

N-Bedarf und N-Effizienz von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

N-demand and N-efficiency of mixed cropping systems with oil crops in organic farming

H. M. Paulsen¹, M. Schochow¹ und A. Behrendt²

Keywords: production systems, plant nutrition, soil fertility

Schlagwörter: Betriebssysteme, Pflanzenernährung, Bodenfruchtbarkeit

Abstract:

*Mixed cropping systems with oil crops are of growing interest in organic farming. They can offer agricultural advances like competition against weeds, support against lodging and buffering of yield fluctuations. The aim of the cultivation method is to gain additional oil yields for energy or feed purposes. The reported higher land-efficiency-ratios of those mixed cropping systems should lead to higher nutrient requirements. But it is unknown if the different crops just compete for rare soil nutrients or if complementary effects in mixed cropping systems lead to higher nutrient efficiency. In a field study N-contents in plants and N uptake of diverse mixed cropping systems were compared to sole cropping systems. In linseed (*Linum usitatissimum*) or false flax (*Camelina sativa*) in combination with spring wheat (*Triticum aestivum*) the oil crops showed lower N contents during stem elongation. The N concentrations in wheat tissue were not affected by competition. Wheat was dominating the mixtures. In mixtures of peas (*Pisum sativum*) with false flax elevated N concentrations in plant tissue of both component crops were determined. In non-leguminous mixtures with RYT >1 (spring wheat x false flax), N uptake exceeded the N-requirement of the sole crops. In mixtures of legumes with oil crops with RYT >1 (peas x false flax), the N-uptake of the mixtures was equivalent to or exceeded the N uptake of sole-cropped oil crops.*

Einleitung und Zielsetzung:

Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen werden im ökologischen Landbau mit wachsendem Interesse betrachtet, da sie pflanzenbauliche Vorteile, wie Unkrautunterdrückung, Standfestigkeit und das Abpuffern von Ertragsschwankungen bewirken können. Bei der Anbaumethode sollen Ölerträge zusätzlich zum weitgehend unveränderten Ertrag der Hauptfrucht erzielt werden. So könnte ohne zusätzlichen Flächenverbrauch Pflanzenöl z. B. als Treibstoff für die landwirtschaftlichen Maschinen bereitgestellt werden (PAULSEN & RAHMANN 2004). Die angestrebten höheren relativen Gesamterträge (RYT) (DE WIT & VAN DEN BERG 1965) solcher Mischfruchtanbausysteme könnten jedoch zu höheren Nährstoffentzügen führen. Aber es ist unbekannt, ob die Gemengepartner nur um knappe Bodenährstoffe konkurrieren oder ob komplementäre Wirkungen der Gemengepartner zu einer höheren Nutzungseffizienz für Pflanzennährstoffe führen (HØGH-JENSEN & SCHJOERRING 2000). Unterschiedlich ausgebildete Wurzelsysteme und verschiedene Zeiten des Nährstoffbedarfs könnten die Ausnutzung der Bodenvorräte verbessern und der zusätzliche Bedarf der Gemenge so abgesichert werden (VAN RUIJVEN & BERENDSE 2005). Weiterhin ist denkbar, dass in Gemengen von Ölfrüchten mit Leguminosen ein N-Transfer von Leguminosen zu Nicht-Leguminosen stattfindet (HAUGGAARD-

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32, 23847 Westerau, Deutschland, hans.paulsen@fal.de

²Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland

NIELSEN & JENSEN 2005, HØGH-JENSEN & SCHJOERRING 2000). Um einen ersten Eindruck zu diesen Effekten in Mischfruchtbausystemen mit Öpflanze zu gewinnen, wurden die N-Gehalte und die N-Aufnahme verschiedener Gemenge ermittelt und den Werten von Reinanbausystemen gegenübergestellt (PAULSEN et al., im Druck).

Methoden:

Die Proben wurden aus Feldversuchen (randomisierte Blockanlagen mit vier Wiederholungen) von zwei Standorten (Trenthorst: 53° 46' N, 10° 31' E, sandiger Lehm, 8,7°C und 735 mm im langjährigen Mittel, 27,5 m² Parzellengröße (Kerndrusch mit 17,5 m²) und Wilmersdorf: 53° 7' N, 13° 55' E, 8,5°C und 5 28 mm im langjährigen Mittel, 13.5 m² (2003) bzw. 27 m² (2004) Parzellengröße) mit der Vorfrucht Klee gras gewonnen. Folgende Mischungen wurden untersucht: Sommerweizen (*Triticum aestivum* L. 'Fasan') x Lein (*Linum usitatissimum* L. 'Gold Merchant'), Sommerweizen x Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz, 'Pernice'), Erbse (*Pisum sativum* L. 'Madonna') x Leindotter, Erbse x Senf (*Sinapis alba* L. 'Albatros'), Schmalblättrige Lupine (*Lupinus angustifolius* L. 'Boruta') x Saflor (*Carthamus tinctorius* L. 'Sabina'). Die Aussaatstärken beruhen auf Erfahrungswerten und ließen brauchbare Erträge erwarten (Tab. 1).

Tab. 1: Saatstärken in den Rein- und Mischfruchtbausystemen und mittlerer RYT der Mischungen an den Standorten in 2004.

	Mischfruchtanbau Körner m ²	Reinanbau	Mischfrucht- in % der Reinsaatstärken %	RYT		
				Bio- masse	Körner	Stroh
Weizen x Lein	200 / 400	400 / 600	50 / 66	0,96	0,91	1,00
Weizen x Leindotter	200 / 360	400 / 360	50 / 100	1,08	1,22	1,04
Erbse x Leindotter	80 / 360	80 / 360	100 / 100	1,31	1,33	1,32
Erbse x Senf	60 / 40	80 / 80	75 / 50	0,98	0,79	1,04
Lupine x Saflor	75 / 75	100 / 100	75 / 75	1,22	1,09	1,31

Die Reihenweiten im Mischfruchtanbau betragen 6,75 cm in 2003 und 12,5 cm in 2004. Die N-Gehalte der Pflanzenproben zum Schossen und zur Ernte wurden mit einem Elementaranalysegerät EUROEA 3000 bestimmt. Die Kornerträge wurden aus dem Parzellendrusch, die Stroherträge aus einer m²-Beerntung bestimmt. Die angegebenen Werte zu N-Aufnahme bzw. N-Entzug beziehen sich auf die oberirdische Biomasse (Korn und Stroh) zur Ernte. Um herauszufinden ob durch den Mischfruchtanbau N am Standort besser ausgenutzt werden konnte, wurden Werte für die relative N-Effizienz (RNE) (VAN RUIJVEN & BERENDSE 2005, SCHMIDTKE & RAUBER 2000), angelehnt an die Definition des RYT, wie folgt errechnet:

$$RNE = N\text{-Effizienz}_{(Mischfruchtanbau)} / N\text{-Effizienz}_{(Reinanbau)}$$

mit: N-Effizienz = $\frac{\text{Ertrag}_{(Korn, Stroh, Biomasse)}}{N\text{-Aufnahme}_{(Korn, Stroh, Biomasse)}}$.

Werte >1 zeigen eine höhere RNE der Pflanzen im Mischfruchtanbau im Vergleich zum Reinanbau an.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Mischfruchtbausysteme aus Sommerweizen oder Erbsen mit Leindotter wiesen für den Korn-, Stroh- und Biomasseertrag RYT-Werte >1 (Tab.1) auf und lassen eine verbesserte Nutzung der Standortressourcen erwarten. Beim Mischfruchtanbau von Lupinen mit Saflor wurden RYT-Werte deutlich über 1 nur für den Strohertrag erreicht.

Zum Schossen konnte auf einzelnen Standorten bei Leindotter in Mischung mit Erbsen ein höherer N-Gehalt festgestellt werden als bei Leindotter in Reinsaat (Tab. 2). Auf einen Transfer symbiotisch fixierten Ns von Leguminose zu Nichtleguminose kann jedoch aus diesen Daten nicht geschlossen werden. In der Mischung aus Saflor und Lupine waren ähnliche Effekte nicht messbar. Zur Ernte wurden beide Mischungen in den betrachteten Anbaujahren in der Biomasseentwicklung von den Ölsaaten dominiert. In Mischfruchtanbausystemen mit Sommerweizen und Lein bzw. Leindotter dominierte der Weizen die Biomasse. Die N-Gehalte des Weizens zum Schossen wurden im Vergleich zur Reinsaat nicht vermindert. Die Ölsaaten wiesen hingegen deutlich verminderte N-Gehalte auf (Tab. 2). Zur Ernte konnten die Unterschiede in

Tab. 2: N-Gehalt (in % der TM von Pflanzen zum Schossen in Rein- und Mischfruchtanbausystemen mit Erbsen und Leindotter sowie Lupine mit Saflor, Trenthorst, Mittel aus 03 und 04 und von Sommerweizen mit Leindotter oder Lein, Mittel aus 03 und 04, Trenthorst und Wilmersdorf.

	Erbsen (Leindotter ¹)	Leindotter (Erbsen ¹)	Saflor (Lupinen ¹)	Lupinen (Saflor ¹)
Reinanbau	3,5	2,7	2,9	2,7
Mischfruchtanbau	3,7	3,2	2,7	2,6
F-Test Anbausystem	*	***	ns	ns
LSD_{5%}	0,16	0,25	-	-
	Leindotter (Weizen ¹)	Weizen (Leindotter ¹)	Lein (Weizen ¹)	Weizen (Lein ¹)
Reinanbau	3,24	2,72	3,28	2,72
Mischfruchtanbau	2,60	2,55	2,57	2,85
F-Test Anbausystem	***	ns	***	ns
LSD_{5%}	0,25	-	0,21	-

¹ Mischungspartner * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$ ns= nicht signifikant

zusätzliche N-Aufnahme der Nicht-Leguminosen erklärt werden kann. Die geringere N-Aufnahme des Sommerweizens in Mischung mit Lein im Vergleich zur Reinsaat ($P < 0,05$) kann nicht nur durch reine Mischungseffekte erklärt werden, da die reduzierte Saatstärke in der Mischung (Tab. 1) auch zu deutlich geringerer Biomasse beim Weizen führte.

Tab. 3: N-Aufnahme von Rein- und Mischkulturen zur Ernte, Trenthorst und Wilmersdorf 03 und 04 [kg ha^{-1}].

Kultur 1 Kultur 2	Sommerweizen x Lein	Sommerweizen x Leindotter	Erbse x Leindotter	Erbse x Senf	Lupine x Saflor
Mischfruchtanbau	110	132	108	102	65
Reinsaat Kultur 1	128	128	52	52	70
Reinsaat Kultur 2	64	90	90	115	47

Tab. 4 zeigt, dass Erbsen in Mischung mit Leindotter pro kg N-Aufnahme höhere Biomasse- und Kornerträge erzielen konnten als in der Reinsaat. Die ansteigende N-Effizienz bei der Bildung von Weizenstroh in Mischungen von Sommerweizen mit Lein oder Leindotter und bei Leindotterstroh in der Mischung von Erbsen mit Leindotter in Trenthorst könnte ein Effekt stimulierten Längenwachstums durch Lichtkonkurrenz in den Mischungen sein. Beim Weizen könnten durch solche Effekte Infektionswege für *Fusarien* durchbrochen werden (LIENEMANN 2002), wenn die Abstände zwischen Fahrenblatt und Ähre dabei verlängert werden. Die N-Effizienzen der anderen Pflanzen wurden nicht systematisch durch das Anbausystem beeinflusst. Es kann festgehalten werden, dass Sommerweizen in Mischungen mit Öllein oder Leindotter bereits in frühen Wachstumsstadien effektiv um Wachstumsfaktoren konkurriert. Er

den N-Gehalten in Korn und Stroh der Mischungen gegenüber der Reinsaat nicht nachgewiesen werden. Jedoch war die N-Aufnahme in Mischfruchtanbausystemen aus Erbsen mit Leindotter oder Senf signifikant höher als im reinen Erbsenanbau ($P < 0,001$) (Tab. 3), was durch die

dominiert die Mischungen bis zur Reife. Die N-Gehalte der Ölpflanzen zum Schossen, wie auch die Erträge sind gegenüber der jeweiligen Reinsaat deutlich vermindert. Die Stroherträge des Weizens in diesen Mischungen werden mit höherer N-Effizienz erzielt. Der N-Bedarf der Mischung aus Weizen und Leindotter (RYT >1) überschreitet den N-Bedarf beider Reinanbausysteme. Beim Mischfruchtanbau von Erbsen mit

Tab. 4: Relative N-Effizienz (RNE) verschiedener von Pflanzen in Mischfruchtanbausystemen aus Getreide oder Leguminosen mit Ölsaaten (Trenthorst -TRT- und Wilmersdorf -WIL-, 2004).

Mischfruchtanbausystem	Gemengepartner	RNE des Mischfruchtanbaus					
		Biomasse		Körner		Stroh	
		TRT	WIL	TRT	WIL	TRT	WIL
Weizen x Lein	Weizen	1,03	1,06	0,94	1,00	1,28	1,07
	Lein	1,12	0,83	0,98	1,05	0,74	0,93
Weizen x Leindotter	Weizen	0,97	1,07	0,96	0,95	1,10	1,28
	Leindotter	0,86	0,78	0,94	1,02	0,92	1,14
Erbsen x Leindotter	Erbsen	1,11	1,09	1,04	1,06	0,92	1,12
	Leindotter	0,97	0,83	0,94	1,01	1,32	0,75
Erbsen x Senf	Erbsen	1,26	0,69	1,07	0,95	0,81	0,75
	Senf	0,94	1,10	1,03	1,03	0,94	0,94
Lupine x Saflor	Lupine	1,40	0,86	0,96	1,01	0,97	0,67
	Saflor	0,90	0,96	0,93	0,99	0,89	0,99

Leindotter wurden die N-Gehalte beider Mischungspartner zu Beginn der Schosspphase gefördert. In den Ernteprodukten war dies nicht nachweisbar. Der Mischfruchtanbau wies eine höhere N-Aufnahme auf als der Reinanbau. Die Erbsenerträge wurden in Mischung mit Leindotter deutlich gemindert, je-

doch bildeten die Erbsen Korn und Stroh mit höherer N-Effizienz aus. Senf unterdrückte Erbsen in den Mischungen stark. Die Mischung wies eine höhere N-Aufnahme auf als die Reinsaat. Die schmalblättrige Lupine wurde im Mischfruchtanbau vom Saflor dominiert und ihre Erträge gemindert. Effekte auf den N-Gehalt oder die N-Effizienz der Pflanzen wurden hier nicht gemessen.

Schlussfolgerungen:

Folgende Arbeitshypothesen können für den Mischfruchtanbau mit Ölsaaten formuliert werden: Beim Mischfruchtanbau von zwei Nicht-Leguminosen mit RYT-Werten >1 übertrifft der N-Bedarf der Mischung den der Reinsaat (Weizen x Leindotter); dies trotz zum Teil verbesserter N-Effizienz der Biomassebildung im Gemenge. Beim Mischfruchtanbau von Leguminosen mit Ölfrüchten mit RYT-Werten >1 ist die N-Aufnahme gleich oder größer der der Ölfrüchte in Reinsaat (Erbsen x Leindotter).

Literatur:

Høgh-Jensen H., Schjoerring J. K. (2000): Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: Direct quantification by ¹⁵N leaf feeding compared with indirect dilution of soil ¹⁵N. *Plant and Soil* 227:171-183.

Hauggaard-Nielsen H., Jensen E. S. (2005): Facilitative Root Interactions in Intercrops. *Plant and Soil* 274:237 – 250.

Lienemann K. (2002): Incidence of Fusarium species in winter wheat in the Rhineland and possibilities of control with special reference to wheat cultivar. Dissertation, Universität of Bonn.

Paulsen H. M., Rahmann G. (2004): Wie sieht der energieautarke Hof mit optimierter Nährstoffbilanz im Jahr 2025 aus? *Landbauforsch Völknerode SH* 274, S. 57-73.

Paulsen H. M., Schochow M., Behrendt A., Rahmann G. (2006): N-requirement of mixed-cropping systems with oil crops in organic farming. In: 14th World Fertilizer Congress: fertilizers and fertilization. 22-27 January 2006, Chiang Mai, Thailand, Conference proceedings.

van Ruijven J., Berendse F. (2005): Diversity - productivity relationships: Initial effects, long-term patterns, and underlying mechanisms. *PNAS* 102(3): 695-700.

Schmidtke K., Rauber R. (2000): Stickstoffeffizienz von Leguminosen im Ackerbau. In: Möllers C. (Hrsg.) *Stickstoffeffizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. Erich Schmidt Verl., Berlin, S. 48-69.

Wit de C. T. and van den Berg J. P. (1965): Competition between herbage plants. *Neth. J. Agric. sci.* 13:212-221.