



Vielseitige Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet

Vito MEDIAVILLA, Erhard MEISTER, Ulrich WALTHER, Padruot FRIED, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich
Oliver MALITIUS, August SIDLER, August OTT, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8355 Tänikon

Ein ausgewogener Wechsel zwischen Getreide, Hackfrüchten und Kunstwiesen fördert die Bodenfruchtbarkeit und ist eine wichtige Voraussetzung für die natürliche Regulierung von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen. Der Verzicht auf Spezialisierung verursacht allerdings höhere Maschinen- und Arbeitskosten. Eine vielseitige Fruchtfolge hat langfristig weitere Vorteile, zumindest auf schweren Böden. Sie eignet sich gut für die integrierte Produktion.

Die ETH hat im Versuch Chaiblen von 1973 - 1988 untersucht, wie sich verschiedene Fruchtfolgen auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken. In der vierten Fruchtfolgeperiode 1989 bis 1993 prüfen wir zusätzlich, welche Konsequenzen sich daraus für die integrierte Produktion ergeben. Die Versuchsanlage (Meister *et al.* 1995) ist ein randomisierter Block mit vier Wiederholungen und sechs Verfahren (3 Fruchtfolgen, je intensiv *is* und integriert *ip* bewirtschaftet). Die Parzellen (12 x 45 m) erlauben den Einsatz von praxisüblichen Maschinen. Wir beschränken uns hier auf die vielseitige Fruchtfolge; die getreide- und die maisbetonte sind bei Malitius *et al.* 1995 und Weisskopf *et al.* 1995 beschrieben.

Fruchtfolge und Bewirtschaftung

Die vielseitige Fruchtfolge wie auch die Bewirtschaftung sind auf einen gemischt wirtschaftenden Betrieb mit Milchvieh ausgerichtet. Beim integrierten Anbau wurde auf eine bodenschonende Bearbei-

tung (tief lockern, flach wenden und bearbeiten), weniger Mineraldünger (vermehrt Hofdünger, tieferes Nährstoffniveau) und auf einen sparsamen Pflanzenschutzmitteleinsatz (vorbeugende Massnahmen, Behandlung von Teilflächen, Schadschwellen) geachtet.

Die wichtigsten Kulturmassnahmen je nach Verfahren sind in Tabelle 1 dargestellt.

Silomais

Trotz gleicher Vor- und Zwischenkultur (Winterweizen, Grünschnittroggen), gleicher Sorte, unbedeutender Verunkrautung (einzelne Roggenpflanzen) und gleich hoher N-Gaben war der Ertrag bei *ip* 10 % tiefer als bei *is* (Abb. 1). Die Untersaat beim *ip*-Anbau hat sich gut aber nicht üppig entwickelt und konkurrenzierte den Mais kaum. Für den tieferen Ertrag muss hauptsächlich die flache Bodenbearbeitung verantwortlich gemacht werden, welche auf dem schweren Boden zu einer tieferen N-Mineralisierung führte (N_{min} -Gehalt im 6-Blattstadium von 170 kg N/ha bei *is* bzw. 109 kg N/ha bei *ip*).

Tab. 1. Fruchtfolge und wichtige Unterschiede in der Bodenbearbeitung, Pflege und Düngung zwischen integrierter (*ip*) und intensiver (*is*) Bewirtschaftung der vielseitigen Fruchtfolge

Jahr	Kultur (Sorte)	Bodenbearbeitung, Pflege, Unkrautbekämpfung, N_{min} -Gehalt und Düngung (N_{min} ; N, P_2O_5 , K_2O in kg/ha)	
		Integriert (<i>ip</i>)	Intensiv (<i>is</i>)
1989	Silomais (Atlet)	Grünschnitt-Roggen abschlegeln Grubber, Zinkenrotor Einzelkornsaat mit Bandspritzung Hacken und Untersaat Gülle und Mineraldünger (109, 98, 234, 320)	Grünschnitt-Roggen abschlegeln Pflug, Zinkenrotor Einzelkornsaat Herbizid breitflächig nach Saat Gülle und Mineraldünger (170, 98, 234, 320)
1990	W/Weizen (Fornolena 1:1)	Pflug, Zinkenrotor Striegeln und Nachaufflauberbizid Kein Fungizid (Epiprä) Mineraldünger (75, 75, 63, 127)	Pflug, Zinkenrotor 1 Herbizid-Spritzung (Voraufflauf) 2 Fungizid-Spritzungen CCC und Insektizid Mineraldünger (78, 135, 63, 127)
1991	Kunstwiese (SM 440)	Grubber, Zinkenrotor 5 Schnitte Gülle und Mineraldünger (39, 126, 80, 280)	Grubber, Pflug, Zinkenrotor 5 Schnitte Gülle und Mineraldünger (66, 235, 107, 373)
1992		5 Schnitte Gülle und Mineraldünger (-, 149, 75, 260)	5 Schnitte Gülle und Mineraldünger (-, 161, 86, 299)
1993	Kartoffel (Agrida)	Winterfurche, Kultivator, Zinkenrotor Hacken 6 Fungizid-Spritzungen Kraut abschlegeln Mineraldünger (223, 0, 96, 270)	Winterfurche, Kultivator, Zinkenrotor Herbizidspritzung 6 Fungizid-Spritzungen Kraut chemisch abbrennen Mineraldünger (220, 50, 96, 270)

* = 1989: 6-Blattstadium; 1990 und 1991: Vegetationsbeginn; 1993: 6. Mai

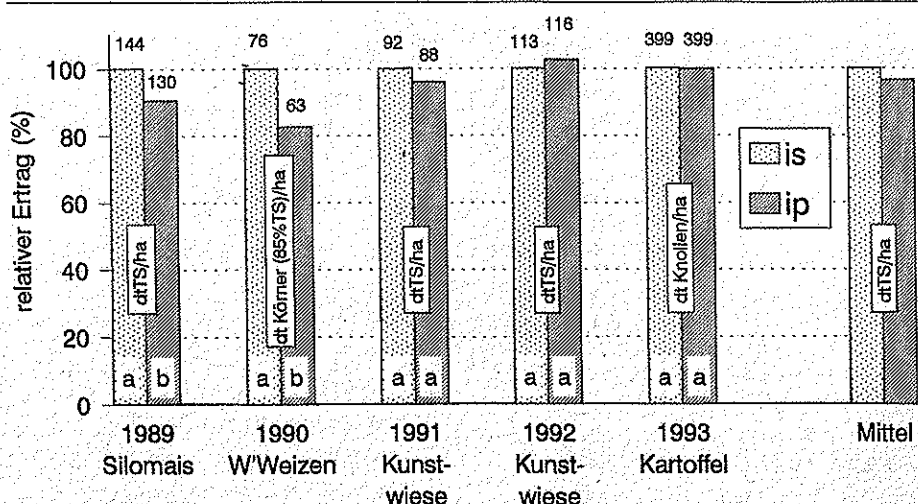


Abb. 1. Erträge bei intensiver (*is*) und integrierter (*ip*) Bewirtschaftung der vielseitigen Fruchtfolge. Erträge mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht verschieden ($p=0,05$).

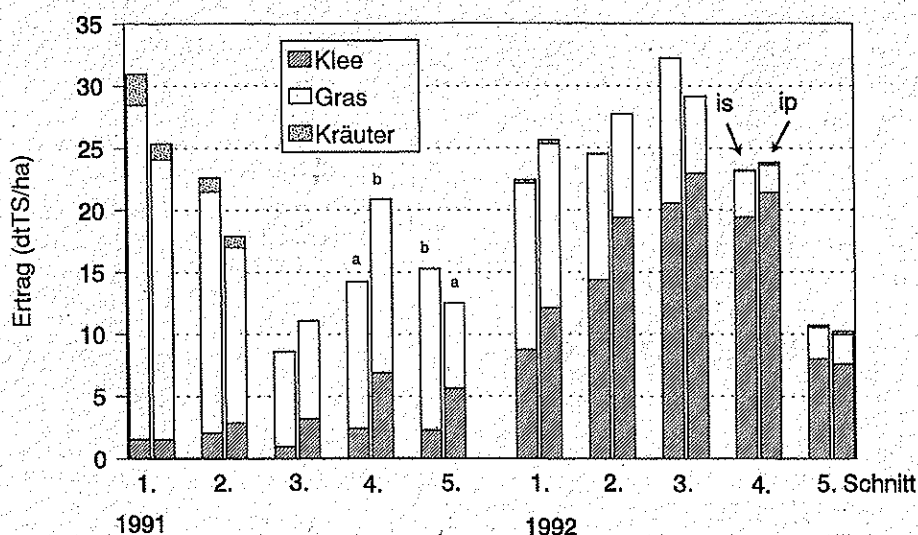


Abb. 2. Erträge sowie Klee-, Gras- und Kräuteranteile einer Kunstwiese je nach Bewirtschaftungsintensität und Schnitt. Erträge mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht verschieden ($p=0,05$).

Winterweizen

Um den Sorteneinfluss auszuschalten und eine gute Krankheitsstoleranz bei gutem Ertragspotential zu erreichen, wurde bei *ip* und *is* die Sortenmischung Iena/Forno (1:1) angesät. Als Folge der reduzierten N-Gaben hat der *ip*-Weizen weniger bestockt. Die Bestandesdichte war aber optimal (leicht gestossen bei der Ernte). Aufgrund des geringen Befalls (vgl. Malitius *et al.* 1995) mit Fuss- und Blattkrankheiten (Epi-pré) wurde auf eine Fungizidbehandlung verzichtet (entspricht dem Extensio-Programm). Der um rund 20 % höhere Ertrag bei *is* (Abb. 1), beruhte hauptsächlich auf der höheren Bestandesdichte und einem höheren Tausendkorngewicht. Die Blattmasse blieb bei *is* wesentlich länger assimilationsfähig. Dazu beigetragen haben das höhere N-Angebot (doppelt so hohe 2. und 3. Gabe) sowie der tiefere Krankheitsbefall und Schaden durch Getreidehähnchen.

Kunstwiese

Aus Qualitätsgründen wurde auf eine Kleeegrasmischung mit Knaulgras verzichtet und die Standardmischung 440 angebaut, welche sich gut zum Eingrasen eignet. Die unterschiedliche Düngungsintensität hatte keinen Einfluss auf den Ertrag (Abb. 1 und 2) oder die Futterqualität. Der Energiegehalt lag in beiden Jahren bei 6,4 MJ NEL/kg TS (650 g verdauliche organische Substanz bzw. 210 g Rohfaser). Der Proteingehalt stieg hingegen bei *is* und *ip* parallel zum Kleeanteil kontinuierlich an. Er betrug im Mittel (*ip* = *is*) des Jahres 1991 145 g/kg TS und 1992 bei *is* 200 und bei *ip* 215 g/kg TS.

Der unerwünscht starke Rückgang der Gräser (Abb. 2), auf diesem für Englisches Raigras nur mässig geeigneten Standort, ist für diese Mischung nicht untypisch. Er wurde durch eine Trockenheitsperiode im Sommer 1991 beschleunigt, was sich bei

zurückhaltender N-Düngung (*ip*) verstärkt bemerkbar machte. Die Mischung zeigt (Abb. 2) eine starke Kompensation von Schnitt zu Schnitt und zwischen den Klee-Gras-Partnern.

Kartoffeln

Die Kartoffeln konnten dank Winterfurche in ein optimales Saatbeet gepflanzt werden. Die N-Nachlieferung war vor allem bei *ip* hoch, 190 kg N_{min}/ha gegenüber 130 kg bei *is* im März. Die Differenz wurde durch Düngung (*is*) ausgeglichen. Es ist daher wenig überraschend, dass die Erträge (Abb. 1) und die Knollengröße identisch waren. Mit hacken wurde bei *ip* eine genügende Wirkung gegen das Unkraut erreicht. Obwohl die gegen Phytophthora wenig anfällige Sorte Agria angebaut wurde, konnte infolge des hohen Infektionsdruckes in diesem Jahr - gestützt auf das Prognosemodell Phytopré - die Anzahl Fungizidbehandlungen nicht wie geplant reduziert werden. Zwischen *is* und *ip* wurden auch keine Unterschiede in der Knollenqualität und im Krankheitsbefall festgestellt.

Hilfsstoffeinsatz

Über die ganze Fruchtfolgeperiode wurde die Zahl chemischer Behandlungen und der Aufwand an mineralischem Stickstoff bei *ip* im Vergleich zu *is* halbiert (Tab. 3). Eine wesentliche Ertragseinbusse musste nur bei Winterweizen (Extensio) in Kauf genommen werden. Abgesehen vom erhöhten Unkrautdruck bei der Umstellung auf *ip*, zeigte die mechanische Unkrautbekämpfung eine genügende Wirkung.

Bodenschutzindex

Der Bodenschutzindex muss gemäss geltenden IP-Richtlinien (BLW 1993) am 30. November für die offene Ackerfläche mindestens 50 Punkte betragen. Bei *ip* beträgt der Index über die ganze Fruchtfolge nur 40 anstelle der geforderten 50 Punkte (Tab. 3). Die zwei Jahre Kunstwiese dürfen nicht eingerechnet werden, und nach Kartoffeln wurde auf eine Zwischenkultur verzichtet, um gleiche Voraussetzungen für den Fruchtfolgevergleich im nachfolgenden Jahr zu schaffen.

Nährstoffversorgung

Bei *is* entsprach die P- und K-Düngung den Normen (Tab. 2). Aufgrund der teilweise überdurchschnittlich hohen N_{min}-Gehalte des Bodens (Tab. 1), waren die N-

Tab. 2. Durchschnittliche Düngung in kg/ha beziehungsweise Prozenten der Normdüngung (Walther et al. 1987) und durchschnittliche Differenz zwischen Düngung und Entzug der Pflanzen (Bilanz) der Jahre 1989 bis 1993

Verfahren	Düngung						Bilanz (kg/ha)	
	kg pro ha			% der Normen			P ₂ O ₅	K ₂ O
	N*	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
is	136	91	267	98	94	104	+ 18	+ 17
ip	89	83	241	65	86	93	+ 13	+ 6

* Bei der Gülle wurden die NH₄-N-Mengen berücksichtigt.

Gaben zu den Ackerkulturen um 15 - 50 % tiefer als die Normwerte, bei den Kunstwiesen lagen sie 30 % darüber.

Bei *ip* wurde die P- und K-Düngung um rund 10 % und die N-Gaben um 35 % reduziert (weniger Gülle, Berücksichtigung der N_{min}-Gehalte des Bodens). Die Erträge blieben bei Silomais, Kunstwiese und Kartoffeln unter den Erwartungen, was zu tieferen Entzügen und zu einer positiven P₂O₅-Bilanz von 13 kg/ha führte. Die P- und K-Gehalte des Bodens blieben über die Periode annähernd konstant.

Bodengefüge und Krümelstabilität

Die intensivere Lockerung bei *is* (regelmässiges Pflügen, ganzflächige intensive Saattbettbereitung) hat das Grobporenvolumen im Oberboden deutlich erhöht

(Abb. 3). Der Oberboden von *ip* war merklich dichter. Im Unterboden liessen sich beim Grobporenvolumen dagegen keine durch die Bewirtschaftungsverfahren verursachten Unterschiede nachweisen.

Die Entwicklung des Bodengefüges verlief im Ober- und Unterboden unterschiedlich. Durch die Bearbeitungseingriffe in den Oberboden («mechanische Gefügebildung») wurde das Bodengefüge unmittelbar stark beeinflusst, und entsprechend deutlich wirkten sich Unterschiede bei Gerätewahl und -einsatz aus. Dagegen zeigte das Grobporenvolumen im Unterboden eine gedämpftere Entwicklung, die eher durch Jahreswitterung («physikalisch-chemische Gefügebildung») und Durchwurzelungsintensität («biologische Gefügebildung») beeinflusst wird; interessant ist zum Beispiel der Porositätsanstieg in den Jahren 1991/1992, als bei

Bodengefüge und Krümelstabilität

Von 1990 bis 1993 wurde der Gefügaufbau der Böden in der Bearbeitungsschicht (10 - 15 cm) und im unbearbeiteten Unterboden (35 - 40 cm) mit Hilfe von Zylinderproben untersucht.

Das Volumen der Grobporen gibt Hinweise auf den Verdichtungsstatus eines Bodens: Diese grössten Hohlräume im Boden werden bei Druckeinwirkungen durch Bodenbearbeitungsgeräte oder durch das Gewicht von Fahrzeugen zuerst zerdrückt, was sich - besonders bei den Bedingungen des Versuchsstandortes (hohe Niederschlagsmengen, schwere, ton- und schluffreiche Böden) - in verstärktem Luftmangel und erschwerter Durchwurzelbarkeit des Bodens äussern kann.

Aus 0 - 10 cm Bodentiefe wurden Krümelproben dreier Grössenklassen zwischen 1 und 10 mm Durchmesser mit Hilfe eines Stampfvolumeters untersucht. Der Zusammenhalt von Bodenteilchen ist abhängig von Menge und Qualität der mineralischen beziehungsweise organischen Substanz sowie von zusätzlichen bodenbiologischen Einflüssen.

Tab. 3. Deckungsbeitrag, Arbeitsaufwand, Pflege und Düngung der vielseitigen Fruchtfolge

	Einheit	1989		1990		1991		1992		1993		1989 - 1993	
		Silomais		Winterweizen		Kunstwiese		Kunstwiese		Kartoffeln		Fruchtfolge	
		is	ip	is	ip	is	ip	is	ip	is	ip	is	ip
Naturalertrag	dt/ha	143,6	129,6	76,5	63,2	91,5	87,8	113,0	116,0	399,3	398,5	100%	94%
Verhältnis zu is			90%		83%		96%		103%		100%		
Kosten Pflanzenschutzmittel	Fr./ha	305	111	449	91	119	119	-	-	659	411	1'532	732
Kosten Düngemittel	Fr./ha	414	414	470	369	143	39	105	105	652	574	1'784	1'501
Maschinen- und Arbeitskosten	Fr./ha	740	652	1'033	973	1'253	863	472	419	6'652	6'814	10'150	9'721
Deckungsbeitrag (DB)	Fr./ha	1'412	1'221	4'276	3'645	2'682	2'991	4'984	5'185	3'893	4'026	17'248	17'068
DB inkl. Extensobeitrag	Fr./ha				4'245								17'668
DB Differenz zu is	Fr./ha		-191		-31		309		201		133		421
Chemischer Pflanzenschutz	Einsätze	1	0,3	5	1	1	1			8	6	15	8,3
Herbizide	Einsätze	1	0,3	1	1	1	1			1		4	2,3
Fungizide	Einsätze			2						6	6	8	6
Insektizide	Einsätze			1								1	
Wachstumsregulatoren	Einsätze			1								1	
Abbrennen	Einsätze									1		1	
Bodenbearbeitung, Saat, Pflege	Einsätze	3	5	3	4	4	3			4	6	14	18
Pflug, Rototiller, Grubber	Einsätze	2	2	2	2	3	2			2	2	9	8
Saat, Setzen, Untersaat	Einsätze	1	2	1	1	1	1			1	2	4	6
Hacken, Häufeln, Striegeln	Einsätze		1		1					1	2	1	4
Düngung													
Stickstoff mineralisch (N)	kg/ha	60	60	135	75	107	29	68	68	60		430	232
Phosphor mineralisch (P ₂ O ₅)	kg/ha	72	72	63	63					96	96	231	231
Kali mineralisch (K ₂ O)	kg/ha	162	162	127	127					270	270	559	559
Gülle	m ³ /ha	43	43			160	120	115	100			318	263
Arbeitszeit (nur berücksichtigte Arbeiten)	AKh/ha	14,6	12,4	15,2	13,6	29,6	20,1	12,2	10,8	219,4	220,2	291,0	277,1
Bodenschutzindex	am 31.11	40	40	-	-	-	-	80	80	0	0	40	40

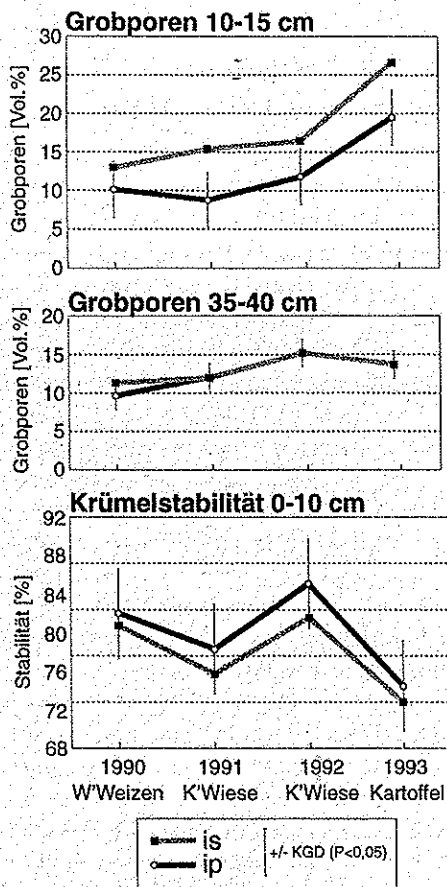


Abb. 3. Entwicklung der Grobporen und Krümelstabilität bei intensiver (is) und integrierter (ip) Bewirtschaftung der vielseitigen Fruchtfolge.

relativ trockenen Bedingungen eine zwei-jährige Kunstwiese angebaut wurde. Die Krümelstabilität entwickelte sich unabhängig vom Bewirtschaftungssystem (Abb. 3). Ursachen dafür sind beim Probenahmezeitpunkt und damit beim Verlauf der Jahreswitterung sowie bei der Fruchtfolgegestaltung zu suchen (Bodenfeuchtigkeitsverlauf bzw. Durchwurzelung und Bedeckung des Bodens vor der Probenahme). Die Kunstwiese während der Jahre 1991/1992 erhöhte die Krümelstabilität. Der Anbau von Kartoffeln im Jahre 1993 reduzierte sie.

Neben diesen standort-, witterungs- und kulturbedingten Einflüssen auf die Entwicklung der Krümelstabilität waren keine erheblichen zusätzlichen Bewirtschaftungseffekte zu erkennen: Im Verfahren ip war die Krümelstabilität im allgemeinen zwar etwas höher als in is, diese Unterschiede können aber aus statistischer Sicht nicht als wesentlich betrachtet werden.

Deckungsbeitrag und Arbeitsaufwand

Über die ganze Fruchtfolgeperiode gesehen verringerte die integrierte Produktion

die Erntemenge auf 94 % von is (Tab. 3). Die Ertragsreduktion wurde verursacht durch Silomais und Winterweizen, während bei Kunstwiesen und Kartoffeln gleich viel geerntet wurde. Die guten Ergebnisse dieser Kulturen führen bei der Umstellung auf ip zu einer positiven Deckungsbeitragsdifferenz von Fr. 421.-. Der Aufwand für Pflanzenschutzmittel konnte nahezu halbiert werden, dafür waren deutlich mehr mechanische Pflegemaßnahmen notwendig. Der Verbrauch an mineralischem Stickstoff ist bei ip ebenfalls stark reduziert. Über die ganze Fruchtfolgeperiode ergibt sich bei ip eine Arbeitszeitreduktion von rund 14 AKh, wobei jedoch spezielle ip-Arbeitskontrollen nicht berücksichtigt sind.

IP und Vielseitigkeit lohnend

Die vielseitige Fruchtfolge hatte einen positiven Effekt auf die Bodenstruktur und die Unkrautregulierung. Die Bewirtschaftung nach den Grundsätzen der integrierten Produktion war aus pflanzenbaulicher und betriebswirtschaftlicher Sicht gut möglich. Der Hilfsstoffeinsatz konnte ohne grosse Ertragseinbußen wesentlich reduziert werden. Bei vergleichbaren Kulturen zeigten sich im N-Nachlieferungsvermögen des Bodens und im Ertragsvermögen Vorteile der vielseitigen gegenüber der getreide- und vor allem der maisbetonten Fruchtfolge.

LITERATUR

BLW 1993. Weisungen zur Öko-Beitragsverordnung des Bundesamtes für Landwirtschaft. 10. Mai 1993, 17 S.

Malitius O., Bergmann F., Sidler A., Meister E., Weisskopf P., Scherrer C., Forrer H.R. und Weilenmann F., 1995. Getreidebetonte Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet. *Agrarforschung* 2 (6), 235-238.

Meister E., Weisskopf P., Mediavilla V., Malitius O., Bergmann F. und Sidler A., 1995. Weiche Fruchtfolge? Intensiv oder integriert bewirtschaften? *Agrarforschung* 2 (6).

Schwendemann F., 1991. Die Erträge im Fruchtfolgeversuch «Chaiblen» von 1974 bis 1988. *Landwirtschaft Schweiz* 4 (6), 316-319.

Walther U., Ryser J.-P., Flisch R. und Siegenthaler A., 1987. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalten, 36 S.

Weisskopf P., Meister E., Ammon H.U., Mediavilla V., Malitius O., Anken T. und Sidler A., 1995. Maisbetonte Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet. *Agrarforschung* 2 (6), 240-243.

RÉSUMÉ

Exploitation intégrée/intensive d'une rotation diversifiée à long terme

Au cours de la quatrième période d'une rotation diversifiée de 5 ans, nous avons comparé les paramètres liés à l'écologie et à la productivité d'un système d'exploitation intégrée (ip) et intensif (is) dans des conditions similaires à celle d'une ferme (essais pilotes répliqués). Cette rotation comprenait du maïs, du blé d'automne, deux années d'un mélange de graminées et de trèfle et des pommes de terre. Elle a montré un potentiel productif plus élevé que les rotations basées principalement sur les céréales ou le maïs (décrites ailleurs). Le régime intégré a permis de réduire de moitié l'apport de pesticides et d'azote minéral sans augmenter les travaux mécaniques (comme l'arrachage des mauvaises herbes) de façon significative. Pendant toute la période d'étude, les rendements de l'ip ne furent réduits que de 6 % par rapport à ceux de l'is, avec des marges brutes similaires. La qualité des cultures est restée la même dans les deux types d'exploitation. Le blé d'automne a donné un rendement de 17 % et le maïs d'ensilage de 10 % inférieur dans le cas du régime ip comparé à l'is. Les rendements ont été identiques pour les prairies artificielles et les pommes de terre. La structure du sol était optimale et la minéralisation de l'azote plus élevée que dans les rotations à culture dominante.

SUMMARY

Integrated versus intensive management of a long duration diversified crop rotation

In the fourth period of a five-year, diversified crop rotation, we compared under farm conditions (replicated pilot scale plots) both the production and ecological aspects of an integrated (ip) and an intensive (is) management strategy. This crop rotation consisted of maize, winter wheat, two years of a grass clover mixture, and potatoes. It had a high production potential, compared to rotations based mainly on cereals or maize (reported elsewhere). The integrated regimen allowed the halving of pesticide and mineral nitrogen inputs with relatively few additional mechanical field operations (eg. weed control). Over the whole period, yields were only 6 % lower for ip than is, with similar gross margins. Quality of all crops was the same for both management systems. Winter wheat yielded 17 % and silage maize 10 % less under the ip than under the is regimen. Yields were identical for the leys and the potatoes. Soil structure was optimal and nitrogen mineralisation higher than in the one-sided rotations.

KEY WORDS: integrated, conventional, diversified rotation, fertility, economy, arable farming, pesticides, soil structure