

Anbau und Düngung von Winterraps im Ökologischen Landbau

Einleitung

Die anhaltend hohe Nachfrage nach Körnerraps aus Ökologischem Landbau (ÖL) und eine gesicherte Vermarktung über Abnahmeverträge bspw. durch die Teutoburger Ölmühle machen den Rapsanbau interessant. Raps nimmt vor Winter hohe Mengen Stickstoff auf und mindert die Verlagerung in tiefere Bodenschichten. Seine positiven Vorfruchteffekte (McEwen et al. 1989) wirken sich insbesondere in Getreidefruchtfolgen viehloser Betriebe günstig aus. Dennoch ist der Anbauumfang im ÖL gering. Ursachen sind das hohe Anbaurisiko durch Unkraut-, Schädlings- und Krankheitsdruck sowie der hohe Nährstoffanspruch (Stickstoff) v.a. im zeitigen Frühjahr.



Foto 1: Gemengeanbau von Raps mit Buchweizen auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef.

Der Gemengeanbau von Raps mit Buchweizen in Doppelreihen nach Vorfrucht Winterwicke wurde vom Biolandwirt Hermann Künsemöller aus Halle (Westfalen) mit dem Ziel entwickelt Unkraut ohne mechanische Regulation ausreichend kontrollieren zu können und zusätzlichen Stickstoff zu speichern, der dem Raps im Frühjahr aus dem abgefrorenen Buchweizen zur Verfügung stehen soll (Buschhaus & Künsemöller 2004).

Material & Methoden

Im dritten Versuchsjahr 2008/9 wurden auf drei Standorten in NRW zweifaktorielle Feldversuche in Blockanlage mit vier Wiederholungen und den Faktoren Anbausystem (**eng**: Reihenabstand 12 cm, ohne mechanische Unkrautkontrolle; **weit**: Reihenabstand 24 cm, mit Maschinenhacke; **BW**: Doppelreihe Raps und Doppelreihe Buchweizen, Reihenabstand 12 cm, ohne mechanische Unkrautkontrolle; **DR**: Doppelreihe Raps und Doppelreihe frei, Reihenabstand 12 cm, mit Maschinenhacke) und Frühjahrsdüngung (**80** kg N/ha PPL, *Potato Protein Liquid*, ein Rückstand aus der Kartoffelstärkeproduktion vs. **ohne** Düngung) angelegt. Dargestellt werden im Folgenden die Ergebnisse auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut (WG) in Hennef, dem Höfferhof (HH) im Bergischen Land sowie dem Mühlenhof (MH) im Teutoburger Wald. Die Standort- und Bewirtschaftungsdaten sind in Tab. 1 zusammengefasst. Die Aussaat der Rapsorte *Robust* erfolgte in allen Varianten und auf allen Standorten mit 60 Körner/m². In der Variante „BW“ wurde Buchweizen, Sorte *Lifago*, in der Saatedichte 150 Körner/m², entsprechend 25 kg/ha verwendet.

Tab. 1: Standort- und Bewirtschaftungsdaten der Feldversuche 2008/9

	Wiesengut (WG)	Höfferhof (HH)	Mühlenhof (MH)
Kreis	Rhein-Sieg	Rhein-Sieg	Gütersloh
Höhe ü. NN	65	150-200	120
Jahresdurchschnittstemperatur (°C)	10,3	8	9,5
Durchschnittlicher Niederschlag (mm/a)	840	1100	750
Bodenart	sL-uL	sL-L	S, IS
Bodenpunkte	20-70	55	30
Vorfrucht	Wickroggen	Wintergerste	Klee gras
Düngung vor der Saat		30 m ³ Rindergülle	
Aussaat	29. 08. 2008	18. 08. 2008	27. 08. 2008
1. Maschinenhacke	16. 09. 2008	11. 09. 2008	17. 09. 2008
2. Maschinenhacke	–	30. 09. 2008	–
Düngung	17. 03. 2009	17. 03. 2009	19. 03. 2009
Parzellendrusch	15. 07. 2009	15. 07. 2009	16. 07. 2009

Parameter

Raps- und Unkrauttrockenmasse (dt/ha), Unkrautdeckungsgrad (%), Stickstoffaufnahme von Raps, Buchweizen und Unkraut (kg N/ha), Mineralischer Stickstoffgehalt im Boden (NO₃-N + NH₄-N, in kg/ha), Pflanzenlänge und Stängeldicke, Ertrag und Ertragsstruktur

Hypothesen

1. Der Gemengeanbau von Raps mit Buchweizen kann die Verunkrautung im Vergleich zur Aussaat mit engem Reihenabstand ohne mechanische Unkrautkontrolle und weitem Reihenabstand mit Maschinenhacke reduzieren.
2. Buchweizen nimmt zusätzlichen Stickstoff vor Winter auf, dieser wird vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten bewahrt und steht dem Raps im Frühjahr aus der Mineralisierung zur Verfügung; höhere Kornerträge werden erzielt.
3. Eine Frühjahrsdüngung mit PPL (80 kgN/ha) steigert den Kornertrag signifikant.

Ergebnisse

Die Unkrauttrockenmasse (UTM) vor Winter war auf dem Standort Wiesengut in der Variante „DR“ (Doppelreihe Raps, Doppelreihe frei, Reihenabstand 12 cm, Maschinenhacke) signifikant am höchsten (Tab. 2). Signifikant niedriger war sie nur in der Variante „weit“ (Reihenabstand 24 cm, Maschinenhacke). Auf dem Leitbetrieb Höfferhof war die Verunkrautung vor Winter in der Variante „eng“ (Reihenabstand 12 cm, ohne mechanische Unkrautkontrolle) signifikant höher als in den anderen drei Varianten, welche sich nicht signifikant voneinander unterschieden.

Tab. 2: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf Unkrauttrockenmasse (UTM) und Unkrautdeckungsgrad (UDG) auf den Standorten Wiesengut (WG), Höfferhof (HH) und Mühlenhof (MH). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Parameter	Faktor Variante	Anbausystem					Düngung		
		eng	weit	BW	DR	GD	80	ohne	GD
UTM (dt/ha)	WG 01.10.08	0,9 ab	0,4 b	1,4 ab	1,8 a	1,3		–	
	HH 01.10.08	3,1 a	0,9 b	0,7 b	1,1 b	1,5		–	
UDG (%)	WG 25.03.09	5,9	7,9	14,4	10,0	8,9 n.s.	7,9	11,2	4,7 n.s.
	HH 27.03.09	15,6 ab	9,3 b	18,6 a	11,9 ab	8,4	13,9	13,9	4,6 n.s.
	MH 19.03.09	2,3	1,5	2,5	1,5	1,8 n.s.		–	
UTM (dt/ha)	WG 20.04.09	3,1	3,7	3,9	4,8	2,2 n.s.	3,4	4,3	1,2 n.s.
	HH 21.04.09	2,6 b	1,8 b	5,9 a	4,1 ab	3,1	4,3	2,9	1,6 n.s.
	MH 24.04.09	0,5	0,5	1,1	0,9	1,2 n.s.	0,6	0,9	0,7 n.s.

n.s. - nicht signifikant

Der Unkrautdeckungsgrad (UDG) nach Winter wurde nur auf dem Standort Höfferhof signifikant durch das Anbausystem beeinflusst. Dort war der UDG in der Variante „BW“ (Doppelreihe Raps und Doppelreihe Buchweizen, Reihenabstand 12 cm, ohne mechanische Unkrautkontrolle) signifikant höher als in der Variante „weit“. Auf diesem Standort war auch zu späterem Probenahmezeitpunkt im April die UTM in der Variante „BW“ signifikant am höchsten. Die Tendenz zu einer höheren Verunkrautung dieser Varianten zeigte sich auch beim UDG nach Winter auf dem Standort Wiesengut. Ein Einfluss der Frühjahrsdüngung auf die Verunkrautung konnte im dritten Versuchsjahr auf keinem der drei Standorte nachgewiesen werden.

kg N/ha

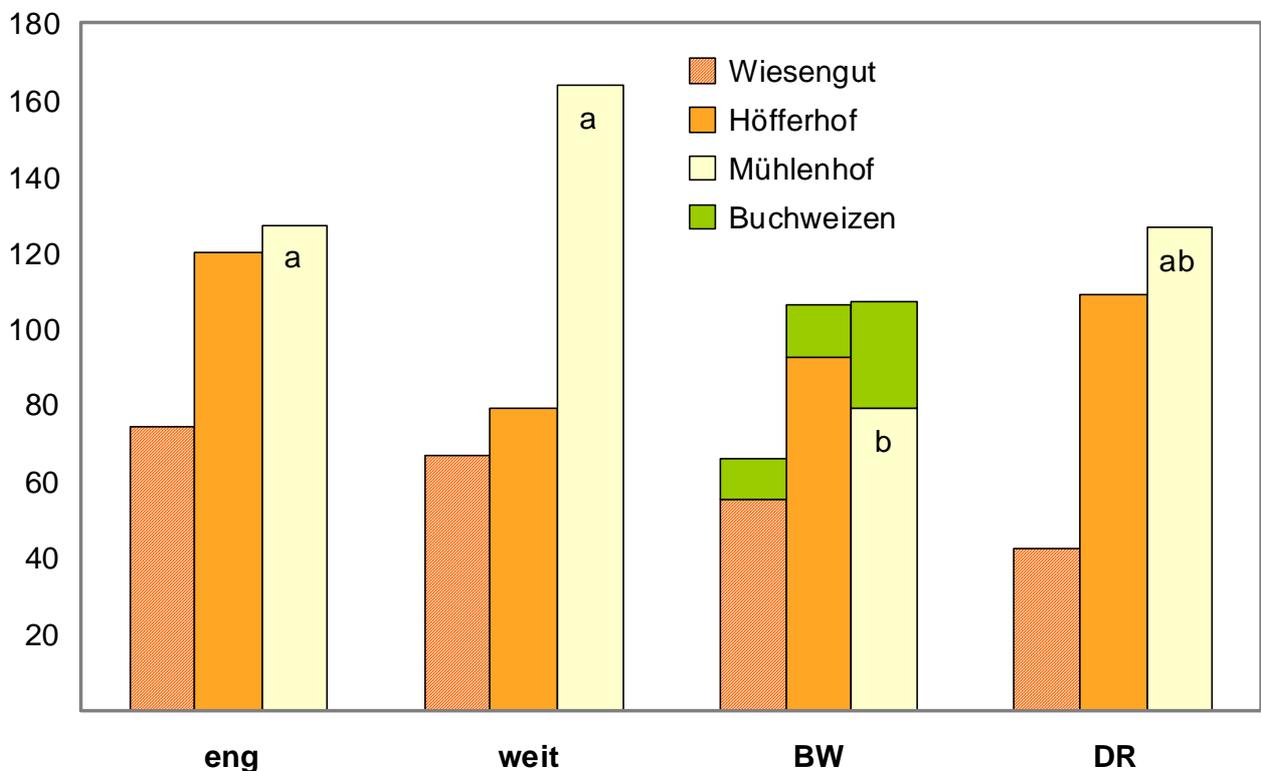


Abb 1: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf die Stickstoffaufnahme von Raps und Buchweizen vor Winter auf den Standorten Wiesengut (01. 10. 2008), Höfferhof (01. 10. 2008) und Mühlhof (02. 10. 2008). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Standortes kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Vor Winter war auf dem Standort Mühlhof die Stickstoffaufnahme von Raps in der Variante „BW“ signifikant am niedrigsten (Abb. 1). Dieses Ergebnis kann mit der Konkurrenz durch Buchweizen erklärt werden, welcher in den geschilderten Versuchen bis zu 18 kg N/ha aufnahm. Während vor Winter auf den anderen Standorten kein signifikanter Einfluss des Anbausystems auf die Stickstoffaufnahme von Raps

nachgewiesen werden konnte, war diese nach Winter auf dem Standort Höfferhof sowohl zur Blüte als auch zur Fruchtentwicklung in der Variante „BW“ signifikant am niedrigsten (Tab. 3). Auch auf dem Standort Wiesengut wurde dieser Einfluss im April signifikant und auf dem Mühlenhof im Juni tendenziell festgestellt. Zu dieser späten Zeiternte unterschieden sich auf dem Standort Wiesengut die unterschiedlichen Anbausysteme in der bis dahin vom Raps aufgenommenen Stickstoffmenge nicht mehr signifikant. Auf allen Standorten war die Stickstoffaufnahme von Raps in den Varianten mit Düngergabe hypothesengemäß höher als in den ungedüngten Varianten. Bis auf eine Ausnahme war dieser Unterschied auf allen Standorten signifikant.

Tab 3: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf die Stickstoffaufnahme (kg N/ha) von Raps zu zwei Frühjahrsterminen auf den Standorten Wiesengut (WG), Höfferhof (HH) und Mühlenhof (MH). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Termin	Faktor Variante	Anbausystem					Düngung			
		eng	weit	BW	DR	GD	80	ohne	GD	
April	WG 20.4.09	126,3 ab	143,9 a	89,9 b	116,5 ab	51,3	131,6	106,7	27,0 n.s.	
	EC 60-65	HH 21.04.09	110,2 a	125,2 a	65,3 b	95,4 ab	37,8	112,3 A	85,8 B	19,9
Juni	WG 08.06.09	180,7	215,3	212,8	212,2	71,0 n.s.	253,6 A	156,9 B	37,5	
	EC 75	HH 08.06.09	161,2 a	144,5 a	83,2 b	132,5 a	43,6	150,1 A	110,6 B	23,0
		MH 09.06.09	187,3	176,0	135,2	156,2	54,6 n.s.	201,2 A	126,2 B	28,8

n.s. - nicht signifikant

Eine Wirkung von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf den mineralischen Stickstoffgehalt in der Bodenlösung vor und nach Winter wurde bis auf wenige Ausnahmen nicht festgestellt (Tab. 4). Die Düngung hatte nur am Standort Höfferhof zur Probenahme Ende April einen relativ geringen (4 kg N/ha), jedoch signifikanten Einfluss auf den mineralischen Stickstoffgehalt in der oberen Bodenschicht (0-30 cm), sowie daraus folgende auf den Gesamtgehalt im Bodenhorizont 0-90 cm. Im Versuch auf dem Standort Wiesengut war zur Probenahme im März der mineralische Stickstoffgehalt in der Bodenschicht 30-60 cm in der Variante „eng“ signifikant höher als in der Variante „DR“. Auch dieser Unterschied war mit etwa 4 kg N/ha quantitativ nicht relevant.

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 4: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf den mineralischen Stickstoffgehalt im Boden (NO₃-N + NH₄-N, in kg/ha) auf den Standorten Wiesengut (WG), Höfferhof (HH) und Mühlenhof (MH). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Standort	Faktor Variante	Anbausystem					Düngung		
		eng	weit	BW	DR	GD	80	ohne	GD
WG 22.10.08	0-30 cm	23,9	20,6	25,5	34,0	13,8 n.s.			
	30-60 cm	56,4	42,9	70,6	65,4	46,1 n.s.		–	
	60-90 cm	20,9	18,4	22,7	15,6	11,3 n.s.			
	0-90 cm	101,1	82,0	118,8	115,0	49,4 n.s.			
WG 03.03.09	0-30 cm	20,0	19,3	18,7	14,8	8,6 n.s.			
	30-60 cm	18,6 a	15,1 ab	16,5 ab	14,2 b	4,0		–	
	60-90 cm	15,7	20,5	17,1	19,0	8,9 n.s.			
	0-90 cm	54,4	54,9	52,3	48,0	15,0 n.s.			
WG 20.04.09	0-30 cm	14,4	8,3	11,1	10,9	n.n.	13,2	9,1	n.n.
	30-60 cm	4,0	3,9	4,0	3,7	1,3 n.s.	3,8	4,0	0,7 n.s.
	60-90 cm	14,8	7,5	7,2	14,7	13,3 n.s.	10,1	12,0	7,0 n.s.
	0-90 cm	33,1	19,7	22,3	29,4	14,9 n.s.	27,2	25,1	7,9 n.s.
HH 22.10.08	0-30 cm	29,2	19,3	21,5	22,6	13,8 n.s.			
	30-60 cm	6,1	11,4	8,3	9,1	5,4 n.s.		–	
	60-90 cm	9,9	7,9	7,2	11,5	5,3 n.s.			
	0-90 cm	45,3	38,7	37,0	43,2	15,9 n.s.			
HH 03.03.09	0-30 cm	32,6	34,8	35,2	33,5	n.n.			
	30-60 cm	13,5	14,2	11,6	16,0	5,6 n.s.		–	
	60-90 cm	9,4	8,7	9,2	13,1	6,4 n.s.			
	0-90 cm	55,5	57,7	55,9	62,7	17,2 n.s.			
HH 21.04.09	0-30 cm	14,0	15,7	17,6	16,2	4,6 n.s.	17,9 A	13,8 B	2,4
	30-60 cm	6,5	6,3	5,8	5,7	2,6 n.s.	6,0	6,1	1,4 n.s.
	60-90 cm	4,8	5,1	6,8	5,3	2,2 n.s.	5,6	5,4	1,2 n.s.
	0-90 cm	25,3	27,1	30,2	27,2	6,0 n.s.	29,6 A	25,3 B	3,2
MH 29.10.08	0-30 cm	18,3	51,7	30,7	28,0	40,9 n.s.			
	30-60 cm	60,6	100,8	91,6	114,1	120,7 n.s.		–	
	60-90 cm	17,4	23,7	15,1	23,8	15,8 n.s.			
	0-90 cm	96,3	176,2	137,4	165,9	152,3 n.s.			
MH 19.03.09	0-30 cm	26,4	23,3	17,2	15,3	14,8 n.s.			
	30-60 cm	18,2	13,1	12,8	12,8	9,3 n.s.		–	
	60-90 cm	33,3	29,0	36,4	32,5	17,6 n.s.			
	0-90 cm	77,9	65,4	66,4	60,6	19,5 n.s.			
MH 23.04.09	0-30 cm	17,5	16,6	14,5	23,4	n.n.	21,9	14,1	n.n.
	30-60 cm	9,3	7,6	7,1	13,1	n.n.	10,1	8,5	n.n.
	60-90 cm	15,8	11,1	17,0	16,5	10,2 n.s.	15,0	15,2	5,4 n.s.
	0-90 cm	42,5 ab	35,3 b	38,7 ab	53,0 a	16,2	47,0 A	37,8 B	8,5

n.s. - nicht signifikant, n.n. - nicht normalverteilt

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 5: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf Pflanzenlänge und Stängeldicke von Winterraps auf den Standorten Wiesengut (WG), Höfferhof (HH) und Mühlenhof (MH). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Parameter	Faktor Variante	Anbausystem					Düngung		
		eng	weit	BW	DR	GD	80	ohne	GD
Länge (in cm)	WG 08.06.09	149,6	151,6	152,6	156,3	8,0 n.s.	159,2 A	145,5 B	4,2
	HH 08.06.09	149,9 a	147,2 ab	140,0 b	147,1 ab	8,5	148,4 A	143,7 B	4,5
	MH 09.06.09	117,6	118,5	115,5	121,5	9,2 n.s.	123,1 A	113,5 B	4,8
Dicke (in mm)	WG 08.06.09	10,8	10,4	11,7	11,7	1,3 n.s.	11,7 A	10,6 B	0,7
	HH 08.06.09	11,6	11,0	10,3	11,0	1,7 n.s.	11,4	10,5	0,9 n.s.
	MH 09.06.09	8,3	9,4	8,3	9,8	1,6 n.s.	10,0 A	7,8 B	0,9

n.s. - nicht signifikant

Sowohl die Pflanzenlänge als auch die Stängeldicke wurde durch die Düngung gesteigert. Dieser Effekt war bis auf eine Ausnahme auf allen Standorten signifikant. Das Anbausystem hatte nur am Standort Höfferhof einen Einfluss auf die Pflanzenlänge, diese war in der Variante „BW“ signifikant am niedrigsten.

dt/ha

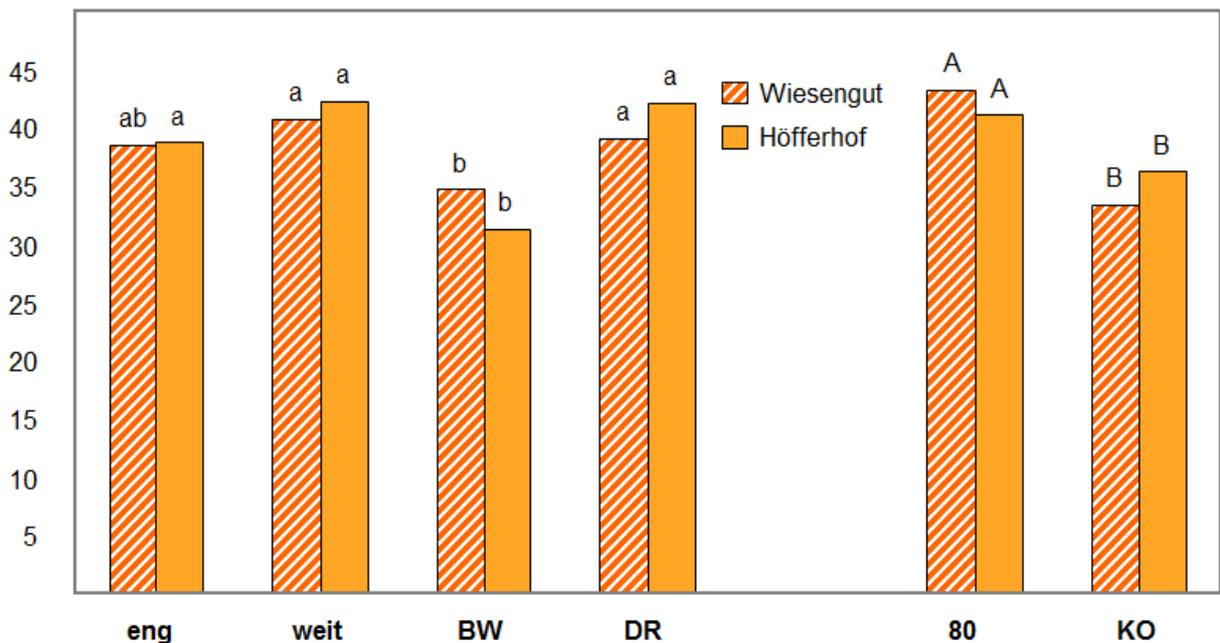


Abb. 2: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung auf den Kornertrag (91 % TM) von Winterraps auf den Standorten Wiesengut (WG) und Höfferhof (HH). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb eines Standortes kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Auf dem Standort Mühlenhof konnte der Kornertrag aufgrund eines Druschfehlers nicht statistisch ausgewertet werden. Auf den beiden anderen Standorten war der Kornertrag in der Variante „BW“ (Gemengeanbau Raps mit Buchweizen) signifikant am niedrigsten (Abb. 2), zwischen den anderen Anbausystemen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die Frühjahrsdüngung mit PPL steigerte den Ertrag ebenfalls auf beiden Standorten signifikant. Nach Untersuchungen von Grosse et al. (1992) sind alle Ertragsparameter außer die Tausendkornmasse (TKM), die auch in den eigenen Versuchen die geringste Streuung zeigte, kompensatorisch an der Ertragsbildung beteiligt (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Einfluss von Anbausystem und Frühjahrsdüngung die Ertragsparameter von Winterraps auf den Standorten Wiesengut (WG) und Höfferhof (HH). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Standort	Faktor Variante	Anbausystem					Düngung		
		eng	weit	BW	DR	GD	80	ohne	GD
WG	Pflanzen/m ²	64,0	68,5	57,5	57,0	18,9 n.s.	63,0	60,5	10,0 n.s.
	Schoten/Pflanze	69,5	71,8	91,3	90,5	23,8 n.s.	91,5 A	70,0 B	12,5
	Körner/Schote	17,5	17,4	12,9	14,8	6,1 n.s.	14,8	16,6	3,2 n.s.
	TKM	5,3	5,4	5,4	5,4	0,2 n.s.	5,4	5,4	0,1 n.s.
HH	Pflanzen/m ²	40,0 a	42,5 a	26,5 b	41,0 a	11,4	38,3	36,8	6,0 n.s.
	Schoten/Pflanze	104,8	90,8	88,9	92,8	28,2 n.s.	102,6 A	86,0 B	14,9 n.s.
	Körner/Schote	20,6	23,3	28,5	23,7	n.n.	24,2	23,8	n.n.
	TKM	5,0	4,9	4,9	5,0	0,4 n.s.	4,9	5,0	0,2 n.s.

n.s. - nicht signifikant, n.n. - nicht normalverteilt

Der Mehrertrag von 0,8 t/ha durch Düngung würde einer Steigerung der Direktkostenfreien Leistung um 310 €/ha (Auszahlungspreis 2008 der Teutoburger Ölmühle 600 €/t, Kosten Düngung 45 €/t, Ausbringung 25 €/ha) entsprechen. Bei derzeitigem Preisniveau von ökologisch erzeugtem Körnerraps im Vergleich zu Brotweizen (450 €/t, ZMP 2007) ist der Rapsanbau jedoch bei bestehender Anbauunsicherheit, die sich in den eigenen Versuchen im Ausfall von drei von acht Versuchen ausdrückte und die in der Literatur (Dierauer et al. 2008) mit einem größeren Ertragsausfall alle drei Jahre angesetzt wird, wirtschaftlich nur bedingt empfehlenswert. Inwieweit Raps ökonomische Risiken durch positive Vorfruchteffekte kompensieren kann, bleibt für den Ökologischen Landbau zu prüfen.

Zusammenfassung

- Die Verunkrautung konnte durch die Variante „Gemengeanbau Raps mit Buchweizen“ nicht reduziert werden. Bis auf eine Ausnahme war sie in keinem Versuch signifikant niedriger als in den anderen untersuchten Varianten. Auf einem Standort war jedoch im Frühjahr der Unkrautdeckungsgrad und die Unkrauttrockenmasse in dieser Variante signifikant am höchsten. Hypothese 1 kann aufgrund dieser Ergebnisse nicht bestätigt werden.
- Die Stickstoffaufnahme von Buchweizen ging zu Lasten von Körnerraps. Die Bodennitratgehalte vor und nach Winter wurden durch das Anbausystem nicht relevant beeinflusst, Hypothese 2 wird damit widersprochen.
- Der Kornertrag war in der Variante „BW“ (Gemengeanbau von Raps mit Buchweizen) signifikant am niedrigsten, dies widerspricht Hypothese 2. Die anderen Anbausysteme unterschieden sich im Kornertrag nicht signifikant.
- Die Frühjahrsdüngung steigerte den Kornertrag signifikant und bestätigte damit Hypothese 3. Der Mehrertrag von 0,8 t/ha durch die Düngung würde einer Steigerung der Direktkostenfreien Leistung um 310 €/ha entsprechen.

Literatur

- Buschhaus, U. & H. Künsemöller (2004): Bio-Raps mit Buchweizen. *Bioland* 4, S. 11
- Dierauer H., B. Früh, C. Humphrys & T. Hebeisen (2008) Bioraps. *FiBL Merkblatt*, 5 S., <https://www.fibl.org/shop/pdf/mb-1343-raps.pdf> (Abruf 19.08.2008).
- Grosse, G., J. Léon & W. Diepenbrock (1992): Yield Formation and Yield Structure of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) .1. Genotypic Variability. *Journal of Agronomy and Crop Science. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau*. 169, S. 70-93
- McEwen, J., R. J. Darby, M. V. Hewitt & D. P. Yeoman (1989): Effects of field beans, fallow, lupins, oats, oilseed rape, peas, regrass, sunflowers and wheat on nitrogen residues in the soil and on the growth of a subsequent wheat crop. *J. Agric. Sci., Cambridge* 115, S. 209–219
- ZMP (2007): Deutlicher Preisanstieg für Bio-Brotweizen. http://www.zmp.de/presse/agrarwoche/marktgrafik/Images/gross/2007_11_09_zmpmarktgrafik.jpg (Abruf: 19.08.2008).