

(Aus dem Institut für Getreideforschung Bernburg-Hadmersleben)

Bewirtschaftungsmaßnahmen im Silomais-Anbau

2. Mitteilung: Auswirkungen des Verzichts auf Herbizidanwendung

Von E. KREUZ und H.-J. HAMANN

1. Einleitung

Der Silomais ist in Europa eine weit verbreitete, wichtige Futterpflanze. Seine bisherigen Anbaumethoden geraten jedoch zunehmend unter Kritik hinsichtlich Bodenerosion und Umweltgefährdung. Dabei gibt es im integrierten Pflanzenbau (DIERCKS und HETTEFUSS 1990) ausreichend Möglichkeiten, den Anbau umweltverträglich zu gestalten. Ein lösbares Problem ist hier die Abkehr vom präventiven, oft überdosierten Herbizideinsatz, die Hinwendung zur Unkrautbekämpfung nach Schadschwellen. Zu prüfen wäre, ob unter bestimmten Voraussetzungen (hohe Ackerkultur, günstige Vorfrucht, trockene Standorte) auf die Herbizidapplikation ganz verzichtet werden kann, ohne gravierende Ertragseinbußen hinnehmen zu müssen. Dieser Frage wurde in einem Fruchtfolgeversuch auf zwei unterschiedlichen Standorten nachgegangen. Im folgenden werden dazu sechsjährige Ergebnisse vorgelegt.

2. Standorte und Methoden

Die Versuchsstandorte Bernburg (Saale) und Herzberg (Elster) sind in der 1. Mitteilung (KREUZ und HAMANN 1991) ausführlich beschrieben. Es handelt sich um grundwasserferne Löß-Schwarzerde (calcic chernozem) über Kalkstein (Bernburg) und um trockenen diluvialen Sandboden (Herzberg). Angaben zur Witterung im Versuchszeitraum 1985 bis 1990 finden sich in Tabelle 1. Demnach waren die Jahre 1985 sowie 1988 bis 1990 entschieden zu trocken, die letzten Jahre auch zu warm.

Der im Jahre 1984/85 angelegte Fruchtfolge-Versuch mit der Folge: Silomais – Winterweizen (Bernburg) oder Winterroggen (Herzberg) – Wintergerste (alle Felder jährlich im Anbau, Großparzelle 720 m²) ist eine Spaltanlage (R = 3) mit den Faktoren:

A = Herbizideinsatz zu Silomais

a₁ ohne, nur zweimal Handhacke (davon 1 Radhacke)

a₂ mit (1,25 kg/ha Atrazin im Voraufbau-Verfahren, zusätzlich eine Handhacke als Radhacke)

B = Stallmistdüngung zu Silomais (ohne oder mit 30 t/ha Stallmist)

C = Bodenbearbeitung zur Mais-Nachfrucht (pflügen oder pfluglose Bestellung mittels Scheibeneggen und Grubbern)

D = Steigerung der N-Düngung zur Mais-Nachfrucht (mit und ohne).

Tabelle 1

Abweichungen der Witterung vom langjährigen Mittel in den Versuchsjahren 1985 bis 1990 an den Standorten Bernburg und Herzberg

Merkmal		Bernburg			Herzberg		
		Jahr	III-VIII	III-V	Jahr	III-VIII	III-V
Niederschlag (mm) – Summe	1985	-119,0	-31,3	-4,7	-138,3	-22,2	+19,9
	1986	+46,8	+50,4	+81,5	-0,6	-16,1	+24,5
	1987	+85,3	+21,6	-12,0	+40,7	+49,6	+8,8
	1988	-83,2	-103,4	-39,1	-22,2	-29,1	-21,9
	1989	-93,0	-72,2	-58,3	-92,5	-75,7	-1,3
	1990	-37,0	-62,7	-74,3	-28,0	-54,2	-63,6
	Lufttemperatur (°C) – Mittel	1985	-0,6	0	+0,6	-0,7	-1,2
	1986	-0,4	+0,1	+0,1	-0,2	-1,0	-0,9
	1987	-1,0	-0,3	-1,5	-0,9	-2,5	-3,2
	1988	+1,3	+0,7	+1,1	+0,9	+0,3	+0,4
	1989	+1,8	+1,3	+2,1	+1,8	+1,3	+1,3
	1990	+1,7	+1,5	+2,3	+1,6	+1,4	+2,0

Tabelle 2

Versuchangaben zum Silomaisanbau auf den Standorten Bernburg (B) und Herzberg (H)

	Standort	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Sorte	B	Bema 211	Bema 211	Bema 211	Bermagold	Bermagold	Bermagold
	H	Bema 210	Bema 210	LG 5	Bekelux	Bekelux	Bekelux
Aussaatzeit	B	9. 5.	7. 5.	29. 4.	27. 4.	26. 4.	3. 5.
	H	14. 5.	14. 5.	28. 4.	5. 5.	3. 5.	7. 5.
Saataufgang	B	18. 5.	16. 5.	16. 5.	12. 5.	13. 5.	10. 5.
	H	25. 5.	22. 5.	14. 5.	14. 5.	16. 5.	14. 5.
Herbizideinsatz (Atrazin)	B	21. 5.	23. 5.	27. 5.	10. 5.	19. 5.	9. 5.
	H	23. 5.	26. 5.	20. 5.	11. 5.	8. 5.	10. 5.
Aufwandmenge (l Atrazin/ha)	B	1,25	1,25	1,25	1,23	0,97	0,97
	H	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25 ¹⁾
Handhacke	B	6. 6.	3. 6.	4. 6.	26. 5.	2. 6.	8. 6.
	H	17. 6.	18. 6.	16. 6.	14. 6.	14. 6.	30. 6.
Ernte	B	9. 9.	9. 9.	8. 9.	31. 8.	5. 9.	12. 9.
	H	10. 9.	12. 9.	18. 9.	12. 9.	6. 9.	20. 9.

¹⁾ plus 2 kg/ha Lentagran am 18. 6. 1990

Hier werden nur die Ergebnisse der Faktoren A und B dargestellt. Versuchsdaten enthält die Tabelle 2. Die mineralische N-Düngung zum Mais beträgt jährlich 100 kg/ha N als Kalkammonsalpeter. Der Versuch erhält alle zwei Jahre eine einheitliche Grunddüngung von 120 kg P₂O₅ + 220 kg K₂O/ha. Der Pflanzenschutzmittel-Einsatz zum Getreide erfolgt ortsüblich. Nach Schälen der Getreidestoppel wird zu Mais im Herbst 28 bis 30 cm tief gepflügt, das Saatbett mit einer Grubber-Eggen-Walzenkombination bereitet. Vor Saataufgang erfolgt das Striegeln des Ackers. Nach dem Auflaufen der Mais-Keimpflanzen wird die Großparzelle mittels Radhacke gehackt.

Die zweite Handhacke erfolgt im Juni (Tab. 2). In den Jahren 1986 und 1987 ist auf dem Standort Herzberg der Mais mit 100 mm Zusatzwasser in fünf Gaben bzw. mit 40 mm in zwei Gaben beregnet worden. Die Unkrautbonituren und -auszählungen erfolgten in sechs- bzw. zwölfmaliger Wiederholung.

3. Ergebnisse und ihre Diskussion

3.1 Einfluß der Bekämpfungsmaßnahmen auf den Unkrautbesatz

Aus Tabelle 3 ist zu ersehen, daß auf dem trockenen Löß-Schwarzerde-Standort der Unkrautdruck im Maisbestand geringer war als auf dem Sandstandort. Die Unkrautartenspektren der beiden Standorte unterschieden sich stark. Der Einfluß der Frühjahrswitterung ist deutlich sichtbar, so der erhöhte Besatz im kühl-nassen Jahr 1987. Aber auch 1990 war ein hoher Unkrautdruck vorhanden infolge starker Juni/Juli-Regen nach lang-

Tabelle 3

Verunkrautung (% Gesamtdeckungsgrad und Leitunkräuter) der Silomaisbestände in Abhängigkeit von Herbizideinsatz und Stallmistdüngung (Bernburg, Herzberg 1985 bis 1990)

	Atrazin- Herbizid	Stallmist- düngung	15. 7. 1986	Leit- unkräuter	23. 6. 1988	Leit- unkräuter	23. 7. 1990	Leit- unkräuter
Bernburg (Löl)	ohne	ohne	42	Amarant Taubnessel	43	Amarant Kl. Brennessel	32	Kl. Brennessel Amarant
		mit	28	Kl. Brennessel	51	Taubnessel	61	W. Gänsefuß Efeu-Ehrenpreis Schw. Nachtschatten
	mit	ohne	0		6		0	
		mit	0		8	Ackerdistel	3	Ackerdistel
Herzberg (D2)	ohne	ohne	61	Hirsearten Wind. Knöterich	48	Hirsearten Wind. Knöterich	43	Wind. Knöterich Weißer Gänsefuß
		mit	59	Melde	63	Melde	57	Hirsearten, Hederich
	mit	ohne	1		0		10	
		mit	3		0		11	Hirsearten

anhaltender Trockenheit. Die Voraufbehandlung mit Atrazin führte in allen Jahren zur weitestgehenden Unkrautfreiheit des Maisbestandes (Tab. 3 bis 5). Dagegen blieb nach ausschließlicher Hackarbeit doch ein, je nach Standort und Jahr zwar differenzierter, aber erheblicher Unkrautbesatz zurück. Die Stallmistdüngung bewirkte einen unkrautfördernden Einfluß (Tab. 5), veränderte dabei stark die Dominanz der Arten, so das verstärkte Auftreten von Weißem Gänsefuß auf dem Standort Bernburg (Tab. 4). Nach HEEMST (1985) kann sich die Maispflanze gegenüber Unkrautkonkurrenz gut behaupten. Nur in der Periode zwischen 3- bis 4-Blatt und 6- bis 10-Blattstadium benötigt sie weitgehende Unkrautfreiheit (AMMON und BOHREN 1988).

Tabelle 4

Das Auftreten von Unkräutern im Silomaisbestand in Abhängigkeit von Herbizideinsatz und Stallmistdüngung (Bernburg, 23. 7. 1990; Mittel Faktor C; Auszählung durch Frau Dipl.-Ldw. Gräber)

	Anzahl Unkräuter je m ²			
	ohne Herbizid		mit Herbizid	
	ohne Stallmist	mit Stallmist	ohne Stallmist	mit Stallmist
Amarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	19,0	14,0	0,4	0
Efeublättriger Ehrenpreis (<i>Veronica hederaefolia</i>)	17,5	20,8	0	0
Schwarzer Nachtschatten (<i>Solanum nigrum</i>)	29,5	27,8	0,4	0
Kleine Brennessel (<i>Urtica urens</i>)	14,5	6,3	0,4	5,0
Vogelmiere (<i>Stellaria media</i>)	4,5	6,3	0,8	0
Erdrauch (<i>Fumaria officinalis</i>)	3,3	1,7	0	0
Weißer Gänsefuß (<i>Chenopodium album</i>)	6,2	16,3	0,1	0,4
Geruchlose Kamille (<i>Tripleurospermum maritimum</i>)	1,2	0	0	0
Ackergauchheil (<i>Anagallis arvensis</i>)	1,2	3,3	0	0
Ackerstiefmütterchen (<i>Viola arvensis</i>)	0,8	0	0	0
Windenknöterich (<i>Polygonum convolvulus</i>)	0	0,5	0	0
Ackerdistel (<i>Cirsium arvense</i>)	0	0	1,6	0
Sonstige	0,8	2,0	0	0

Tabelle 5

Einfluß von Herbizideinsatz und Handhacke auf die Verunkrautung eines Silomaisbestandes mit und ohne Stallmistdüngung (Bernburg, 23. 7. 1990, Mittel Faktor C)

	Stallmistdüngung	0,975 l/ha Atrazin	
		ohne	mit
Unkrautpflanzen/m ²	ohne	90	6
	300 dt/ha	123	5
relativ	ohne	100	100
	300 dt/ha	137*	93
relativ	ohne	100	7*
	300 dt/ha	100	4*

* = signifikant bei GD α 5% Dunnett

3.2 Einfluß der Bekämpfungsmaßnahmen auf den Maisertrag

Es wäre zu erwarten gewesen, daß die weitaus bessere Unkrautvernichtung durch Herbizideinsatz zu einem erheblichen Anstieg des Maisertrages führt. Auf der Löß-Schwarzerde (Tab. 6) trat dies aber nur im Jahre 1990 ein, hervorgerufen durch die abnorme Mai-Juni-Trockenheit, gefolgt von Starkregen. Hier war das Hacken unwirksam geblieben und hätte im Juli, nach dem späten Keimen der Unkräuter, nochmals erfolgen müssen. Andererseits gab es 1988 und 1989 gesicherte Mindererträge durch die Herbizid-anwendung. Sie könnten mit einer latenten Pflanzenschädigung bei Atrazineinsatz unter den Bedingungen starker Trockenheit im Auflaufstadium des Maises in Verbindung stehen. So verbleibt im sechsjährigen Mittel kein Ertragsvorteil durch Herbizideinsatz im Vergleich zur mechanischen Unkrautbekämpfung (Tab. 6). In den Versuchen von DANIELSON (1970) kam es durch Atrazin-Applikation im Voraufbau unter trockenen Bedingungen zur Beeinträchtigung des Stützwurzelwachstums des Maises und daraus folgend zu Ertragsdegressionen. Diese negativen Auswirkungen konnten durch mechanische Maispflege weitgehend beseitigt werden.

Tabelle 6

Ersatz der Herbizidanwendung durch Hackarbeit auf den Trockensubstanzertrag von Silomais auf Löß-Schwarzerde (Bernburg, 1985 bis 1990, Mittel Faktor B)

Unkraut- bekämpfung durch	Ertrag an	1985	1986	1987	1988	1989	1990	Mittel 1985...1990	Ertragsver- hältnis Kolben: Restmais
2mal Hacken	Kolben (BB) ¹⁾	71,0	90,3	46,2	116,8	70,7	32,2	71,3	1:1
	Restmais (BB)	84,4	71,7	73,1	68,3	60,4	56,0	69,0	
	Gesamt (BB)	155,4	162,0	119,3	185,1	131,8	88,9	140,3	
1,25 l/ha Atrazin plus 1mal Radhacke	Kolben (rel.)	100	100	98	90*	93	131*	99	1:1
	Restmais (rel.)	111*	96	112*	100	90*	100	102	
	Gesamt (rel.)	106	98	107	94*	91*	112*	100	

1) BB = Bezugsbasis, Ertrag in dt/ha

* = signifikant bei GD α 5% Dunnett

Auf dem trockenen Sandstandort Herzberg führte die Atrazin-Anwendung im sechsjährigen Mittel zu einem tendenziellen Mehrertrag von 5 % an Gesamt-Trockensubstanz und zu einem gesicherten Mehrertrag von 8 % an Restmais (Tab. 7). Der Kolbenertrag blieb unverändert. Das Verhältnis Kolben : Restmais vergrößerte sich. Die Ertragssteigerungen resultierten vor allem aus dem Jahre 1986, wo infolge Beregnung ein besonders starker Unkrautdruck vorhanden war. Die Handhacke reichte hier für die Bekämpfung

nicht aus. Insgesamt betrachtet, rechtfertigt auf beiden Standorten der mittlere Mehrertrag die Herbizidanwendung nur in wenigen Fällen, auf dem Sandboden mit hartnäckigen Ungräsern eher als auf Schwarzerde. HEEMST (1985) ermittelte auf zahlreichen Standorten einen durch Unkrautbesatz hervorgerufenen Ertragsverlust von 5 bis 10 %. Das Hacken des Maisbestandes wirkt der Ertragsdegression entgegen, wobei die Bodenlockerung einen zusätzlich positiven Effekt ausübt, wie EHLERS (1986), zitiert bei WEINBUCH (1987), mitteilt. In den Versuchen von KEMMER (1988), zitiert bei KÖNIG (1989), reichte bei geringem Unkrautbesatz und frohwüchsigem Mais schon zweimaliges Maschinenhacken aus, um Ertragsgleichheit mit ganzflächiger Herbizidbehandlung zu erreichen. Nur bei stärkerem Unkrautdruck ist Bekämpfung auch in der Reihe (Band-spritzung) erforderlich.

Tabelle 7

Ersatz der Herbizidanwendung durch Hackarbeit auf den Trockensubstanzertrag von Silomais auf Sandboden (Herzberg, 1985 bis 1990, Mittel Faktor B)

Unkraut- bekämpfung durch	Ertrag an	Mittel							Ertragsver- hältnis Kolben: Restmais
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1985...1990	
2mal Hacken	Kolben (BB) ¹⁾	48,2	31,7	74,2	26,0	14,3	8,4	33,8	1:1,46
	Restmais (BB)	51,6	33,5	59,4	69,2	32,3	50,6	49,4	
	Gesamt (BB)	99,8	65,2	133,6	95,2	46,7	59,0	83,2	
1,25 l/ha Atrazin plus 1mal Radhacke	Kolben (rel.)	99	96	102	111	122	53	101	1:1,56
	Restmais (rel.)	102	142*	100	99	106	116	108*	
	Gesamt (rel.)	101	119*	101	102	111	107	105	

1) BB = Bezugsbasis, Ertrag in dt/ha

* = signifikant bei GD α 5% Dunnett

3.3 Wechselbeziehungen zwischen Unkrautbekämpfung und Stallmistdüngung hinsichtlich Maisertrag

Auf der Bernburger Schwarzerde traten keine Wechselwirkungen auf. Nur auf dem trockenen Sandboden zeigte sich im Gesamtertrag eine gesicherte Wechselwirkung. Der mittlere Mehrertrag durch Herbizideinsatz überschritt lediglich in der Variante ohne Stallmistdüngung die Signifikanzschwelle. Stallmistzufuhr schwächte den Herbizideffekt ab, was auf geringerem Kolbenertrag basiert (Tab. 8).

Neuere Ergebnisse von PIMENTEL und Ma. (1989) aus den USA zeigen, daß dauerhaft hohe Maiserträge ohne Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel möglich sind. Die Autoren berichten von 33 % Einsparung an Produktionskosten und 50 % an fossiler Energie. Erfolgreiche mechanische Unkrautbekämpfung erfordert nach MOLLEN (1990)

Tabelle 8

Wechselwirkungen zwischen Herbizideinsatz und Stallmistdüngung auf den Trockensubstanzertrag von Silomais auf Sandboden (Herzberg, Mittel 1985 bis 1990)

	300 dt/ha Stallmist	Kolbenertrag		Gesamtertrag	
		Herbizid		Herbizid	
		ohne	mit	ohne	mit
	ohne (dt/ha)	32,1	33,2	79,1	83,4
	mit (relativ)	111*	106*	111*	109*
relativ (ohne Herbizid = 100)	ohne	100	104	100	106*
	mit	100	98	100	104

* = signifikant bei GD α 5% Dunnett

mindestens zweimaliges Hacken. Ertragseinbußen durch Wurzelverletzungen der Maispflanze treten nicht auf, sobald günstige Arbeitstiefe und genügender Abstand zur Maisreihe eingehalten werden, wie die Untersuchungen von HEPTING (1990) zeigen. PETERS (1989) fordert, die Unkräuter in den Zwischenreihen als Erosionsschutz auch während der kritischen Phase des Maiswachstums zu belassen und sie erst spät mit einer Hackfräse in den Boden einzuarbeiten. Auch BIRNKAMMER (1990) spricht sich nicht für Unkrautfreiheit im Maisbestand, sondern nur für den Ertrag nicht beeinflussende Unkrautunterdrückung aus. Nur so kann der zu Recht angemahnten floristischen und faunistischen Artenverarmung im Maisbestand entgegengewirkt werden. Die modernen Hackgeräte ermöglichen eine große Schlagkraft (BRÄUTIGAM und Ma. 1989), sodaß die mechanische Unkrautbekämpfung im Vergleich zum jetzt teureren Herbizideinsatz (nach Atrazin-Verbot) durchaus wirtschaftlich ist (MOLLEN 1990, BRÄUTIGAM und Ma. 1989). Besonders günstig erscheint die Kombination von Reihenhacke mit Bandspritzung (HUGGER 1989, KÖNIG 1989, BIRNKAMMER 1990).

Zusammenfassung

Sechsjährige Ergebnisse aus einem 1984/1985 auf Löß-Schwarzerde und auf Sandboden angelegten Fruchtfolgeversuch zeigen, daß Herbizideinsatz weitgehende Unkrautfreiheit im Maisbestand ermöglichte. Daraus resultierte jedoch nur in Jahren mit sehr starkem Unkrautdruck ein Mehrertrag im Vergleich zum Hacken bei Vorhandensein von Unkrautkonkurrenz. Stallmistdüngung förderte den Unkrautbesatz, führte trotzdem zu Mehrerträgen von 6 bis 10 %. Wechselbeziehungen zwischen Stallmistdüngung und den Unkraut-Bekämpfungsverfahren waren nur auf dem Sandboden-Standort vorhanden.

Management Measures by Silo Maize Cultivation Part 2: Consequences of the Renouncement of Herbicide Application

Summary

Six-year-results from a 1984/85 started crop-rotation-experiment on calcic chernozem and on diluvial sandy soil demonstrate that herbicide application enabled an extensive weed-clearing in maize. However, an increased yield only resulted in years with very

strong weed stress in comparison to hoeing in addition to weed concurrence. Dung manuring promoted weed burdens, nevertheless, yield increases between 6 and 10 % were observed. Correlations between dung manuring and weed control treatments were only presented on sandy soil.

Literatur

- AMMON, H.-U. und C. BOHREN: Ökologische Aspekte des Maisbaus aus der Sicht der Unkrautbekämpfung. Mitt. f. d. Schweizer Landwirtsch. 1/2, 51–59, 1988.
- BIRNKAMMER, H.: Maisanbau verlangt neue Strategien. Mais 18, 18–19, 1990.
- BRÄUTIGAM, V., W. HENKE und S. LÜHR: Mechanische Unkrautbekämpfung nach verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen. Landtechnik, Lehrte 44, 109–112, 1989.
- DANIELSON, L.L.: Effects of weed control methods on sweet corn. Weed sci. 18, 707, 1970.
- DIERCKS, R. und R. HEITFUSS: Integrierter Landbau. Bayr. Landwirtsch.-Verlagsges., München 1990.
- HEEMST, H.D.: The influence of weed competition on crop yield. Agricult.Syst., Internat.J., Barking, Essex 18, 81–93, 1985.
- HEPTING, L.: Das Hacken von Mais – Ertragseinbußen durch Wurzelverletzungen? Mais 18, 26–27, 1990.
- HUGGER, H.: Umweltschonender Maisanbau in Südbaden. Mais 17, 20–21, 1989.
- KÖNIG, K.: Aktuelles vom Pflanzenschutz. Mais 17, 10–12, 1989.
- KREUZ, E. und H.-J. HAMANN: Bewirtschaftungsmaßnahmen im Silomais-Anbau. 1. Mitteilung: Die Wirkung von Stallmistdüngung und Bodenherbizid auf den Maisertrag sowie auf die Erträge pfluglos bestellter Getreide-Nachfrüchte. Die Bodenkultur 42, 147–155, 1991.
- MOLLEN, A.: Pflanzenschutz im Mais - Wie geht es weiter? Mais 18, 22–25, 1990.
- PETERS, D.: Positive Wirkungen der Wildkräuter auf Nutzpflanze und Boden 1989. In HOFFMANN, M. und B. GEIER: Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Schriftenreihe Alternative Konzepte. Nr. 58, 99–112, Verl. C.F. Müller, Karlsruhe 1989.
- PIMENTEL, D., T.W. CULLINEY and J.W. BUTTLER: Low-input sustainable agriculture using ecological management practices. Agricult. Ecosyst. Environment 27, 3–24, 1989.
- WEINBUCH, H.: 100 dt Körnermais sind keine Utopie! Mais 15, 16–19, 1987.

(Manuskript eingelangt am 17. Dezember 1990, angenommen am 8. Februar 1991)

Anschrift der Verfasser.

Dr. habil. Erich KREUZ, Kastanienweg 19, Postfach 374, D-O-4351 Bernburg und Dr. Hans-Joachim HAMANN, Institut für Getreideforschung Bernburg, Mitschurinstraße 22, D-O-4351 Bernburg-Strenzfeld