

Daniel Neuhoff, Jan Range

Unkrautkontrolle durch Zwischenfruchtmulch von Sonnenblume (*Helianthus annuus*) und Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) im ökologischen Anbau von Winter-Ackerbohnen

Weed control by cover crop residues of sunflower (*Helianthus annuus*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) in organic winter faba bean

229

Zusammenfassung

In den Jahren 2007 und 2008 wurde jeweils ein zweifaktorieller Feldversuch mit Winter-Ackerbohnen an der Lehr- und Versuchsstation für Organischen Landbau ‚Wiesengut‘ bei Bonn angelegt. Ziel der Versuche war es, den Einfluss der Faktoren Sorte (Hiverna und Diva) und Zwischenfrucht (Sonnenblume, Buchweizen, Selbstbegrünung) auf Wachstum, Ertrag und Verunkrautung von Winter-Ackerbohnen unter den Anbaubedingungen des Ökologischen Landbaus zu quantifizieren und zu bewerten. Das erfasste Parameterspektrum (u. a. Bestandesdichte, Wuchshöhe, Sprossmasse, Kornertrag und Unkrautdeckungsgrad) wurde einer varianzanalytischen Auswertung mit anschließendem Tukey-Test unterzogen. Nach Zwischenfrucht Sonnenblume war die Wuchshöhe von Winter-Ackerbohnen im Vergleich zu Buchweizen z. T. signifikant geringer. Der Kornertrag war nach Zwischenfrucht Sonnenblume bei zweijähriger Auswertung mit 30,9 dt TM ha⁻¹ signifikant geringer als nach Zwischenfrucht Buchweizen (34,8 dt TM ha⁻¹). Der Unkrautdeckungsgrad und die Unkrautbiomasse waren nach Zwischenfrucht Sonnenblumen im Vergleich zu Selbstbegrünung zum Teil signifikant geringer. Die Ergebnisse zeigen, dass sich unter den gegebenen Standortbedingungen wirtschaftliche Kornerträge mit Winter-Ackerbohnen im Ökologischen Landbau erzielen lassen. Die praktische Nutzung allelopathischer Effekte von Sonnenblumen- und Buch-

weizenmulch zur natürlichen Unkrautkontrolle in Winter-Ackerbohnen bedarf weiterführender Untersuchungen.

Stichwörter: Winter-Ackerbohnen, Allelopathie, Sonnenblumen, Buchweizen, Bestandesentwicklung

Abstract

A two-factorial field trial with winter faba bean was carried out at the experimental farm for Organic Agriculture ‘Wiesengut’ close to Bonn, Germany, in 2007 and 2008 respectively. The objective of the experiments was to quantify and evaluate the influence of the factors variety (Hiverna and Diva) and cover crop species (sunflower, buckwheat, green fallow) on a range of growth, yield and weed parameters of organically grown winter faba bean. Data were subjected to ANOVA with subsequent Tukey-Test. Crop height of winter faba bean was significantly lower after cover crop sunflower compared with buckwheat. In a joint two-year analysis grain yield of winter faba bean after cover crop sunflower was significantly lower (3.09 t DM ha⁻¹) compared with buckwheat (3.48 t DM ha⁻¹). Weed ground cover and biomass were significantly lower after cover crop sunflower and buckwheat compared with green fallow at several assessment dates of both trials. Results have shown that under the climatic conditions of the Rhineland area the production of organic

Institut

Universität Bonn, Institut für Organischen Landbau

Kontaktanschrift

Dr. Daniel Neuhoff, Jan Range, Universität Bonn, Institut für Organischen Landbau, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn, E-Mail: d.neuhoff@uni-bonn.de

Zur Veröffentlichung angenommen

3. Juni 2012

winter faba bean can be realized with economic yields. The practical use of cover crops such as sunflower known to feature allelopathic effects against weeds still deserves further research.

Key words: Winter faba bean, allelopathy, sunflower, buckwheat, crop development

Einleitung

Der Anbau von Körnerleguminosen stellt einen pflanzenbaulich wertvollen Bestandteil von Fruchtfolgen insbesondere im Ökologischen Landbau dar. Die Vorteile des Anbaus von Körnerleguminosen begründen sich vorwiegend mit deren Fähigkeit zur biologischen N₂-Fixierung, aber auch durch deren vergleichsweise extensive Kulturführung. Aus ökobilanzieller Sicht ist der Anbau etwa von Ackerbohnen insbesondere deshalb vorteilhaft, weil die günstigen Vorfruchteffekte im konventionellen Anbau zu Einsparungen an N-Düngern, ergo Energie, führen (KÖPKE und NEMECEK, 2010).

Der Flächenanteil der Ackerbohnen an der gesamten Ackerfläche in Deutschland ist mit nur etwa 0,1% entsprechend 11 100 ha (2008) demgegenüber unbedeutend. Etwa 52% dieser Fläche (5800 ha) werden nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschaftet (SCHAACK und ENGELHARDT, 2009). In Ländern mit milden Wintern, wie beispielsweise Frankreich und England, werden auch Winter-Ackerbohnen erfolgreich (STODDARD et al., 2005) mit einem stabilen Anbauumfang von summarisch etwa 80000 ha angebaut (SASS, 2009).

Im Herbst ausgesäte Winter-Ackerbohnen weisen im Vergleich zur Sommerform einige pflanzenbauliche Vorteile auf, die grundsätzlich auch im Ökologischen Landbau nutzbar sind. Zu nennen sind hier das zumindest unter konventionellen Anbaubedingungen oft höhere Ertragspotenzial der Winterformen (HERZOG und GEISLER, 1991), die Vermeidung einer Aussaat im Spätwinter unter nassen Feldbedingungen sowie deren zügigere Entwicklung im Frühjahr mit verminderter Anfälligkeit gegenüber potenziellem Trockenstress im Frühsommer. Diesen Vorteilen steht ein erhöhtes Anbaurisiko durch Auswinterung sowie partiell eine höhere Anfälligkeit für Pilzkrankheiten (*Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*) gegenüber (BOND et al., 1994).

Als entscheidender Grund für die mangelnde Anbauwürdigkeit von Winter-Ackerbohnen in Deutschland wurde und wird in verschiedenen Untersuchungen die unzureichende Winterhärte des zur Verfügung stehenden Sortenspektrums angesehen (HAUSER und BOEHM, 1984; LINK et al., 2010). BOND et al. (1994) geben für die in verschiedenen Regionen Europas angebauten Sortenspektren Temperaturuntergrenzen von -12°C (Südwesteuropa) und -18°C (Mitteleuropa) an. HERZOG und GEISLER (1989) zufolge überstehen Winter-Ackerbohnen Temperaturen bis zu -12°C, fallweise auch bis zu -16°C.

Infolge des Klimawandels und den damit für Teile Deutschlands erwarteten mildereren Wintern mit weniger Frosttagen (Regionaler Klimaatlas Deutschland, 2010)

scheint eine Ausweitung des Anbaus von Winter-Ackerbohnen, zumindest in klimatisch begünstigten Regionen in Deutschland, denkbar (LINK et al., 2010) und bietet auch dem Ökologischen Landbau neue Optionen. Es liegen jedoch kaum Anbauerfahrungen vor, und zudem ist nur eine einzige in Deutschland gezüchtete Winter-Ackerbohnenart (Hiverna) verfügbar.

Die Jugendentwicklung der Ackerbohne verläuft vergleichsweise langsam. In dieser Entwicklungsphase, aber auch zur Abreife, wenn die Blätter bereits abgestorben sind, bieten sich der Unkrautflora gute Wachstumsbedingungen. Neben den direkten Kontrollmaßnahmen, insbesondere der Anwendung von Hacke und Striegel (DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994), spielen indirekte, vorbeugend wirksame Maßnahmen im Ökologischen Landbau eine entscheidende Rolle. Seit längerem ist bekannt, dass Ernterückstände einer Vorfrucht das Wachstum nachfolgender Kulturen beeinträchtigen können (MC CALLA und NORSTADT, 1974). Seit den achtziger Jahren wird die Nutzung allelopathischer Effekte zur Unkrautunterdrückung und damit Reduzierung des Einsatzes von Herbiziden diskutiert (EINHELLIG und LEATHER, 1988; KHANH et al., 2005). Untersuchungen mit Sonnenblumen- (*Helianthus annuus*) und Buchweizenmulch (*Fagopyrum esculentum*) ergaben, dass beide Arten ein relevantes Potenzial zur Unkrautregulation durch Allelopathie besitzen (BERNAT et al., 2004; GOLISZ et al., 2007; CIARKA et al., 2009). Die Residuen beider Arten enthalten allelopathisch wirksame Substanzen, die nach Freisetzung inhibierend auf andere Pflanzen wirken können. Wässrige Extrakte aus Sonnenblumenblättern zeigten eine starke allelopathische Wirkung auf Senf (*Sinapis alba*), die sich in einer deutlich verminderten Keimung ausdrückte. Weiterhin wurde das Wachstum von in Sonnenblumenmulch eingesäten Senfpflanzen deutlich reduziert (CIARKA et al., 2009). Erntereste von Sonnenblumen führten konzentrationsabhängig jedoch auch zu schwachem Wuchs, verringerter Bestandesdichte, verminderter Tausendkornmasse (TKM) und reduziertem Gesamtertrag bei verschiedenen Kulturpflanzenarten wie *Sorghum vulgare*, *Pennisetum americanum* und *Zea mays* (BATISH et al., 2002). In Versuchen von MORRIS und PARRISH (1992) zum Einfluss von Sonnenblumen zeigte sich ein differenziertes Bild. In Gefäßversuchen im Gewächshaus war nach Zugabe von wässrigen Extrakten von Sonnenblumen (10:1) das Wachstum von Weizen (*Triticum aestivum*) insbesondere in der Anfangsentwicklung deutlich reduziert. In einem weiteren Gefäßversuch wurde demgegenüber nach Applikation von fein gemahlenem Sonnenblumenmulch im Vergleich zur Kontrolle eine signifikante Zunahme des Feldaufgangs von Weizen festgestellt. Die Unkrautdichte (unter anderem *Ambrosia artemisiifolia* und *Amaranthus retroflexus*) war in Gefäßen nach Zugabe von Sonnenblumenmulch im Vergleich zur Kontrolle signifikant geringer. Dieser Effekt trat auch unter Feldbedingungen auf (MORRIS und PARRISH, 1992).

Der allelopathische Effekt von Buchweizen auf Senf und Winterweizen wurde von GOLISZ et al. (2007) untersucht. Wässrige Extrakte aus Buchweizen verzögerten konzentrationsabhängig die Keimung beider Arten. Die

Keimfähigkeit von Senf wurde nach Applikation eines wässrigen Extraktes aus Buchweizenblättern (10%) von 99,3% in der Kontrolle auf 40,3% reduziert. Als allelopathisch wirksame Substanzen in Buchweizen werden Chlorigensäure, Rutin und Quercetin genannt (GOLISZ et al., 2007). Der Anbau einer allelopathisch wirksamen Zwischenfrucht wie Buchweizen ist eine interessante, zugleich jedoch wenig erforschte Option der Unkrautkontrolle, die über den rein physikalischen Effekt einer Mulchdecke hinausgeht. Aussagekräftige Untersuchungen zur Prüfung des Nutzens allelopathischer Effekte unter Feldbedingungen des Ökologischen Landbaus liegen jedoch nur in geringem Umfang vor. Die erfolgreiche Nutzung allelopathischer Effekte des Zwischenfruchtanbaus in der Abfolge zweier Hauptfrüchte muss verschiedene Bedingungen erfüllen. Hierzu gehört die adäquate Berücksichtigung der Feldbelegungszeit der beteiligten Kulturen ebenso wie die Quantifizierung und Bewertung der Effekte der Zwischenfrucht auf Nachfrucht und Unkraut. In der vorliegenden Arbeit wurden nach Winterroggen (*Secale cereale*) die allelopathisch wirksamen Zwischenfrüchte Sonnenblume und Buchweizen angebaut, in deren Mulchreste anschließend Winter-Ackerbohnen nach flacher Bodenbearbeitung eingesät wurden. Verfolgt wurde die Hypothese, dass diese Vorgehensweise zu einem verminderten Auflaufen und Wachstum von Unkräutern im Vergleich zu Selbstbegrünung führt. Wachstumsreduzierende Effekte auf verschiedene Winterackerbohnen Sorten wurden aufgrund der tiefen Ablage der Saatkörner nicht erwartet.

Material und Methoden

In den Jahren 2007/2008 (Versuch 1) und 2008/2009 (Versuch 2) wurde jeweils ein Feldversuch mit Winter-Ackerbohnen an der Lehr- und Versuchsstation für Orga-

nischen Landbau ‚Wiesengut‘, Hennef, Sieg, durchgeführt. Der Standort ist durch heterogene, mit Kiesschichten durchsetzte alluviale Auenlehme unterschiedlicher Mächtigkeit gekennzeichnet (50–65 Bodenpunkte, HAAS, 1995) und wird als Gemischtbetrieb mit etwa 0,8 GV ha⁻¹ (Mutterkuhherde) bewirtschaftet.

Die Witterungsbedingungen beider Versuchsjahre waren durch einige Besonderheiten gekennzeichnet. Im Versuch 1 war der Winter überdurchschnittlich warm (Abb. 1a) und der Sommer zu Versuchsbeginn überdurchschnittlich niederschlagsreich (Abb. 1b). Der zweite Versuch war durch einen für die regionalen Verhältnisse extrem kalten Winter gekennzeichnet (Abb. 1a). Die Durchschnittstemperatur im Monat Januar 2009 lag mit -0,5°C deutlich unter dem langjährigen Mittel (2,7°C). Im Laufe des Monats Januar trat eine extreme Kälteperiode von ca. 2 Wochen Länge auf. Die Temperaturen am Versuchsstandort Wiesengut fielen in mehreren Nächten bis unter -15°C. Während dieser Zeit lag eine geschlossene Schneedecke auf den Versuchsflächen.

Versuchsanlage und -durchführung

Die Versuche wurden jeweils als zweifaktorielle Blockanlage mit den Faktoren Winter-Ackerbohnenorte (Hiverna und Diva) und Zwischenfrucht (Sonnenblume, Buchweizen, Selbstbegrünung) angelegt. Die Sorte ‚Hiverna‘ der Fa. NPZ (Norddeutsche Pflanzenzucht) ist als vergleichsweise winterhart eingestuft. Die französische Sorte ‚Diva‘ (Fa. Agri Obtentions) ist eine seit 2001 zugelassene, relativ kurze und winterharte Winter-Ackerbohnen-Sorte, die speziell für den Anbau in Nordfrankreich empfohlen wird. Nach Ernte der Vorfrucht Winterroggen (Stroh geräumt) wurden die Zwischenfrüchte Buchweizen (Sorte Hruzowska, 90 kg ha⁻¹) und Sonnenblume (Sorte Peredovick, 60 kg ha⁻¹) am 23. Juli 2007 bzw. 22. Juli 2008 eingesät (Parzellengröße: 10 m × 2,5 m = 25 m²). Als Kontrolle

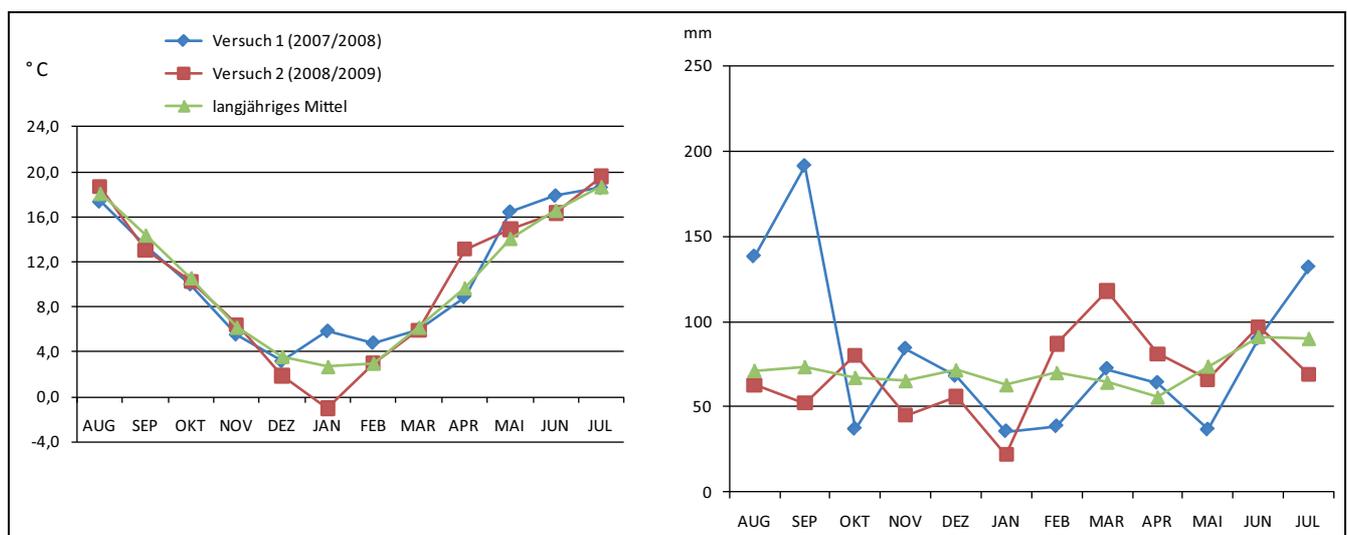


Abb. 1a und b. Temperatur und Niederschlag am Standort Wiesengut/Hennef in den Versuchsjahren 2007/2008 (Versuch 1) und 2008/2009 (Versuch 2) im Vergleich zum langjährigen Mittel in Köln-Wahn (Entfernung ca. 15 km Luftlinie, Klimastatistik Köln-Wahn, Uni Köln).
Temperature and precipitation at the Wiesengut site/Hennef during the experimental years 2007/2008 (trial 1) and 2008/2009 (trial 2) compared with the long-term average at Cologne-Wahn (distance 15 km, Klimastatistik Köln-Wahn, University of Cologne).

diente die Variante ‚Selbstbegrünung‘, in welcher bodenoberflächennahe Diasporen auflaufen konnten. Vor Einsaat der Zwischenfrüchte wurde die Versuchsfläche gepflügt (2007) bzw. gegrubbert (2008). Der Aufwuchs der Zwischenfrüchte und der Selbstbegrünung wurde Anfang Oktober gemulcht und auf dem Feld belassen. Vor der Saat der Winter-Ackerbohnen wurde die gesamte Versuchsfläche einmal flach (etwa 7 cm Bearbeitungstiefe) mit der Kreiselegge bearbeitet. Am 23. Oktober 2007 bzw. am 20. Oktober 2008 wurden die Winter-Ackerbohnen mit einer Versuchsdrillmaschine der Firma Hege gesät (28 keimfähige Körner je m², 24 cm Reihenabstand, 3 cm Saattiefe). Nach der Saat wurde die Versuchsfläche mit Netzen abgedeckt, um Vogelfraß zu verhindern. Während des Anbaus wurde keine mechanische Unkrautkontrolle durchgeführt. Die Ernte erfolgte jeweils in der ersten Augustdekade der entsprechenden Folgejahre.

Messgrößen

Bodenproben (je Parzelle 8 Einstiche bis 30 cm Tiefe und 4 Einstiche bis 60 cm Tiefe) wurden Ende Mai 2009 im Versuch 2 gezogen. Die Bestimmung des N_{min}-Gehaltes des Bodens erfolgte photometrisch (Lunge's Reagenz) nach Extraktion mit 1%igem Kaliumsulfat mit einem continuous flow analyzer (SKALAR ANALYTICAL, 1993).

Die Sprossmasse der Zwischenfrucht wurde jeweils unmittelbar vor dem Mulchen Anfang Oktober bestimmt. Dazu wurde der Aufwuchs von 0,5 m² je Parzelle geschnitten, gewogen und getrocknet (105° C).

Zur Erfassung der Bestandesdichte der Zwischenfrüchte wurde am 3.4.2008 und 1.4.2009 an jeweils vier Stellen je Parzelle die Anzahl Pflanzen auf einem Meter in der Reihe gezählt und anschließend auf 1 m² umgerechnet.

Die Länge von jeweils 20 zufällig ausgewählten Winter-Ackerbohnenpflanzen je Parzelle wurde zu verschiedenen Stadien mit einem Zollstock gemessen.

Die Triebdichte und die voll ausgebildeten Hülsen pro Trieb wurden im Rahmen einer Probennahme kurz vor der Ernte im August erfasst und gezählt.

Die Versuchsflächen wurden mit einem Mähdrescher der Firma Hege geerntet. Das Erntegut wurde gereinigt, der Kornertrag erfasst und der TM-Gehalt der Körner nach Trocknung bei 105° C bestimmt.

Zur Bestimmung der Tausendkornmasse (TKM) wurden je Parzelle zweimal je 100 g Körner abgewogen. Nach Zählung der Körner mittels Kornzählgerät (Pfeuffer GmbH, Modell CONTADOR) wurde die TKM rechnerisch ermittelt.

Die Anzahl der Körner je Hülse wurde aus dem bereinigten Kornertrag, der TKM, der Anzahl Hülsen je Trieb und der Anzahl Triebe je m² errechnet.

Unkrautbonituren

Der Deckungsgrad (%) des Unkrauts wurde mit einem „Göttinger Schätzrahmen“ an acht Stellen je Parzelle zu verschiedenen Terminen geschätzt.

Zusätzlich wurde in Versuch 2 an acht Stellen je Parzelle der Durchwuchs von Roggenpflanzen mit einem Göttinger Schätzrahmen erfasst.

Die Sprossmasse des Unkrauts wurde zu zwei Zeitern bestimmt. Es wurden jeweils 3 × 0,25 m² je Parzelle geerntet und gewogen. Zur Bestimmung der Trockenmasse wurde das Material bei 105° C getrocknet.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit dem SAS-Statistikprogramm Version 9.1 varianzanalytisch ausgewertet. In einem ersten Schritt wurde eine zweijährige Auswertung durchgeführt und für ausgewählte Kernparameter in einem Tagungsbeitrag bereits veröffentlicht (NEUHOFF und RANGE, 2011). Da häufig Wechselwirkungen zwischen einem Versuchsfaktor und dem Faktor Jahr vorlagen, erfolgt hier mit Ausnahme der Ertragsparameter eine nach Jahren getrennte Darstellung. Die Voraussetzungen zur Durchführung einer Varianzanalyse wurden mit dem modifizierten Levene-Test (BROWN und FORSYTHE, 1974) und dem Normalverteilungstest nach SHAPIRO und WILK (1965) durchgeführt. Die Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Tukey-Test.

Ergebnisse

Zwischenfrüchte

Die Sprossmasseerträge der beiden Zwischenfrüchte in Versuch 1 betragen 32,8 dt TM ha⁻¹ (Sonnenblume) und 18,1 dt TM ha⁻¹ (Buchweizen). In Versuch 2 erzielten die Zwischenfrüchte Sprossmasseerträge von 25,1 dt TM ha⁻¹ (Sonnenblume) und 21,7 dt TM ha⁻¹ (Buchweizen). Die Sprossmasseerträge in den Varianten mit Selbstbegrünung wurden aufgrund geringer Masse in beiden Versuchen nicht erfasst. Der nur in Versuch 2 erfasste N_{min}-Gehalt des Bodens (0–90 cm) vor Winter-Ackerbohnenaussaat betrug etwa 40–50 kg N ha⁻¹ und wies keine zwischenfruchtbedingten Unterschiede auf.

Bestandesentwicklung Winter-Ackerbohnen

Die erfassten Parameter der Bestandesentwicklung wiesen bei zweijähriger Auswertung mit Ausnahme der Bestandesdichte signifikante Wechselwirkungen zwischen dem Jahr und den Versuchsfaktoren Zwischenfrucht oder Sorte auf (Tab. 1).

Die mittlere Bestandesdichte zu Vegetationsbeginn im Frühjahr (BBCH 21-23, Anfang April) war in beiden Versuchen mit 21,0 (Versuch 1) bzw. 20,8 (Versuch 2) Pflanzen je m² etwa gleich hoch (Tab. 2). Der Versuchsfaktor Zwischenfrucht hatte in keinem der beiden Versuche einen Einfluss auf die Bestandesdichte. Die Bestandesdichte der Sorte Diva war in Versuch 2 mit 23,4 Pfl. je m² signifikant höher verglichen mit der Sorte Hiverna (18,1 Pfl. je m²), während in Versuch 1 keine Sortenunterschiede festgestellt wurden (Tab. 2).

Die Wuchshöhe zum ersten Boniturtermin (erste Maidekade, BBCH 61-64) war nach Zwischenfrucht Sonnenblume im Vergleich zu Selbstbegrünung (Versuch 1) bzw. Buchweizen (Versuch 2) signifikant geringer (Tab. 2). Die im Vergleich zu Buchweizen nach Sonnenblumen geringere Wuchshöhe von Winter-Ackerbohnen zeigte sich

Tab. 1. Zweijährige ANOVA: signifikante Effekte der Versuchsfaktoren auf die untersuchten Parameter, $\alpha = 0,05$
Two year ANOVA: significant effects of factors on studied parameters, $\alpha = 0.05$

	Z	S	Z*S	J	Z*J	S*J
Bestandesdichte (Pfl. m ⁻²)						x
Wuchshöhe T1 (cm)		x		x	x	
Wuchshöhe T2 (cm)				x		x
Unkrautdeckungsgrad T1 (%)	x			x		
Unkrautdeckungsgrad T2 (%)				x	x	
Unkrautbiomasse (g TM m ⁻²)			x			
Kornertrag (dt TM ha ⁻¹)	x			x		x
Triebdichte je m ²			x			
Hülsen je Trieb	x		x		x	
TKM (g)	x				x	

Tab. 2. Einfluss von Zwischenfrucht und Sorte auf die Bestandesentwicklung von Winter-Ackerbohnen. SOBL = Sonnenblume, BUWZ = Buchweizen, SBGR = Selbstbegrünung, HIV = Hiverna, DIV = Diva, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$
Influence of cover crop and variety on crop development of winter faba bean. SOBL = sunflower, BUWZ = buckwheat, SBGR = green fallow, HIV = Hiverna, DIV = Diva, Tukey-Test, $\alpha = 0.05$

	Jahr	Zwischenfrucht			Sorte		
		SOBL	BUWZ	SBGR	HIV	DIV	MW
Bestandesdichte (Pfl. m ⁻²) 3.4.	2008	22,8	20,8	19,3	20,9	21,1	21,0
Wuchshöhe T1 (cm) 8.5.		35,0b	38,6ab	40,4a	33,1b	42,8a	38,0
Wuchshöhe T2 (cm) 11.6.		99,7	106,5	99,6	106,0a	97,9b	102,0
Bestandesdichte (Pfl. m ⁻²) 1.4.	2009	19,5	22,1	20,7	18,1b	23,4a	20,8
Wuchshöhe T1 (cm) 13.5.		39,7b	42,9a	42,7ab	37,8b	45,8a	41,8
Wuchshöhe T2 (cm) 21.6.		101,4	108,2	102,8	107,9a	100,4b	104,1

tendenziell auch zu späteren Entwicklungsstadien. In Versuch 2 war die Wuchshöhe der Winter-Ackerbohnen nach Zwischenfrucht Buchweizen über die gesamte Vegetationszeit höher als nach Sonnenblumen (signifikant zu den Boniturterminen (BBCH 65 und 71, nicht dargestellt). Unterschiede in der Wuchshöhe zwischen Buchweizen und Selbstbegrünung wurden zu keinem Boniturtermin beobachtet. Die Sorte Diva wies mit 42,8 cm (Versuch 1) bzw. 45,8 cm (Versuch 2) eine signifikant größere Wuchshöhe auf, als die Sorte Hiverna mit 33,1 cm (Versuch 1) bzw. 37,8 cm (Versuch 2, Tab. 2).

Unkrautentwicklung

Die zweijährige Auswertung der Daten zur Unkrautentwicklung ergab für alle Parameter signifikante Jahreseffekte und zum Teil signifikante Wechselwirkungen zwischen Jahr und einem Versuchsfaktor (Tab. 1). Aufgrund des erheblich höheren Unkrautdrucks in Versuch 2 werden die Ergebnisse nach Jahren getrennt dargestellt.

Das Auftreten von Unkraut in den Winter-Ackerbohnen-Beständen war in Versuch 1 verglichen mit dem Folgejahr deutlich geringer. Dominante Unkrautarten im ersten Versuch waren Echte Kamille (*Matricaria chamomilla*),

Knötericharten (*Polygonum spp.*) sowie in geringerem Umfang Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*). Im Versuch 2 waren zusätzlich auch Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) und Windhalm (*Apera spicaventi*) dominant.

Während in Versuch 1 zum zweiten Boniturtermin (3. April 2008) ein mittlerer Unkrautdeckungsgrad von 5,5% festgestellt wurde, war dieser in Versuch 2 bereits am 1. April 2009 mit durchschnittlich 12,1% signifikant höher und nahm innerhalb von zwei Wochen (bis 16. April) auf 33,3% zu (Abb. 2).

In beiden Versuchen wurde nach Zwischenfrucht Sonnenblume in Winter-Ackerbohnen an zwei Terminen ein signifikant geringerer Unkrautdeckungsgrad als nach Selbstbegrünung festgestellt. Nach Zwischenfrucht Buchweizen war der Unkrautdeckungsgrad in Winter-Ackerbohnen in drei von vier Vergleichen signifikant niedriger als nach Selbstbegrünung (Abb. 2).

Analog zum Unkrautdeckungsgrad wurde nach Zwischenfrucht Sonnenblume bzw. Buchweizen eine geringere Unkrautbiomasse als nach Selbstbegrünung (signifikant in Versuch 1) festgestellt (Abb. 3). Die Sorten Hiverna und Diva hatten einen inkonsistenten Einfluss auf das

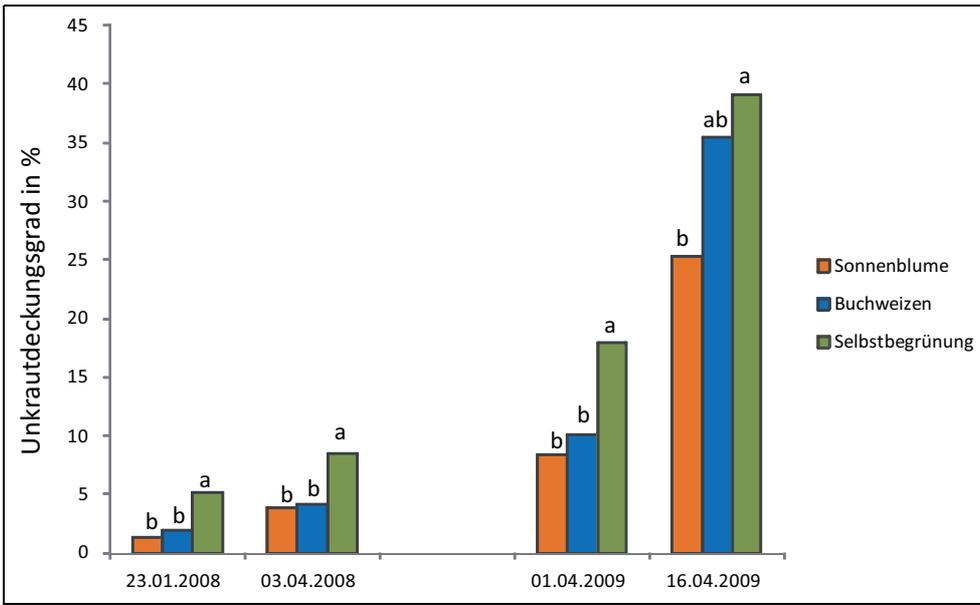


Abb. 2. Einfluss der Zwischenfrucht auf den Unkrautdeckungsgrad (%) in Winter-Ackerbohnen, Tukey-Test, alpha = 0,05. Influence of the cover crop on weed cover (%) in winter faba bean, Tukey-Test, alpha = 0.05.

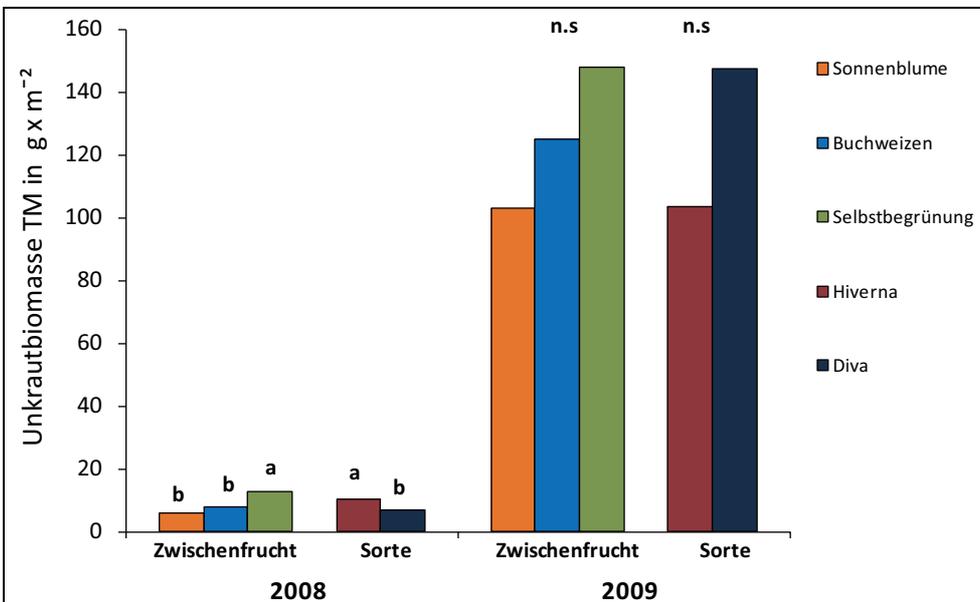


Abb. 3. Einfluss von Zwischenfrucht und Sorte auf die Unkrautbiomasse (TM in g m⁻²) in Winter-Ackerbohnen, Tukey-Test, alpha = 0,05. Influence of cover crop and cultivar on weed biomass (DM in g m⁻²) in winter faba bean, Tukey-Test, alpha = 0.05.

Unkrautvorkommen. Fünf von insgesamt sieben Unkraut-Parametern wiesen keine Unterschiede zwischen den beiden Sorten auf.

Als Besonderheit des zweiten Versuches ist zu erwähnen, dass es zu Durchwuchs von Winterroggen in den Winter-Ackerbohnenbeständen kam. Im Stadium BBCH 65 der Ackerbohnen war der Durchwuchs nach Sonnenblumen signifikant (2,5 Pfl. m) bzw. nach Buchweizen tendenziell niedriger (3,6 Pfl. m²) als nach Selbstbegrünung (5,4 Pfl. m²).

Kornertrag und Ertragsstruktur

Bei zweijähriger Auswertung der Daten ergab sich eine signifikante Differenzierung der Faktorstufen des Versuchsfaktors Zwischenfrucht. Der Kornertrag war nach Zwischenfrucht Buchweizen im zweijährigen Mittel mit 34,8 dt TM ha⁻¹ signifikant höher als nach Zwischen-

frucht Sonnenblume (30,9 dt TM ha⁻¹) bzw. Selbstbegrünung (30,1 dt TM ha⁻¹, Tab. 3).

Zugleich ergab die zweijährige Auswertung der Kornerträge eine signifikante Wechselwirkung zwischen Sorte und Jahr (Tab. 1). Während im Versuch 1 die Sorte Hiverna mit 33,7 dt TM ha⁻¹ einen signifikant höheren Ertrag aufwies als Diva (27,8 dt TM ha⁻¹), waren im Versuch 2 die Erträge beider Sorten gleich hoch (nicht dargestellt). Der Versuchsfaktor Zwischenfrucht hatte bei zweijähriger Auswertung keinen Einfluss auf die Parameter der Ertragsstruktur (Tab. 1).

Diskussion

Beide Zwischenfruchtarten wiesen häufig signifikante reduzierende Effekte auf verschiedene Unkrautparame-

Tab. 3. Einfluss der Zwischenfrucht auf Kornertrag und Ertragsstruktur von Winter-Ackerbohnen, zweijährige Auswertung, Tukey-Test, alpha = 0,05

Influence of cover crop on yield and yield structure of winter faba bean, two year ANOVA, Tukey-Test, alpha = 0.05

	Sonnenblume	Buchweizen	Selbstbegrünung
Kornertrag (dt TM ha ⁻¹)*	30,9a	34,8b	30,1a
Triebdichte je m ²	38,6	42,8	44,0
Hülsen je Trieb	8,9	9,1	8,7
Körner je Hülse**	1,9	1,9	1,6
TKM (g)*	551	565	558

*: Daten aus NEUHOFF und RANGE (2011), **: Parameter im ersten Jahr nicht erfasst

ter in Winter-Ackerbohnen auf. Der unkrautreduzierende Effekt von Buchweizen war weniger stark ausgeprägt, die Residuen wirkten jedoch im Vergleich zu Sonnenblume fördernd auf den Kornertrag. Geringeres Wachstum von Unkraut bei zugleich unveränderter Entwicklung von Winterweizen nach Zwischenfrucht Buchweizen wurde auch von GOLISZ et al. (2007) beschrieben. Da Buchweizen häufig vergleichsweise wenig Biomasse produziert und zudem schnell in die generative Phase übergeht und zur Samenreife gelangt, ist der Zwischenfruchtanbau mit der Zielsetzung einer Unkrautkontrolle jedoch nicht vereinbar.

Die als Zwischenfrucht genutzte Sonnenblume hatte einen signifikant reduzierenden Effekt auf Dichte, Deckungsgrad und Biomasse der Unkräuter in Winter-Ackerbohnen. Dieser Sachverhalt zeigte sich sowohl im ersten Versuchsjahr bei relativ geringem als auch im zweiten Versuchsjahr bei deutlich höherem Unkrautdruck. Das hohe Unkrautvorkommen im zweiten Versuchsjahr (bis zu 15 dt TM ha⁻¹) erklärt sich neben den standortspezifischen Bedingungen vermutlich auch durch die Bodenbearbeitung vor der Zwischenfrucht. Während im ersten Jahr eine Pflugbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht erfolgte, wurde im zweiten Jahr nur gegrubbert. Obwohl in beiden Jahren vor der anschließenden Winter-Ackerbohnenaussaat noch eine flache Bodenbearbeitung (Kreisel egge 7 cm) erfolgte, wiesen die Bestände im zweiten Jahr einen deutlich höheren Unkrautdeckungsgrad, u.a. auch mit Durchwuchsroggen, auf. Wendende Bodenbearbeitung wirkt häufig unkrautregulierend (FROUD-WILLIAMS et al., 1984).

Der unkrautreduzierende Effekt von Sonnenblumenresiduen ist vorwiegend allelopathisch begründet, da physikalische Effekte (CHRISTOFFOLETI et al., 2007) aufgrund der oberflächlichen Einarbeitung des Mulches nicht gegeben waren. Eine signifikante Reduzierung der Keimung und Entwicklung von Senf (*Sinapis alba*) durch wässrige Extrakte aus Sonnenblumenblättern wurde auch von CIARKA et al. (2009) unter kontrollierten Bedingungen (Petrischale) beobachtet. Die Wirkung der Extrakte erwies sich als konzentrations- und zeitabhängig. Sonnenblumenmulch hatte auch in Gefäßversuchen von HALL et al. (1983) einen reduzierenden Effekt auf das Wachstum von Rauhaarigem Amaranth (*Amaranthus retroflexus*). Eine sig-

nifikant verringerte Unkrautdichte nach Einarbeitung von Sonnenblumenmulch wurde auch in Gefäßversuchen mit Winterweizen von MORRIS und PARRISH (1992) festgestellt.

Zugleich wurden jedoch das Wachstum und der Kornertrag von Winter-Ackerbohnen in den eigenen Versuchen durch die Sonnenblumenresiduen zum Teil signifikant reduziert. Dieser Sachverhalt zeigte sich unter anderem bei der Wuchshöhe der Winter-Ackerbohnen, die insbesondere während der Jugendentwicklung in den Varianten nach Zwischenfrucht Sonnenblume signifikant geringer war als nach Buchweizen. Zudem war der Kornertrag nach Zwischenfrucht Sonnenblume bei zweijähriger Auswertung signifikant geringer als nach Zwischenfrucht Buchweizen, jedoch nicht im Vergleich zu Selbstbegrünung, vermutlich weil in diesen Varianten ein deutlich höherer Unkrautdruck vorlag.

Wachstumsreduzierende Einflüsse von Sonnenblumen auf Nachfrüchte wurden u.a. auch von EINHELLIG und LEATHER (1988) und MORRIS und PARRISH (1992) festgestellt. In Gefäßversuchen mit Winterweizen führte eingearbeiteter Sonnenblumenmulch im Vergleich zu Ablage auf der Bodenoberfläche 40 Tage nach Aussaat zu einer signifikanten Reduzierung der Trockenmasse und Bestockungstriebe des Weizens. Unter konventionellen Feldbedingungen mit mineralischer N-Düngung und Herbizideinsatz wurde demgegenüber kein Einfluss des Sonnenblumenmulches auf Wachstum und Ertrag von Weizen festgestellt (MORRIS und PARRISH, 1992).

Für die fachliche Bewertung des Einflusses von Sonnenblumenmulch auf das Kulturpflanzenwachstum gilt es, sowohl kulturartenspezifische als auch anbautechnische und -systemische Faktoren und deren Wechselwirkungen angemessen zu berücksichtigen. Frühere Untersuchungen im Rahmen des WECOF-Projektes (NEUHOFF et al., 2005) haben gezeigt, dass unter den Anbaubedingungen des Ökologischen Landbaus Wachstum und Ertrag von Winterweizen nach Zwischenfrucht Sonnenblume mit anschließendem Mulchen signifikant reduziert wurden. Als Ursache wurde eine kombinierte Wirkung aus temporärer Stickstoffimmobilisation durch die Sonnenblumenresiduen und den allelopathischen Effekten des Mulches vermutet. Mineralische N-Düngung wirkt unter Feldbedingungen teilweise kompensatorisch auf die N-Immo-

bilisierung (MORRIS und PARRISH, 1992). Da mineralische N-Dünger im Ökologischen Landbau nicht verwendet werden dürfen, wurden die eigenen Untersuchungen mit einer Körnerleguminose durchgeführt. Die gezielte Nutzung allelopathischer Effekte zur Reduzierung des Unkrautdrucks bedarf jedoch noch weiterer Untersuchungen, insbesondere mit Hinblick auf mögliche Wachstumsbeeinträchtigungen der Winter-Ackerbohnen.

Das in den vorliegenden Versuchen erzielte Ertragsniveau von Winter-Ackerbohnen ist für die Anbaubedingungen des Ökologischen Landbaus als zufriedenstellend einzustufen. Die erhebliche Unkrautkonkurrenz im zweiten Versuch mit im Vergleich zu Versuch 1 äquivalenten Erträgen weist jedoch auf ein noch nicht ausgeschöpftes Ertragspotenzial hin. Jüngere Untersuchungen zu Vorfruchtwirkung von Winter-Ackerbohnen (Hiverna) im Ökologischen Landbau auf Standorten in Niedersachsen mit deutlich höheren Trockenmasse-Kornerträgen (27,9–69,5 dt ha⁻¹, Gesamtmittel = 46 dt ha⁻¹) bestätigen dieses Potential (HOF-KAUTZ, 2008). Hiverna und Diva erwiesen sich trotz kritischer Wintertemperaturen (< -16 °C) als ausreichend winterhart (weniger als 20% Verluste), vermutlich aufgrund der isolierenden Schneedecke. Die weitere züchterische Bearbeitung der Winter-Ackerbohne mit Hinblick auf Winterhärte, Standfestigkeit und vor allem Krankheitsresistenz und letztlich die Bereitstellung neuer Sorten mit attraktivem Leistungsprofil bleibt jedoch eine dringliche Aufgabe.

Literatur

- BATISH, D.R., P. TUNG, H.P. SINGH, R.K. KOHLI, 2002: Phytotoxicity of sunflower residues against some summer season crops. *J. of Agronomy and Crop Science* **188**, 19-24.
- BERNAT, W., H. GAWRONSKA, F. JANOWIAK, S.W. GAWRONSKI, 2004: The effect of sunflower allelopathics on germination and seedling vigour of winter wheat and mustard. *Advances of Agricultural Sciences – Problem Issues* **496**, 289-299.
- BOND, D.A., G.J. JELLIS, G.G. ROWLAND, J. LE GUEN, L.D. ROBERTSON, S.A. KHALIL, L. LI-JUAN, 1994: Present status and future strategy in breeding faba beans (*Vicia faba* L.) for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica* **73**, 151-166.
- BROWN, M.B., A.B. FORSYTHE, 1974: Robust tests for the equality of variances. *J. Americ. Statist. Assoc.* **69**, 364-367.
- CHRISTOFFOLETI, P.J., S.J.P. DE CARVALHO, R.F. LOPEZ-OVEJERO, M. NICOLAI, E. HIDALGO, J.E. DA SILVA, 2007: Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: Implications on weed biology and management. *Crop Protection* **26**, 383-389.
- CIARKA, D., H. GAWRONSKA, M. MALECKA, S.W. GAWRONSKI, 2009: Allelopathic potential of sunflower. II. Allelopathic activity of plant compounds released in environment. *Allelopathy Journal* **23** (2), 243-254.
- DIERAUER, H.-U., H. STÖPPLER-ZIMMER, 1994: Unkrautregulierung ohne Chemie. Stuttgart, Ulmer, 101-102.
- EINHELLIG, F.A., R. LEATHER, 1988: Potential for exploiting allelopathy to enhance crop production. *J. of Chemical Ecology* **14**, N°10, 1829-1844.
- FROUD-WILLIAMS, R.J., R.J. CHANCELLOR, D.S.H. DRENNAN, 1984: The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *J. of Applied Ecology* **21**, 629.
- GOLISZ, A., H. GAWRONSKA, S.W. GAWRONSKI, 2007: Influence of buckwheat allelochemicals on crops and weeds. *Allelopathy Journal* **19** (2), 337-350.
- HAAS, G., 1995: Auswahl von Feldversuchsflächen auf heterogenem Auenboden: Bestandeskartierung-Uniformitätsernten-Luftbildaufnahmen-Exaktvermessung. Schriftenreihe des Instituts für Organischen Landbau, Band 1, Berlin, Verlag Dr. Köster.
- HALL, A.B., U. BLUM, R.C. FITES, 1983: Stress modification of allelopathy of *Helianthus annuus* L. debris on seedling biomass production of *Amaranthus retroflexus* L. *J. of Chemical Ecology* **9**, N° 8, 1983.
- HAUSER, S., W. BOEHM, 1984: Erfahrungen und Ergebnisse mit dem Anbau von Winter-Ackerbohnen. *Kali-Briefe (Büntehof)* **17**, 39-52.
- HERZOG, H., G. GEISLER, 1991: Yield structure of winter faba beans grown in Northern Germany in dependence of different environments, seed rates, sowing rates and genotypes. *J. of Agronomy and Crop Science* **167**, 145-154.
- HOF-KAUTZ, C., 2008: Ursachen höherer Backqualität von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) im Gemenge mit Winter-Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) oder Wintererbse (*Pisum sativum* L.). Dissertation Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften.
- KHANH, T.D., M.I. CHUNG, T.D. XUAN, S. TAWATA, 2005: The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *J. Agron. Crop Science* **191**, 172-184.
- KÖPKE, U., T. NEMECEK, 2010: Ecological services of faba bean. *Field Crops Research* **115**, 217-233.
- LINK, W., BALKO, C., F.L. STODDARD, 2010: Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. *Field Crops Research* **115** (3), 287-296.
- MC CALLA, T.M., F.A. NORSTADT, 1974: Toxicity problems in mulch tillage. *Agric. Environment* **1**, 153-174.
- MORRIS, P.J., D.J. PARRISH, 1992: Effects of sunflower residues and tillage on winter wheat. *Field Crops Research* **29** (4), 317-327.
- NEUHOF, D., S. HOAD, U. KÖPKE, K. DAVIES, S. GAWRONSKI, H. GAWRONSKA, S. DREWS, P. JUROSZEK, C. DE LUCAS BUENO, R. ZANOLI, 2005: Strategies of Weed Control in Organic Farming (WECOF). Final Report of FP 5 European Combined Project 'WECOF', online publication: <http://www.wecof.uni-bonn.de>.
- NEUHOF, D., J. RANGE, 2011: Winterackerbohnen im Ökologischen Landbau: Einfluss von Zwischenfrüchten und Sortenwahl auf Kornertrag und Unkrautbesatz. 11. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Es geht ums Ganze. Gießen März 2011, Band 1, 288-289, auch: EprintsN° 17666.
- Regionaler Klimaatlas Deutschland, 2010: Hrsg. Regionale Klimabüros der Helmholtz-Gesellschaft, Helmholtz-Zentrum Geesthacht, <http://www.regionaler-klimaatlas.de/>, Abruf am 3. Dezember 2010.
- SASS, O., 2009: Marktsituation und züchterische Aktivitäten bei Ackerbohnen und Körnererbsen in der EU. *J. für Kulturpflanzen* **61** (9), 306-308.
- SCHAACK, D., H. ENGELHARDT, 2009: Bio Strukturdaten 2008. http://www.organic-world.net/fileadmin/documents/country_information/germany/zmp-2009-biostrukturdaten-2008.pdf, Abruf am 2. Dezember 2010.
- SHAPIRO, S.S., M.B. WILK, 1965: An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* **52**, 591-611.
- SKALAR ANALYTICAL, B.V., 1993: Soil and Plant Analysis. Breda 1993, Publ. Nr. 0640693.
- STODDARD, F.L., C. BALKO, W. ERSKINE, H.R. KHAN, W. LINK, A. SARKER, 2005: Screening techniques and sources of resistance to abiotic stresses in cool – season food legumes. *Euphytica* **147**, 167-186.