

Unkrautunterdrückung und Unkrauttoleranz bei Weizensorten - relevante Eigenschaften für den Integrierten Pflanzenschutz

Weed suppression and weed tolerance of wheat cultivars - relevant traits for Integrated Pest Management

Arnd Verschwele

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12,
38104 Braunschweig
arnd.verschwele@jki.bund.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.058

Zusammenfassung

An einem Sortiment aus 10 Winterweizen-Sorten wurde untersucht, ob es sortenabhängige Effekte in Bezug auf die Unkrautunterdrückung gibt und ob darüber hinaus Verunkrautung und Bekämpfungsmaßnahmen den Kornertrag der Sorten unterschiedlich beeinflussen. In zwei Versuchsserien von 2005 bis 2010 konnte eine weite sortenspezifische Spannbreite in Bezug auf Beschattung und Unkrautunterdrückung ermittelt werden. In Versuchsserie A (2005-2007) wurde mit $r=0,87$ ein enger Zusammenhang zwischen der Sprossmasse des Modellunkrauts *Sinapis alba* und dem Lichteinfall durch den Bestand nachgewiesen. In der konkurrenzschwachen Weizensorte Dekan betrug die Unkraut-Sprossmasse folglich mehr als das 5-fache im Vergleich zur konkurrenzstarken Sorte Cubus.

Die mechanische Unkrautbekämpfung mit dem Striegel reduzierte in allen Sorten der Versuchsserie A die Bestandesdichte. Diese Effekte waren in den Sorten Bussard und Pegassos signifikant stärker als in den anderen geprüften Sorten. Weil die Verunkrautung insgesamt gering war und negative Striegeleffekte über eine höhere Kornzahl/Ähre kompensiert wurden, war die Ertragswirkung durch den Striegeleinsatz entgegen der Hypothese in allen geprüften Sorten gleich.

In Versuchsserie B (2008-2010) konnte durch die Aussaat des Modellunkrauts *Sinapis alba* stärkere Konkurrenzeffekte realisiert werden. Folglich wurde in den Varianten der Unkrautbekämpfung (a) Striegel, (b) 50 % Herbizid, (c) 100 % Herbizid im Durchschnitt der geprüften 8 Winterweizen-Sorten signifikante Mehrerträge von $1,23 \text{ t*ha}^{-1}$ (Striegel) bis $2,08 \text{ t*ha}^{-1}$ (100 % Herbizid) erzielt. Die Ertragsverluste durch das Modellunkraut waren bei den Sorten Cubus und Limes mit 6 % bzw. 7 % geringer als bei Boomer mit 15 %. Somit konnte die sortenspezifische Eigenschaft Unkrauttoleranz nachgewiesen werden. Es traten außerdem signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Unkrautbekämpfung auf. Der Ertragszuwachs durch die Bekämpfungsmaßnahmen (relativ zu Modellunkraut) betrug bei Bussard 5 % und lag damit deutlich unter dem Ergebnis der Sorte Impression (11 % Ertragszuwachs). Die Hypothese, dass Ertragseffekte durch mechanische oder chemische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen abhängig von der Weizensorte sein können, konnte somit bestätigt werden. Tendenziell waren diese Ertragseffekte umso stärker, je geringer die Konkurrenzkraft der Sorte war.

Stichwörter: Ertragsparameter, Herbiziddosis, Lichteinfall, Striegeln, Unkrautunterdrückung, Unkrauttoleranz, Züchtung

Abstract

An assortment of 10 winter wheat cultivars was tested for specific effects on weed suppression. Furthermore cultivar specific effects of weed infestation and weed control measures on the crop yield were investigated. Two trial series conducted from 2005 to 2010 demonstrated a wide cultivar specific range of shading capacity and weed suppression. Light penetration and the dry matter of the model weed *Sinapis alba* were highly correlated ($r=0.87$) in trial series A (2005-2007). Consequently, the weed dry matter in the less competitive cultivar Dekan was 5 times higher compared to the weak competitor Cubus.

Mechanical weed control by harrowing reduced ears density of all cultivars tested in trial series A. These reductions were significantly higher in the cultivars Bussard and Pegassos compared to the other cultivars. Since the weed infestation was low and negative crop effects by harrowing could be compensated by a higher number of kernels/ear, the yield effects were the same for all cultivars. Contrary to the hypothesis, a cultivar specific yield response by harrowing could not be assessed.

Higher competition effects by sowing the model weed *Sinapis alba* could be realised in trial series B (2008-2010). Consequently, the control measures (a) harrowing (b) 50% herbicide (c) 100% herbicide resulted in

significantly higher crop yields ranging from 1.23 t*ha⁻¹ (harrowing) to 2.08 t*ha⁻¹ (100% herbicide). The yield reduction caused by the model weed was not the same for all cultivars and was lower for the cultivars Cubus and Limes (6% and 7%) compared to Boomer (15%). Thus, weed tolerance could be identified as a cultivar specific trait. There were significant interactions between cultivar and weed control measures: The yield increase (relative to model weed) was 5% for Bussard, which was much lower compared to the treatment effects on the cultivar Impression (11%). The hypothesis that yield effects by mechanical and chemical weed control may be affected by the wheat cultivar, could be confirmed. These yield effects by trend increased while the competitiveness of the cultivar decreased.

Keywords: Breeding, harrowing, herbicide dosage, light penetration, weed suppression, weed tolerance, yield parameter

Einleitung

Vorbeugende und indirekte Maßnahmen bilden die Grundlage der Integrierten Unkrautbekämpfung. Sie sind nach Guter Fachlicher Praxis vorrangig vor der direkten Bekämpfung mit Herbiziden zu berücksichtigen. Obwohl die Grundprinzipien seit langem bekannt sind, haben nichtchemische Methoden z. B. durch die europäische Gesetzgebung, aber auch durch die zunehmende Herbizidresistenz-Problematik bei Unkräutern an Bedeutung gewonnen. Um vom Herbizideinsatz unabhängiger zu sein, sind konkurrenzstarke Getreidebestände eine wesentliche Grundvoraussetzung. Dass hier die Sortenwahl einen erheblichen Beitrag leisten kann, ist in einer Vielzahl von Forschungsarbeiten festgesellt worden (CHRISTENSEN, 1995; EISELE, 1992; LEMERLE *et al.*, 2001; VERSCHWELE und NIEMANN, 1990). Praktische Anwendung hat die Sortenwahl mit dem Ziel der Unkrautunterdrückung vor allem im Ökologischen Landbau gefunden. SCHMIDTKE *et al.* (2013) konnten zeigen, dass auch das aktuelle Weizensortiment in Bezug auf Beschattung und Unkrautunterdrückung eine weite Spannbreite aufweist.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, neben der Eigenschaft Unkrautunterdrückung weitere sortenspezifische Faktoren zu identifizieren, die einen Beitrag zum Unkrautmanagement leisten können. So ist bislang nicht ausreichend bekannt, ob Winterweizensorten auf Verunkrautung in gleicher Weise mit Ertragsrückgang reagieren. Diese sortenspezifische Eigenschaft, im folgenden Unkrauttoleranz genannt, ist tendenziell zum Beispiel für Kartoffeln (COLQUHOUN *et al.*, 2009) und Gerste (DHIMA *et al.*, 2010) nachgewiesen worden. RYAN *et al.* (2009) fanden, dass unkrautbedingte Ertragseffekte vom Produktionsverfahren abhängen und ermittelten Sortenunterschiede im Kornertrag zwischen Ökologischen und konventionellem Landbau. In den zurückliegenden Forschungsarbeiten wird jedoch selten zwischen Unkrautunterdrückung und Unkrauttoleranz unterschieden.

Eng verbunden ist damit die Frage, ob Ertragseffekte durch eine Unkrautbekämpfung mit Striegel und Herbizideinsatz unabhängig von der Weizensorte sind oder ob es hier ebenfalls sortenspezifische Reaktionen gibt. HANSEN *et al.* (2007) und RASMUSSEN *et al.* (2004) stellten fest, dass sowohl Bekämpfungserfolg als auch die Kulturschädigung (Striegelselektivität) durch Striegeln im Nachauflauf bei Getreidesorten unterschiedlich war. Ähnliche Effekte sollten im Prüfsortiment untersucht werden. Vor allem sollte untersucht werden, ob Winterweizen-Sorten in ihrem Ertragsaufbau spezifisch auf Striegeleinsätze reagieren und Ertragsverluste ggf. über den Ertragsaufbau kompensieren können.

Material und Methoden

Zur Untersuchung sortenspezifischer Konkurrenz- und Ertragseffekte wurden zwei Versuchsserien mit insgesamt 10 Winterweizen-Sorten im Freiland angelegt. Das Prüfsortiment sollte in Bezug auf Bestandes- und Ertrageigenschaften ein breites Spektrum widerspiegeln. Entsprechende Informationen stammten aus eigenen Vorversuchen, Bonituren von Landessortenversuchen sowie aus den Beschreibenden Sortenlisten (BUNDESSORTENAMT, 2004, 2009). Wegen der grundsätzlichen Fragestellungen wurden die Sorten nicht nach ihrer aktuellen Anbaubedeutung ausgewählt, sondern nach ihren Wuchseigenschaften. In Versuchsserie A wurde schwerpunktmäßig die Beziehung zwischen Beschattungsvermögen der Sorten und Unkrautwachstum analysiert.

Außerdem sollte hier geprüft werden, wie sich Striegelmaßnahmen auf die Ertragseigenschaften und den Kornertrag von Winterweizensorten auswirken. Die Versuchsserie B sollte vorrangig klären, ob nicht nur Striegel- sondern auch Herbizidmaßnahmen sortenspezifische Wirkungen haben und ob die damit erzielten Ertragseffekte auch abhängig von der Konkurrenzkraft der Sorten sind.

Versuchsserie A:

Von 2005 bis 2007 wurden 3 Feldversuche auf unterschiedlichen Versuchsflächen des Julius Kühn-Instituts östlich von Braunschweig durchgeführt. Diese Versuche waren als zweifaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen mit dem Faktor Winterweizensorte (Batis, Bussard, Cubus, Dekan, Limes, Pegassos) und dem Faktor Unkrautbekämpfung (Striegeln, Unbehandelt, Modellunkraut) angelegt. Dabei wurde der Striegel im Nachauflauf zweimalig zwischen dem 1.4. (BBCH 14-23) und 5.5. (BBCH 30-31) eingesetzt und zwar nur auf Flächen mit natürlicher Verunkrautung. In den Varianten Unbehandelt und Modellunkraut erfolgte keine Unkrautbekämpfung. Die Parzellengröße betrug 6 m * 15 m; die Aussaat und die sonstigen Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten praxisüblich und einheitlich über alle Sorten. Um eine in Bezug auf Dichte und Verteilung gleichmäßige Verunkrautung zu erreichen, erfolgte die Aussaat eines Modellunkrauts zu Vegetationsbeginn (*Sinapis alba*) mit einer angestrebten Dichte von 180 Pflanzen/m². Folgende Parameter wurden erfasst: Dichte und Spross-Trockenmasse von *Sinapis alba*, Lichteinfall am Boden (photosynthetisch aktive Strahlung, PAS) zu 2-3 Terminen (BBCH 21-25, 30-32, 51-59). Abschließend wurde in allen Varianten der Kornertrag sowie die Ertragsparameter Ähren je m², Körner je Ähre und Tausendkornmasse erfasst.

Versuchsserie B:

Von 2008 bis 2010 wurden 3 weitere Feldversuche auf dem JKI-Versuchsgut mit einem ähnlichen Versuchsdesign angelegt. Es wurden 8 Winterweizensorten geprüft (Bussard, Cubus, Dekan, Impression, Limes, Pegassos, Tiger, Tommi). Der zweite Faktor Unkrautbekämpfung umfasste folgende Varianten: Unbehandelt, Modellunkraut, Striegel, Herbizid mit 50 % und 100 % der Aufwandmenge. Gestriegelt wurde nur einmalig zwischen dem 16. und 22.4. (BBCH 21-25).

Folgende Herbizide wurden situationsbezogen je nach Jahr zwischen dem 2.4. und 21.4. appliziert (= 100 % Herbizid): 2008: 300 g/ha Atlantis WG + 0,7 l/ha Starane XL, 2009: 50 g/ha Artus + 60 g/ha Attribut, 2010: 50 g/ha Artus. Die Parzellengröße betrug 3 m * 20 m; die Aussaat und die sonstigen Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten praxisüblich und einheitlich über alle Sorten. In Bezug auf Modellunkraut und Erfassung der sorten- und unkrautspezifischen Parameter waren diese Versuche identisch zu Versuch A.

Zusammenfassend werden die Sorteneigenschaften mit folgenden Kennzahlen beschrieben und ausgewertet:

- a) Unkrautunterdrückung: Sprossmasse des Modellunkrauts und der natürlichen Verunkrautung, Korrelation zwischen Lichteinfall auf den Boden und Unkraut-Sprossmasse (Versuchsserie A)
- b) Striegelselektivität: relativer Kornertrag nach Striegeln (Variante Striegel) im Vergleich zu schwacher Verunkrautung (Variante Unbehandelt), relative Veränderung der Ertragsparameter durch Striegeln im Vergleich zu Unbehandelt (Versuchsserie A)
- c) Unkrauttoleranz: relativer Kornertrag bei starker Verunkrautung (Variante Modellunkraut) im Vergleich zu schwacher Verunkrautung (Variante Unbehandelt), relativer Kornertrag bei abgestufter Herbizidanwendung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Versuchsserie B)

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge im Versuchszeitraum 2005-2010 lag mit 663 mm über dem langjährigen Mittel für den Standort Braunschweig (Minimum: 474 mm, Maximum: 882 mm). Die durchschnittliche Jahrestemperatur lag im selben Zeitraum bei 9,8 °C (Minimum: 8,4 °C, Maximum: 10,5 °C). Die Versuchsstandorte weisen ein hohes Ertragspotenzial auf mit den vorherrschenden Bodenarten sandiger Lehm und stark schluffiger Ton.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm Statgraphic Centurion (Statpoint Technologies Inc., USA). Über multifaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) wurden Haupt- und

Wechselwirkungen der Faktoren Sorte, Behandlung und Jahr und das entsprechende Signifikanzniveau ermittelt. Soweit möglich, sind Grenzdifferenzen über Tukey-Tests ($p < 0,05$) angegeben. Bei Mittelwertvergleichen nach nichtparametrischen Verfahren kam der Kruskal-Wallis-Test zum Einsatz. Mittels Spearman-Rangkorrelation wurde analysiert, ob die Weizensorten unterschiedlich auf die Behandlungen reagierten. Für die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung, sowie für Korrelations- und Regressionsanalysen wurde MS Excel 2007 verwendet.

Ergebnisse

Versuchsserie A:

Weil die Weizensorten nach ihren morphologischen Eigenschaften ausgewählt wurden und eine weite Spannbreite in Bezug auf ihre Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern zeigen sollten, konnten erwartungsgemäß signifikante Unterschiede in Bezug auf den Lichteinfall auf den Boden (PAS %, siehe Abb. 1) festgestellt werden. Die Beschattungskraft der Sorten nahm im Durchschnitt der Versuchsjahre in folgender Reihenfolge ab (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Kruskal-Wallis-Test):

$$\text{Cubus}^a > \text{Bussard}^b > \text{Limes}^b > \text{Pegassos}^{bc} > \text{Dekan}^{bc} > \text{Batis}^c$$

Sorteneffekte traten in stärkerer Form bei der Unkraut-Sprossmasse (gemessen am Modellunkraut *Sinapis alba*) auf: Das Modellunkraut trat in einer Dichte von 164 Pflanzen/m² auf, die allerdings in allen Jahren schwach entwickelt waren (Spross-TM: 39 g *m⁻²). Die Verunkrautung in der Sorte Dekan betrug mehr als das 5-fache der Sorte Cubus. Eine ähnlich schwache Konkurrenzkraft zeigte die Weizensorte Batis. Die Rangfolge war im Mittel der drei Versuche wie folgt:

$$\text{Cubus}^a > \text{Pegassos}^{ab} \text{Limes}^{ab} > \text{Bussard}^{ab} > \text{Batis}^c > \text{Dekan}^c$$

Neben diesen deutlichen Sorteneffekten bei den Beschattungs- und Unkrautdaten traten auch signifikante Jahreseffekte sowie signifikante Wechselwirkungen von Sorte und Jahr auf. Die Abstufung der Sorten war folglich nicht in allen Jahren gleich, dennoch stellte sich die Sorte Cubus stets als die konkurrenzstärkste Sorte heraus, während Batis und Dekan in allen Jahren die stärkste Lichttransmission und Verunkrautung aufwiesen. Die Sorten Bussard, Limes und Pegassos können als durchschnittlich beschrieben werden. Die weitere Auswertung ergab einen engen Zusammenhang ($r = 0,87$) zwischen dem mittleren Lichteinfall durch den Bestand einer Sorte und der Sprossmasse des Modellunkrauts (Abb. 1).

Die Kornerträge der Weizensorten unterschieden sich signifikant. Allerdings gab es keine statistisch gesicherten Ertragseffekte durch das Striegeln und auch keine Wechselwirkungen zwischen Sorte und Striegel, d.h. die Ertragseffekte durch das Striegeln waren entgegen der Hypothese in allen Sorten gleich. Die Verunkrautung war jedoch in den Vergleichsparzellen mit der natürlichen Verunkrautung sehr gering. Es traten hier im Durchschnitt 31 Unkräuter*m⁻² auf, davon vor allem *Viola arvensis* und *Veronica hederifolia*. Daher kann man davon ausgehen, dass die Ertragseffekte in diesen Versuchen fast ausschließlich auf die Striegelmaßnahmen und weniger auf Unkrautkonkurrenz zurückzuführen sind. Unter Bedingungen mit starker Verunkrautung treten aber immer Kombinationseffekte auf: zum einen verringert der Striegeleinsatz den unkrautbedingten Ertragsverlust, zum anderen lässt sich eine Kulturschädigung (z. B. Verlust an Blattflächen und Trieben) durch die mechanische Einwirkung nicht vermeiden.

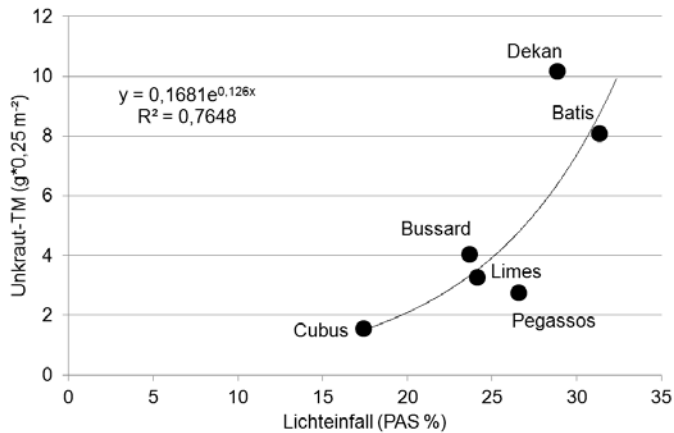


Abb. 1 Zusammenhang zwischen Lichteinfall durch den Bestand (PAS %) und Modellunkraut-TM (g * 0,25 m⁻²) bei 6 Winterweizensorten, Mittelwerte 2005-2007.

Fig. 1 Relationship between light penetration (PAS %) and model weed DM (Unkraut-TM (g * 0.25 m²)) for 6 winter wheat cultivars, mean values 2005-2007.

Die Versuche belegen, dass das Striegeln die Ertragsparameter der Sorten beeinflusste. So wurde die Bestandesdichte im Durchschnitt aller Sorten signifikant reduziert, wobei die Anzahl von Trieben bzw. Ähren umso stärker reduzierte je höher die Bestandesdichte der Sorte war. Die Sorten Bussard und Pegassos reagierten signifikant stärker als andere, so dass hier von einer sortentypischen Reaktion auf die Striegelmaßnahme gesprochen werden kann (Tab. 1). Jedoch konnten die Sorten diesen negativen Effekt zumindest teilweise über eine höhere Kornzahl je Ähre kompensieren, so dass der Kornertrag schließlich nicht signifikant durch den Striegeleinsatz beeinflusst wurde. (7,07 t*ha⁻¹). Die Ertragseffekte durch das Striegeln wichen zwischen den Sorten trotz einer Spannweite von -0,22 bis +0,15 t*ha⁻¹ nicht signifikant voneinander ab.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass in der Versuchsserie A signifikante Sorteneffekte in Bezug auf Beschattungsvermögen, Unkrautunterdrückung und beim Ertragsaufbau nachgewiesen werden konnten. Unkrautbedingte Ertragsverluste traten in den Versuchsjahren 2005-2007 nicht auf, sodass Aussagen über Sortenunterschiede hierzu nicht möglich sind.

Tab. 1 Einfluss eines zweimaligen Striegeleinsatzes im Nachauflauf auf die Ertragsparameter und den Kornertrag von 6 Winterweizensorten im Vergleich zu Unbehandelt, Mittelwerte 2005-2007.

Tab. 1 Effect of two times post emergence harrowing on yield parameters and yield of 6 winter wheat cultivars compared to Untreated, mean values 2005-2007.

Sorte	Ähren/m ² (n)	Körner/Ähre (n)	TKM (g)	Kornertrag (t*ha ⁻¹)
Batis	-41	+3	-1	-0,13
Bussard	-77*	+4	-1	+0,04
Cubus	+18	-1	0	-0,10
Dekan	-14	+1	-2	-0,22
Limes	-11	+2	-1	+0,11
Pegassos	-35*	+1	0	+0,15
Mittelwert in Unbehandelt	493	24	42	7,09

* signifikante Unterschiede nach Tukey-Test (p<0,05)

Versuchsserie B

In den Versuchen, die zwischen 2008 und 2010 mit 8 Winterweizensorten durchgeführt wurden, kam es im Gegensatz zu Versuchsserie A durch höhere Unkrautkonkurrenz in den Varianten Modellunkraut und Unbehandelt zu Ertragseinbußen. Folglich kam es bei allen Bekämpfungsmaßnahmen (Striegeln, 50 % Herbizid und 100 % Herbizid) zu signifikanten Ertragssteigerungen im Vergleich zur Variante Modellunkraut (Tab. 2).

Tab. 2 Kornertrag ($t \cdot ha^{-1}$) von 8 Winterweizen-Sorten nach unterschiedlichen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen (Striegel, 50 % Herbizid, 100 % Herbizid), Mittelwerte 2008-2010.

Tab. 2 Crop yield ($t \cdot ha^{-1}$) of 8 winter wheat cultivars after different weed control measures (harrowing, 50% herbicide, 100% herbicide), mean values 2008-2010.

Sorte	Modellunkraut	Unbehandelt ¹	Striegel	50 % Herbizid	100 % Herbizid
Boomer	7,53	8,86	9,02	9,85	9,81
Bussard	7,20	8,05	8,13	8,60	8,72
Cubus	7,87	8,40	8,70	9,41	9,81
Impression	7,48	8,42	8,95	9,67	9,76
Limes	7,72	8,33	8,83	9,51	9,87
Pegassos	7,00	8,31	8,37	9,09	9,34
Tiger	7,23	8,23	8,65	9,01	9,43
Tommi	7,66	8,74	8,84	9,54	9,61
Mittelwert	7,46	8,42	8,69	9,34	9,54
GD Tukey _{0,05}			0,64		

¹ Flächen mit natürlicher Verunkrautung (Mittelwert: 127 Unkräuter $\cdot m^{-2}$ zu Vegetationsbeginn, vorrangig VERSS, VIOAR und ALOMY)

Tab. 3 Spearman-Korrelationskoeffizient (r_s) und statistische Signifikanz (p) für den paarweisen Vergleich von Behandlungen in Bezug auf den Kornertrag von 8 Winterweizen-Sorten, Mittelwerte 2008-2010.

Tab. 3 Spearman's correlation coefficient (r_s) and statistical significance (p) for paired comparisons of treatments of the yield of 8 winter wheat cultivars, mean values 2008-2010.

Behandlung		Modellunkraut	Unbehandelt	Striegel	50 % Herbizid	100 % Herbizid
Modellunkraut	r_s		0,5476	0,5238	0,4762	0,8503
	p		0,1474	0,1658	0,2077	0,0245
Unbehandelt	r_s	0,5476 ¹		0,9286	0,9524	0,6108
	p	0,1474		0,0140	0,0117	0,1061
Striegel	r_s	0,5238 ¹	0,9286		0,9762	0,6946
	p	0,1658	0,0140		0,0098	0,0661
50 % Herbizid	r_s	0,4762 ¹	0,9524	0,9762		0,6707
	p	0,2077	0,0117	0,0098		0,0760
100 % Herbizid	r_s	0,8503	0,6108 ¹	0,6946 ¹	0,6707 ¹	
	p	0,0245	0,1061	0,0661	0,0760	

1) Rangfolge der Sorten in den Behandlungen unterschiedlich für $p < 0,05$

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse ergab, dass im Mittel der 8 Weizensorten alle drei Bekämpfungsverfahren zu signifikanten Ertragssteigerungen führten. Die starke Konkurrenz durch das Modellunkraut *Sinapis alba* verursachte signifikante Ertragsverluste im Vergleich zur gering verunkrauteten Variante Unbehandelt. Allerdings waren diese Verluste bei Cubus und Limes mit

6 % bzw. 7 % geringer als z. B. bei Boomer mit 15 %. Die Striegelmaßnahmen wirkten erwartungsgemäß insgesamt schwächer als die Herbizidbehandlungen. Mit Ausnahme von Boomer profitierten alle Sorten aufgrund der hohen Verunkrautung zusätzlich von der Steigerung von 50 % auf 100 % der verwendeten Herbiziddosis.

Die Analyse mittels Spearman-Rangkorrelation ergab, dass die Ertragsreaktion (Tab. 2) der Weizensorten für folgende paarweisen Vergleiche identisch war: Modellunkraut - 100 % Herbizid, Unbehandelt -Striegel, Unbehandelt -50 % Herbizid, Striegel -50 % Herbizid (Tab. 3).

Mit großer Wahrscheinlichkeit ($p < 0,08$) wirkten sämtliche geprüfte Bekämpfungsmaßnahmen auf die Weizensorten in gleicher Weise, während die Sorten-Rangfolge bei starker Unkrautkonkurrenz (Variante Modellunkraut) sich von der Rangfolge im Ertrag bei geringer Verunkrautung (Unbehandelt) und nach Striegeln unterschied.

Die relativen Ertragseffekte durch die Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung waren sortenabhängig und wiesen eine weite Spannweite auf: So war der Ertragszuwachs (% zu Modellunkraut) bei Bussard mit 5,3 % signifikant geringer als bei der Sorte Impression (11,8 %). Auch in Bezug auf die Unkrautunterdrückung unterschieden sich die Weizensorten deutlich: die Sprossmasse des Modellunkrauts *Sinapis alba* lag bei Bussard und Cubus um 17 % bzw. 16 % unter dem Mittelwert aller Sorten, während sie bei Limes und Impression 15 % bzw. 16 % darüber lagen (Abb. 2).

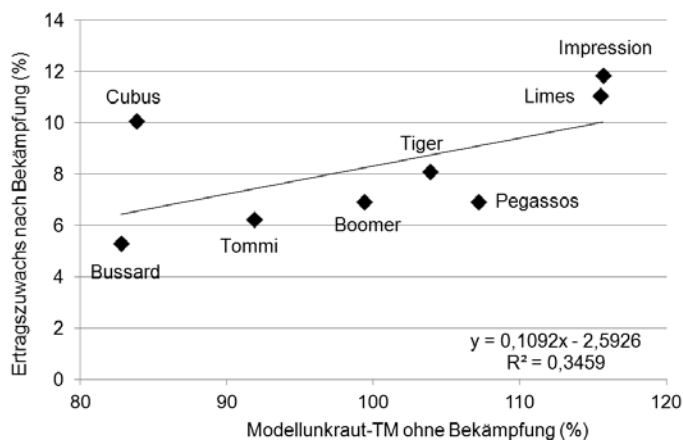


Abb. 2 Zusammenhang zwischen Modellunkraut-TM ohne Bekämpfung (%) und Ertragszuwachs durch Bekämpfung (Mittelwerte von Striegel, 50 % Herbizid, 100 % Herbizid) bei 8 Winterweizensorten), Mittelwerte von 2008-2010.

Fig. 2 Relationship between model weed DM without control weed (Modellunkraut-TM ohne Bekämpfung (%)) and yield increase by weed control (mean values of harrowing, 50% herbicide, 100% herbicide) for 8 winter wheat cultivars), mean values from 2008-2010.

Darüber hinaus wird in Abbildung 2 deutlich, dass die geprüften Weizensorten umso stärker mit Ertragszuwachs reagierten, je höher die Modellunkraut-Sprossmasse ohne Behandlung war (dargestellt als prozentuale Abweichung zum Mittelwert aller Sorten). Ertragszuwächse durch die Unkrautbekämpfung waren demnach sortenabhängig und tendenziell umso größer, je geringer die Konkurrenzskraft der Weizensorte war.

Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen, dass Winterweizen-Sorten mit starker Beschattungsleistung und Konkurrenzskraft einen wesentlichen Beitrag zur Integrierten Unkrautregulierung leisten können.

Obwohl in den vorliegenden Untersuchungen nur 10 Winterweizen-Sorten geprüft worden sind, kann davon ausgegangen werden, dass im aktuellen Weizensortiment die Spannweite in Bezug auf Unkrautunterdrückung groß ist. Das zeigen eigene Bonituren sowie Untersuchungen von SCHMIDTKE *et al.* (2013). Bei der Beschattung traten auch deutliche Jahreseffekte auf, Standorteinflüsse, konnten im Rahmen dieses Vorhabens nicht ausreichend geprüft werden. Weil aber sortentypische homogene und beständige Merkmale wie Blatthaltung und Wuchshöhe die Konkurrenzkraft bestimmen, sind Einstufungen der Weizensorten weitgehend unabhängig vom Standort. MEYERCORDT *et al.* (2012) konnten im orthogonalen Vergleich an über 20 Standorten im Bundesgebiet eindeutig konkurrenzstarke von schwachen Winterweizen-Sorten trennen. Neben den bekannten morphologischen Merkmalen können unter ungünstigen Witterungsbedingungen zusätzlich Eigenschaften wie die Winterfestigkeit für die Unkrautunterdrückung einer Sorte entscheidend sein. Wechselwirkungen mit der Anbautechnik sind ebenfalls zu erwarten. Die Blatthaltung spielt z. B. für die Konkurrenzkraft eines Getreidebestandes bei weiteren Reihenabständen oder lückigen Beständen eine größere Rolle als die Wuchshöhe (DREWS *et al.*, 2009).

Insgesamt liegen umfangreiche Daten und Erkenntnisse vor, die eine Bewertung der sorteneigenen Konkurrenzkraft ermöglichen. Dagegen bestehen Wissenslücken darüber, wie Sorten ihrerseits durch Unkräuter und durch Bekämpfungsmaßnahmen beeinflusst werden. Während die eingesetzten Herbizide, zumindest soweit in den Versuchen visuell feststellbar, nicht phytotoxisch wirkten, reduzierte der zweifache Striegeleinsatz im Nachauflauf die Bestandesdichte fast aller Sorten. Selektivitätsunterschiede zwischen den Sorten traten zwar bei der Bestandesdichte auf, in Bezug auf den Kornertrag verhielten sich aber alle Sorten gleich. Für Weizensorten mit hohem Bestockungsvermögen war das Striegeln nicht verträglicher als für die anderen geprüften Sorten. RASMUSSEN *et al.* (2004), die bei Gerste Sorteneffekte durch Striegeln feststellen konnten, fanden heraus, dass tendenziell Sorten mit hohem Blattflächenindex stärker geschädigt wurden. Ob diese Art der kontraproduktiven Beziehung auch für das aktuelle Winterweizen-Sortiment in Deutschland zutrifft, ist bislang nicht bekannt. Aufgrund der Vielzahl von Einflussgrößen für eine effektive, aber kulturschonende Unkrautbekämpfung mittels Striegeln, z. B. Behandlungszeitpunkt, Fahrgeschwindigkeit, Geräteeinstellung, Bodenzustand scheint der Sortenfrage für die Striegelselektivität jedoch nach derzeitigem Kenntnisstand eine geringe Bedeutung zuzukommen.

Mit Ausnahme der Weizensorte Cubus gab es im geprüften Sortiment keine weitere Sorte, die bei den Eigenschaften Unkrautunterdrückung und Striegelselektivität weder positiv noch negativ einheitlich auffiel. Auch HANSEN *et al.* (2007) und Rasmussen *et al.* (2009) stellten fest, dass diese beiden Eigenschaften nicht miteinander korreliert sind.

Neben den sortenbedingten Eigenschaften Unkrautunterdrückung und Striegelempfindlichkeit wurde der Frage nachgegangen, ob Winterweizen-Sorten sich in Bezug auf Unkrauttoleranz unterscheiden. In der Literatur wird oft nicht zwischen den Begriffen Unkrautunterdrückung und Unkrauttoleranz unterschieden. Für einige Kulturen wurde eine sortentypische Unkrauttoleranz jedoch nachgewiesen, z. B. für Kartoffeln (COLQUHOUN *et al.*, 2009) und Gerste (DHIMA *et al.*, 2010). In den eigenen Versuchen konnten mit Cubus und Limes zwei Sorten identifiziert werden, bei denen starker Unkrautdruck (durch das Modellunkraut *Sinapis arvensis*) geringere Ertragseinbußen verursachte als bei den anderen Sorten. Bezieht man zusätzlich die Unkrauttoleranz in die Gesamtbewertung mit ein, gibt es mit Cubus nur eine Sorte, die sich in Bezug auf alle drei Konkurrenz-Eigenschaften positiv hervorhebt.

Auf Basis der eigenen Versuchsergebnisse und anderer Forschungsarbeiten kommt der Unkrautunterdrückung durch Sortenwahl offensichtlich eine größere Bedeutung zu als die Eigenschaften Striegelselektivität und Unkrauttoleranz. Über visuelle Bonituren kann die sortenspezifische Konkurrenzkraft vergleichsweise einfach und verlässlich bonitiert werden (EISELE, 1992; VERSCHWELE, 1994). Entsprechende Empfehlungen für Wertprüfungen und Landessortenversuche sind zwar bereits von Experten erarbeitet worden (STEINBERGER, 2003),

bislang werden die relevanten Merkmale jedoch nicht systematisch erfasst und, z. B. über die Beschreibende Sortenliste, publiziert.

So wie der Ökologische Landbau die Sortenwahl zur Unkrautunterdrückung bereits nutzt, sollte auch der Integrierte Landbau dieses Instrument stärker als bisher berücksichtigen. Damit werden auch gesetzliche Anforderungen erfüllt, die sich z. B. aus der Richtlinie 2009/128/EG (über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden) ergeben. Schließlich sollte die Sortenwahl als Baustein für ein umfassendes Herbizid-Resistenzmanagement genutzt werden, um die Abhängigkeit von Herbiziden zu verringern. So heben LEMERLE *et al.* (2001) und LUTMAN *et al.* (2013) die Bedeutung der Sortenwahl für die Bekämpfung resistenzgefährdeter Unkrautarten wie *Lolium rigidum* und *Alopecurus myosuroides* hervor. Sofern eine Resistenzgefahr vorliegt, unterstützen konkurrenzstarke Sorten die notwendigen hohen Wirkungsgrade. Besteht jedoch kein derartiges Risiko, sollte die Sortenwahl dafür genutzt werden, die Herbizid-Aufwandmenge zu reduzieren. Frühere Untersuchungen ergaben, dass in einer konkurrenzstarken Weizensorte bereits ein Drittel der zugelassenen Herbiziddosis denselben hohen Wirkungsgrad erzielte, der in einer konkurrenzschwachen Sorte nur mit der vollen Dosis zu erreichen war (Verschwele, 1994).

Um das Potenzial von Weizensorten für den Integrierten und Ökologischen Landbau auszuschöpfen, sollten die Eigenschaften Unkrautunterdrückung und Unkrauttoleranz auch in der Züchtung beachtet werden.

Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei Frau Martina Kracht und Herrn Werner Löhr für die Unterstützung und technische Durchführung der Versuche.

Literatur

- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.), 2004,2009: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- CHRISTENSEN, S., 1995: Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research* **35**, 241–247.
- COLQUHOUN, J.B., C.M. KONIECZKA, und R.A. RITTMAYER, 2009: Ability of Potato Cultivars to Tolerate and Suppress Weeds. *Weed Technology* **23**, 287–291.
- DHIMA, K., I. VASILAKOGLU, T. GATSIS und I. ELEFTHEROHORINOS, 2010: Competitive interactions of fifty barley cultivars with *Avena sterilis* and *Asperugo procumbens*, *Field Crops Research* **117**, 90–100.
- DREWS, S.; D. NEUHOFF und U. KÖPKE, 2009: Weed suppression ability of three winter wheat varieties at different row spacing under organic farming conditions. *Weed Research* **49**, 526–533.
- EISELE, J., 1992: Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern. Dissertation, Universität Bonn, Institut für Organischen Landbau.
- HANSEN P.K., I.A. RASMUSSEN, N. HOLST und C. ANDREASEN, 2007: Tolerance of four spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties to weed harrowing, *Weed Research* **47**, 241–251.
- LEMERLE, D., G.S. GILL, C.E. MURPHY, S.R. WALKER, R.D. COUSENS, S. MOKHTARI, S. J. PELTZER, R. COLEMAN und D.J. LUCKETT, 2001: Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. *Australian Journal of Agricultural Research* **52**, 527–548.
- LUTMAN P.J.W., S.R. MOSS, S. COOK und S.J. WELHAM, 2013: A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research* **53**, 299–310.
- MEYERCORDT, A.; M. MÜCKE, K. SEIDEL, G. LUX, K. SCHMIDTKE und B. WUNDERLICH, 2012: Verbesserung der Vergleichbarkeit gemeinsamer Öko-Landessortenversuche und deren Auswirkung auf Ökowerkprüfungen und die Fortschreibung Wert bestimmender Sorteneigenschaften in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes, Abschlussbericht zum Verbundvorhaben BOELN 2809OE 009 und BOELN 2809OE 010, www.orgprints.org/22860/
- RASMUSSEN, J., J.I. KURTZMANN und A. JENSEN, 2004: Tolerance of competitive spring barley cultivars to weed harrowing. *Weed Research* **44**, 446–452.
- RASMUSSEN, J., H. H. NIELSEN und H. GUNDERSEN, 2009: Tolerance and selectivity of cereal species and cultivars to post emergence weed harrowing. *Weed Science* **57**, 338–345
- RYAN, M.R., R.G. SMITH, J.R. MORTENSEN, J.R. TEASDALE, W.S. CURRAN, R. SEIDEL und D.L. SHUMWAY, 2009: Weed–crop competition relationships differ between organic and conventional cropping systems. *Weed Research* **49**, 572–580.

26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 11.-13. März 2014 in Braunschweig

- SCHMIDTKE, K., B. WUNDERLICH und A. MEYERCORDT, 2013: Lassen sich Winterweizensorten hinsichtlich ihres Beschattungsvermögens statistisch gesichert in Landessortenversuchen voneinander unterscheiden? In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm und U. Köpke (Hrsg.): Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin, 184-187.
- STEINBERGER, J. (Hrsg.), 2003: Workshop Züchtung für den Ökologischen Landbau - Kurzfassung der Vorträge und Stellungnahmen sowie Zusammenfassung der Ergebnisse, Bundessortenamt, Hannover, 14.-15.05.2003.
- VERSCHWELE, A und P. NIEMANN, 1990: Indirekte Unkrautbekämpfung durch Sortenwahl bei Getreide. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 266, 397.
- VERSCHWELE, A., 1994: Sortenspezifische Kulturkonkurrenz bei Winterweizen als begrenzender Faktor für das Unkrautwachstum. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.