL	6,6	12	12	15	190	1,15	0,13
1971	sL	6,3	20	32	—	190	1,55	0,19
1972	uL	6,3	18	24	18	—	—	—
1973	uL	6,4	13	19	19	—	—	—
1974	uL	6,5	19	33	19	190	1,91	0,20
1975	uL	6,6	25	33	14	161	1,13	0,13

Tabelle 2: Klimadaten während der Vegetationszeit

	Abweichungen vom langjährigen Mittel										Lang-jähr. Mittel	
	1964	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974		1975
Niederschläge (mm)												
Mai	+83	+11	+16	-4	+18	+8	+43	-55	-20	+29	-15	83
Juni	+23	-14	-10	+32	+23	+2	+71	-53	+3	-19	+30	107
Juli	-117	+13	-64	-26	-74	-46	-81	-36	-40	+30	+18	126
August	-4	+73	+6	+51	+36	+61	-11	-43	-3	-31	+38	87
September	-38	+4	-46	+29	-63	-18	-19	-36	-38	-3	-27	73
mittlere Temperatur (°C)												
Mai	+0,7	-0,2	-0,4	-1,0	+0,7	-2,0	+1,1	-1,0	+0,3	-1,9	±0	12,4
Juni	+1,0	+0,5	-1,8	-0,3	+1,2	+1,2	-2,2	-1,2	-0,4	-2,3	-1,9	15,7
Juli	+1,2	-2,3	+1,0	-1,7	±0	-1,0	-0,1	-0,2	-1,2	-2,0	-0,5	17,3
August	-1,1	-1,8	-0,6	-1,3	-1,1	-0,5	+1,1	-0,8	+0,8	+1,1	+0,3	16,6
September	-0,3	-0,3	-0,5	-0,8	+0,3	-0,6	-2,3	-3,4	+0,2	-0,4	+2,2	13,3
Sonnenscheindauer (h)												
Mai	+9	+2	+9	-32	+16	-54	-21	-72	+23	-35	-41	219
Juni	-2	+9	-6	+17	-22	+48	-34	-13	+3	-29	-49	210
Juli	+92	+11	+44	-18	+40	-18	+83	-36	-48	-28	+17	231
August	-17	+16	+7	-92	-6	-42	+30	+18	+59	±0	-9	216
September	-2	-9	-37	-57	-19	+15	+14	-30	+20	+8	+1	163

Blüte und Befruchtung können sich je nach den vorherrschenden Temperatur- und insbesondere Feuchtigkeitsbedingungen sowohl günstig als auch ungünstig auf den Kornertrag auswirken.

Auffallend war die gute Wirkung der P-Reihendüngung 1966 und 1973 auf Böden mit mäßiger Phosphatversorgung (11 bzw. 13 mg P₂O₅/100 g Boden, s. Tab. 1). Allerdings wird die Wirkung einer besseren P-Anlieferung durch Unterfußdüngung überlagert durch den Einfluß der jeweiligen Witterung.

Zum Erntezeitpunkt betragen die Trockensubstanzgehalte der Körner flächen- bzw. reihengedüngter Maispflanzen ohne wesentliche Unterschiede im Mittel von 10 Jahren 67,3%; auch die Stickstoff- und Phosphatgehalte der Körner waren ziemlich gleich (siehe später).

Eine multiple Regressionsrechnung, in der die bessere Wirkung der Reihendüngung gegenüber der Flächendüngung als Zielgröße durch die Witterungsdaten der Vegetationszeit (Durchschnittstemperaturen, Niederschläge, Sonnenscheindauer) als Variable zu erklären versucht wurde, brachte folgendes Ergebnis (Tab. 5).

Demnach sind günstige Wachstums- und Reifebedingungen im August und

September (durch zwei Regressions-systeme führten zu keinen wesentlichen Unterschieden in den K-, Ca- und Mg-Werten der Jungpflanzen (Abb. 2), jedoch äußerte sich die Reihendüngung mit Ammonphosphat in anfänglich höheren N- (1973) — und insbesondere P-Gehalten (Abb. 3). Die am Sproß gewonnenen Ergebnisse decken sich mit denen der Wurzeln (Tab. 7). In späteren Entwicklungsstadien waren dagegen die N- und P-Gehalte der verschiedenen gedüngten Maispflanzen praktisch gleich (Abb. 3).

3. Mineralstoffgehalte reihen- bzw. flächengedüngter Jungpflanzen

In einigen Versuchsjahren wurden die N- und P-Gehalte im Sproß 20 bis 25 cm hoher Maispflanzen untersucht (Tab. 6). Die Reihendüngung verursacht in der Regel höhere P-Gehalte der Maispflanzen. Zwischen relativem Mehrertrag und Erhöhung der P-Gehalte durch Reihendüngung ergibt sich kein gesicherter Zusammenhang. Da die Vergleichbarkeit der Pflanzenanalysen in einem gewissen Entwicklungsstadium nicht immer einwandfrei gegeben ist, wurden 1973, 1974 und 1975 die Mineralstoffgehalte im Sproß verschieden gedüngter Pflanzen während der gesamten Vegetation (Abb. 2 und 3) bzw. in den Wurzeln während der ersten beiden Wachstumsmonate (Tab. 7) untersucht.

Alle Mineralstoffgehalte nahmen mit zunehmendem Pflanzenalter ab (Abb. 2 und 3) mit Ausnahme der Na-Gehalte (nicht abgebildet), die während der gesamten Vegetationszeit 0,01 bis 0,02 % i. TS betragen. Die beiden Düngungs-

Tabelle 3: Maissorten, Saat und Düngung

Jahr	Sorte	Saat-termin	Technik der Reihendüngung	P-Form der Flächendüngung	P-Gabe kg P ₂ O ₅ /ha	N-Gabe insges. kg N/ha
1964	Femo	29. 4.	halbautom.: Einl. des Düngergranul i. d. Düngerschar von Hand	AMP 11/52	150	130
1966	Prior	29. 4.		AMP 11/52	150	150
1967	Velox	14. 4.	vollauto-matisch	AMP 11/52	150	150
1968	Intrafrüh	22. 4.		AMP 11/52	150	120 u. 160
1969	Intrafrüh	13. 5.	von Hand	AMP 11/52	150	120 u. 160
1970	Decalb 202	29. 4.		Thomasphosph.	150	120 u. 160
1971	Intra 200	23. 4.	vollauto-matisch	Thomasphosph.	150	120 u. 160
1972	Brillant	3. 5.		Thomasphosph.	150	160 u. 230
1973	Velox	7. 4.	von Hand	Thomasphosph.	150	120 u. 160
1974	Cargill Primeur	24. 4.		NP 20/20	150	160
1975	Cargill Primeur	2. 5.	von Hand	NP 20/20	50—150	160

Tabelle 4: Maiserträge nach Flächen- und Reihendüngung

Jahr	Kornertrag (86% Tr.S.) — dt/ha			Bemerkungen zum Witterungsverlauf (s. Tab. 2)
	Flächen-düngung (F)	Reihen-düngung (R)	Ertrag — R (F — 100)	
1964	51,5	52,8	103	sehr trockener Juli
1966	45,0	49,8	111	Kühler, feuchter August
1967	46,6	47,7	102	Trockener Juli und September, Hagel im Juni
1968	55,5	54,6	98	Wenig Sonnenschein
1969	42,2	42,0	100	Trockener Juli und September
1970	74,3	74,4	100	—
1971	64,7	70,4	109	Trockener Juli
1972	59,3	61,5	104	Allgem. wenig Niederschlag u. Sonnenschein, Frost im September
1973	68,8	75,5	109	—
1974	65,8	66,3	101	Trockener August
1975	86,0	86,0	100	Trockener, warmer September
Mittelwert	60,0	62,0	103	—

GD5%: 1,2 dt/ha = Vergleich Mittelwerte Düngungstechnik (A)
 2,2 dt/ha = Vergleich Mittelwerte Jahre (B)
 3,2 dt/ha = Vergleich Einzelwerte (A x B)

1973 lag der P-Gehalt junger Maispflanzen nach Flächendüngung auffallend deutlich unter dem von 1974 (Abb. 3) und 1975 (P-Gehalt im Sproß breitwüfig gedüngter Pflanzen zum Stadium 3. Blatt bzw. 20 bis 30 cm Wuchshöhe: 0,58 % P. i. Tr.S.). Die Ursache dürfte zum einen auf die niedrigeren P-Gehalte des Bodens, zum anderen auf die geringe Bodenfeuchte im Mai und Juni 1973 sowie die damit verbundene schlechtere P-Beweglichkeit und P-Aufnahme zurückzuführen sein. Die 1973 nach Unterfußdüngung festgestellte deutliche Förderung der Jugendentwicklung steht offenbar in unmittelbarem Zusammenhang mit höheren P- und teilweise auch N-Gehalten während der ersten beiden Wachstumsmonate

Tabelle 5: Multiple Regressionsanalyse
Zielgröße: Ertrag durch Reihendüngung
(Flächendüngung = 100)
n = 10; 18 Variable

Regressions-schritt	Variable	Korrela-tionsrich-tung	multipl-es B %
1	Sonnenschein-dauer August	positiv	59
2	Niederschläge September	negativ	77
3	Temperatur Mai	positiv	88
4	Temperatur Juni	positiv	96

nate und führte letztlich zu Mehrerträgen um 11 % gegenüber der Flächendüngung. 1974 und 1975 konnte dagegen keine Förderung der Jugendentwicklung durch Banddüngung festgestellt werden; die P-Gehalte lagen auch bei der Flächendüngung bereits auf einem sehr hohen Niveau.

Was kann man daraus folgern?

1. Mehrerträge durch Unterfußdüngung mit Ammonphosphat 11/52 werden demnach nur dann zu erwarten sein, wenn eine Förderung der Jugendentwicklung der Maispflanze zustande gekommen ist sowie günstige Wachstums- und Reifebedingungen im August und September gegeben waren. In 9 von 11 Jahren förderte diese Düngungsmaßnahme das Jugendwachstum und brachte im Mittel von 11 Jahren 2 dt Körner je ha mehr als die konventionelle Flächendüngung (die Mehrerträge schwankten zwischen 0 und 11 %).
2. Die Wahrscheinlichkeit einer Wachstumsförderung durch Unterfußdüngung im Jugendstadium ist auf P-armen Böden bzw. in klimatisch ungünstigen Gebieten (kühle Frühjahrestemperatur) größer. Unter solchen Bedingungen liegen die P-Gehalte von Maiswurzeln bei einer Höhe der Jungpflanzen von 15 bis 30 cm nach Flächendüngung häufig unter 0,3 % P bzw. die der Maissprosse unter 0,5 bis 0,6 % P i. Tr.S. In unseren Versuchen erwiesen sich diese P-Konzentrationen als obere Grenze; wurden diese Werte aber schon durch Flächendüngung erreicht oder überschritten, dann war durch Unterfußdüngung keine Förderung der Jugendentwicklung mehr festzustellen. Zur Absicherung dieser Ergebnisse sind noch weitere Versuche nötig.

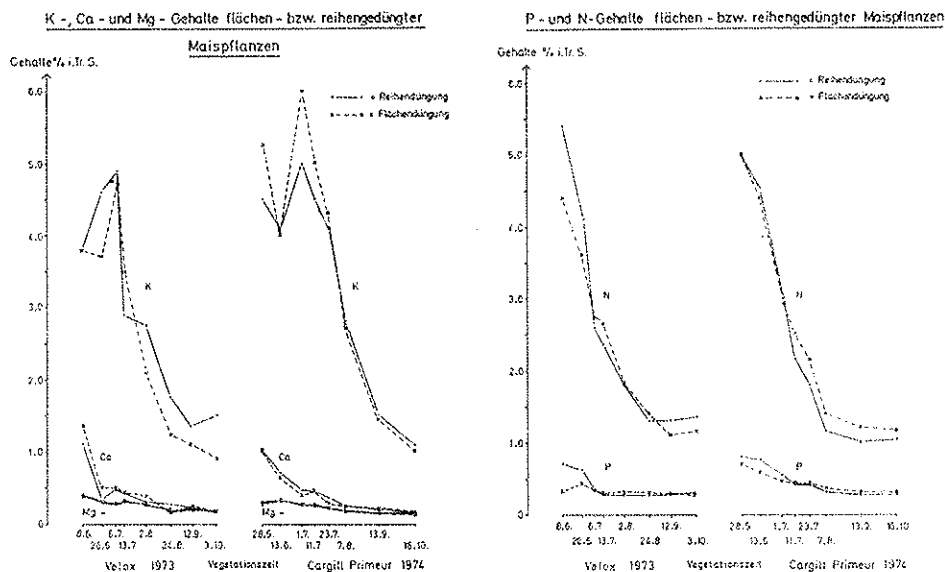


Tabelle 6: N- und P-Gehalte im Maissproß (20---25 cm hohe Pflanzen)

Jahr	Korn-ertrag Reihendg. (Flächendg. = 100)	% N i. Tr.S.		% P i. Tr.S.		P ₂ O ₅ -Gehalt des Bodens (mg/100 g)
		Flächendg.	Reihendg.	Flächendg.	Reihendg.	
1964	103	4,59	4,87	0,47	0,57	24 (DL)
1966	111	3,97	3,89	0,54	0,55	11 (DL)
1967	102	4,30	4,46	0,63	0,68	25 (DL)
1973	109	3,55	4,10	0,43	0,62	13 (CAL)
1974	101	4,40	4,54	0,59	0,77	19 (CAL)
1975	100	3,80	3,80	0,59	0,65	25 (CAL)

Tabelle 7: N- und P-Gehalte von Maiswurzeln (% i. Tr.S.)
(F = Flächendüngung, R = Reihendüngung)

Nähr-element	Jahr	Entwicklungsstadium					
		3. Blatt		15 cm hoch		30 cm hoch	
N	1973	2,5	2,4	2,3	2,9	1,8	2,2
	1974	3,1	3,8	3,0	3,1	1,6	1,5
	1975	2,6	3,2	2,6	3,0	1,9	1,8
P	1973	0,27	0,29	0,19	0,33	0,21	0,32
	1974	0,53	0,59	0,34	0,44	0,29	0,38
	1975	0,27	0,37	0,22	0,33	0,29	0,33

3. Berücksichtigt man neben der erhöhten Ertragsleistung von Körnermais das verringerte Anbaurisiko (Frostresistenz, Schädlingsanfälligkeit) nach Unterfußdüngung, so dürfte dieser Maßnahme für die praktische Landwirtschaft größere Bedeutung zukommen, insbesondere dann, wenn, wie erste Versuchsergebnisse zeigen, vielleicht schon 2 dt AMP/ha für diese Wirkung ausreichen.

4. Erfolge mit Unterfußdüngung sind nur durch eine exakte Saat- und Düngetechnik zu erreichen; das Düngergrenulat soll 5 cm neben und 5 cm unter der Saatreihe appliziert werden. ■

Literatur:

- BRAUER, A.: Landw. Forschung 17, 108—121, 1964
 DUNCAN, W. G. und A. J. OHLROGGE: Agric. J., Madison Wisc. 50, 605—608, 1958
 DUNCAN, W. G. und A. J. OHLROGGE: Agric. J., Madison Wisc. 51, 103—106, 1959
 FINGER, H.: Kalibriefe, Fachgebiet 8, 1. Folge, 1972
 HENKENS, CH. H.: Bedrijfsontwikkeling 4, 931—935, 1973
 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, WIEN: Technical Reports Series Nr. 121, 1970
 KNAUER, N.: Landw. Forschung 19, 196—204, 1966
 MILLES, M. und A. J. OHLROGGE: Agric. J., Madison Wisc. 50, 95—97, 1958
 POLETSCHNY, H. und H. KICK: Mitt. DLG 88, 798—801, 1973