

Schadwirkung von Ausfallraps in Weizen in Abhängigkeit der Unkrautdichte

Competitive effects of volunteer oilseed rape in wheat depending on the weed density

Christoph Krato* & Jan Petersen

University of Applied Sciences Bingen, Fachbereich Life Sciences and Engineering, Berlinstraße 109, D-55411 Bingen (am Rhein)

*Korrespondierender Autor, krato@fh-bingen.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.055

Zusammenfassung

Unkräuter sind ein ertragsmindernder Faktor in der pflanzlichen Produktion. Sie konkurrieren mit der Kulturpflanze um limitierende Faktoren wie Platz, Nährstoffe, Wasser und Licht. In unseren Breiten können auch Kulturpflanzen, insbesondere Raps, als Unkraut in nachgebauten Fruchtfolgegliedern auftreten. Unter anderem wird Ausfallraps in Getreide mit Acetolactatsynthase (ALS)-Inhibitoren erfasst. Durch den Anbau von Clearfield®-Rapsorten wird sich die Ausfallrapskontrolle aufgrund der verminderten ALS-Empfindlichkeit der Ausfallrapspflanzen aber verändern. In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss unterschiedlicher, nicht bekämpfter Ausfallrapsdichten auf Ertrags- und Qualitätsparameter bei Sommer- und Winterweizen untersucht. Signifikant negative Korrelationen wurden für die Parameter Ährenanzahl, Hektolitergewicht und Ertrag ermittelt. Die Parameter Feuchte und Besatz unterlagen einer positiven Korrelation. Das Tausendkorngewicht und der Rohproteingehalt wurden nicht signifikant beeinflusst. Basierend auf einer Regressionsanalyse hatte ein Besatz von einer Ausfallrapspflanze pro m² Ertragsverluste zwischen 0,74 und 1,61 % zur Folge. Durch die Anpassung des Herbizidregimes und der Einhaltung der guten fachlichen Praxis (richtiger Erntetermin, verlustarme Erntetechnik, mechanische Ausfallrapsbekämpfung, Fruchtfolge) sollte Ausfallraps im Allgemeinen und Imidazolinon-toleranter Ausfallraps im Speziellen keine relevanten Ertragsverluste in nachgebauten Getreide hervorrufen.

Stichwörter: Ausfallrapsmanagement, Besatz-Verlust Relation, Clearfield®, Ertragsverlust, Unkrautkonkurrenz

Summary

Weeds are a major factor for yield losses in crop production. They compete with the crop for limiting factors such as space, nutrients, water and light. Crop plants themselves can occur as weeds in crop rotations (e.g. oilseed rape). In general, volunteer oilseed rape in cereals is successfully controlled by acetolactate synthase (ALS) inhibitors. When growing Clearfield® oilseed rape, the control of volunteer oilseed rape plants must be adjusted towards their ALS-tolerance. In the present study, the influence of different oilseed rape densities on yield and quality parameters of spring- and winter wheat was investigated. Significant negative correlations were detected for the parameters heads/m², hectoliter weight and yield. The moisture content and the dockage were subjected to a positive correlation. Based on a non-linear regression analysis, even an infestation with one volunteer plant/m² resulted in a possible yield loss of 0.74 to 1.61 %. We conclude that an adjustment of the herbicide regime along with good farmers' practice (harvest date of oilseed rape, harvest technique, mechanical volunteer control, crop rotation) result in a successful volunteer control. Oilseed rape volunteers in general and Imidazolinone-tolerant volunteers in special will have no relevant impact on yield of subsequent cereals accordingly.

Keywords: Clearfield®, crop-weed competition, volunteer management, yield loss

1. Einleitung

In der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion stehen die angebauten Kulturpflanzen in Konkurrenz zu natürlich vorkommenden Begleitpflanzen. Diese, als Unkräuter bezeichneten Pflanzen, sind innerhalb der Nutzungssysteme unerwünscht (NAYLOR und LUTMAN, 2002). Unkrautkonkurrenz ist einer der wichtigsten biologischen Einflussfaktoren zur Verminderung des Ertrags. Unkräuter verbrauchen Umweltressourcen wie Nährstoffe, Wasser, Licht und Platz, die eigentlich den Kulturpflanzen zur Verfügung stehen sollen. In unterschiedlichen Studien hat sich gezeigt, dass Unkräuter, die zeitgleich mit der Kulturpflanze oder kurz danach auflaufen, höhere Ertragsverluste hervorrufen können, als Unkräuter, die zu einem späteren Entwicklungsstadium keimen (KROPF, 1988; SWANTON et al., 1999). Ertragsverluste durch Unkräuter sind für alle bedeutenden, weltweit

angebauten Kulturen, messbar. In Zuckerrüben werden die höchsten Ertragsverluste von bis zu 95 % durch sehr wüchsige Unkräuter wie *Sinapis arvensis* und *Chenopodium album* verursacht. Ein Besatz mit *Galium aparine* im Rapsanbau führt vor allem zu einer Erschwerung der Ernte und einer Verminderung der Qualität des Erntegutes. Darüber hinaus können hohe Besatzdichten monokotyler Unkräuter zu Ertragseinbußen zwischen 16 und 78 % führen (FROUD-WILLIAMS, 2002). Der jährliche Ertragsverlust für Getreide, verursacht durch *Avena* spp., wurde beispielsweise auf ca. 2,7 Mio t geschätzt (FROUD-WILLIAMS, 1999). Ein Ertragsverlust zwischen 3 und 30 % wurde für Winterweizen bei Besatz mit *Aegilops cylindrica* ermittelt (YOUNG et al., 2000).

Auch Kulturpflanzen können in Folgegliedern der Fruchtfolge als Unkräuter bzw. Ungräser auftreten. Diesbezüglich besitzt besonders Raps aufgrund seiner Populationsdynamik ein hohes Potential. Vor und während der Rapsernte entstehen unvermeidliche Samenverluste, die sich auf eine Menge von 107 kg/ha bzw. 5,9 % der geernteten Samenmenge belaufen können. Dies entspricht einem durchschnittlichen Sameneintrag von 3000 Samen/m² (GULDEN et al., 2003). Diese Samen können in den nachfolgenden Kulturen als Ausfallraps auflaufen und bei mangelnder Kontrolle kulturschädigend sein. Mit der europaweiten Einführung Imidazolinon-toleranter Winterrippsorten kann die altbekannte Ausfallrapsproblematik neue Relevanz erhalten, wenn die partielle Kreuzresistenz der Ausfallrapspflanzen gegenüber ALS-Inhibitoren nicht beachtet wird.

Modelle zur Beschreibung des Konkurrenzverhältnisses zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern sind essentiell, um die ökonomische Notwendigkeit eines Herbizideinsatzes zu bewerten. Ein grundlegendes Entscheidungskriterium bildet dabei das Wissen über die mögliche Schädigung eines Unkrautbesatzes im Kulturpflanzenbestand (COUSENS, 1985). Um den negativen Einfluss von Ausfallraps auf Ertrags- und Qualitätsparameter des Getreides zu untersuchen, wurden zweijährige Feldversuche an der Fachhochschule Bingen durchgeführt.

2. Material und Methoden

2.1 Besatz-Verlust Relation

Die Winterweizensorte (WW) ‚JB Asano‘ wurde am 22. September 2009 und 2010, die Sommerweizensorte (SW) ‚Kadrij‘ am 18 März 2009 bzw. am 08 März 2010 auf Ackerflächen in Bingen ausgesät (89 m ü.N.N., 9,9 °C, 548 mm, Bodenart sL). Das Saatgut wurde mit einer Praxissämaschine (Typ: Amazone Drillstar RP AD 302, Doppelscheibenschar) ausgebracht. Die Körner wurden mit einer Dichte von 300 Körnern/m² in eine Tiefe von 3 bis 4 cm abgelegt. Der Reihenabstand betrug 12,5 cm. Die Vorfrüchte waren Mais (WW) und Winterweizen (SW). Die Bodenbearbeitung vor der Saat wurde pfluglos durchgeführt. Rapsamen wurden mit einer Parzellensämaschine (Typ: Hege 500, Doppelscheibenschar) direkt in die Kultur gesät (am Tag der Weizenaussaat), um einen Besatz mit Ausfallraps zu simulieren. Die Rapsamen wurden in eine Tiefe von 2 cm abgelegt. Der Reihenabstand war ebenfalls 12,5 cm. Im Versuchsjahr 2009 wurden die Rapsamen mit einer ansteigenden Dichte von 0, 5, 10, 20, 40, 80 und 160 Körner/m² gesät. Im zweiten Versuchsjahr wurde eine zusätzliche Variante mit 320 Körnern/m² eingerichtet. Verwendete Rapsorten waren: ‚CL_OSR_0004‘ (homozygot imidazolinon-tolerant) als Winterraps (WR) in Winterweizen und Sommerweizen in 2009, ‚Campino‘ als Sommerraps (SR) in Sommerweizen in 2009, ‚CL_OSR_0002‘ (homozygot Imidazolinon-tolerant) als Winterraps in Winterweizen und Sommerweizen in 2010 und ‚Salsa_CL‘ (homozygot Imidazolinon-tolerant) als Sommerraps in Sommerweizen in 2010. Alle Rapsorten wurden von BASF SE Limburgerhof zur Verfügung gestellt. Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen mit vier Wiederholungen angelegt. Zu Beginn der Versuche wurde jeweils Schneckenkorn (Wirkstoff Metaldehyd) mit 3 kg/ha ausgebracht. Zur Ausschaltung der Unkrautbegleitflora in den Versuchspartellen wurden verschiedene Herbizidmaßnahmen durchgeführt. Verwendet wurden die Wirkstoffe Tribenuron und Pinoxaden im Winterweizen sowie Picloram, Clopyralid, Metsulfuron und Thifensulfuron im Sommerweizen. Aufgrund der partiellen Kreuzresistenz Imidazolinon-toleranter Rapsorten gegen ALS-Inhibitoren konnte eine Verträglichkeit der Herbizide bei den Ausfallrapspflanzen gewährleistet werden. Die Applikation der Herbizide erfolgte mit einer Parzellenspritze ‚Agrotop‘ (Airmix 110-025 Flachstrahldüse) mit einem Druck von 210 kPa, einer Wassermenge von 200 l/ha und einer Geschwindigkeit von 4,5 km/h. Das Unkraut *Chenopodium*

album konnte mit den Herbizidmaßnahmen im Sommerweizen nicht kontrolliert werden und wurde deshalb per Hand aus den Parzellen entfernt. Die jährliche Flächendüngung betrug 180 kg N/ha.

2.2 Herbizidversuch zur Ausfallrapskontrolle in Winterweizen

Im Versuchsjahr 2010/2011 wurde ein Herbizidversuch zur Ausfallrapskontrolle in Winterweizen durchgeführt. Auch hier wurde die Winterweizensorte 'JB Asano' verwendet und zu zwei Terminen (22.09.2010 und 06.10.2010) auf einer Ackerfläche in Bingen ausgesät (89 m ü.N.N., 9,9 °C, 548 mm, Bodenart sL). Imidazolinon-toleranter (IT) und Imidazolinon-empfindlicher (IS) Ausfallrap wurde mit 100 Körnern/m² in die Kultur gesät. Die verwendete Saattechnik entsprach der in Abschnitt 2.1 beschriebenen. Zur Ausfallrapbekämpfung wurden insgesamt 13 verschiedene Herbizidvarianten durchgeführt (Tab. 1). Die Applikationstechnik entsprach ebenfalls der in Abschnitt 2.1 beschriebenen.

Tab. 1 Herbizidvarianten zur Kontrolle von IS- und IT-Ausfallrap in Winterweizen (Bingen 2010-11).

Tab. 1 *Herbicide treatments to control IS- and IT-volunteer oilseed rape in winter wheat (Bingen 2010-11).*

| Herbizid | Wirkstoff | Aufwandmenge | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| | | Produkt [kg,l/ha] | Applikations- zeitpunkt |
| Unbehandelt | - | - | - |
| Picon + IPU | Pendimethalin, Picolinafen, IPU | 2,5+1,5 | BBCH 11-12 |
| Stomp Aqua + Lexus | Pendimethalin, Flupyrsulfuron | 2,5+0,02 | BBCH 11-12 |
| Falcon | Penoxsulam, Diflufenikan | 1,0 | BBCH 11-12 |
| Primus | Florasulam | 0,15 | BBCH 11-12 |
| Lexus | Flupyrsulfuron | 0,02 | BBCH 11-12 |
| Herold | Diflufenikan, Flufenacet | 0,6 | BBCH 11-12 |
| Pico | Picolinafen | 0,13 | BBCH 11-12 |
| Bacara Forte | Diflufenikan, Flufenacet, Flurtamone | 1,0 | BBCH 11-12 |
| Biathlon | Tritosulfuron | 0,07 | Start Vegetation |
| BAS 812 H | Tritosulfuron, Florasulam | 0,07+0,15 | Start Vegetation |
| Attribut | Propoxycarbazone | 0,1 | Start Vegetation |
| Basagran DP | Bentazon, Dichlorprop-p | 3,0 | Start Vegetation |

2.3 Datenerhebung und Auswertung

Die Ausfallrapsdichte wurde in allen Versuchen mit drei Pseudowiederholungen pro Parzelle bestimmt. Die erfassten Dichten wurden für die weitere statistische Auswertung verwendet. In den Besatz-Verlust Versuchen wurde die Anzahl der Ähren pro m² ebenfalls mit drei Pseudowiederholungen pro Parzelle kurz vor der Ernte gezählt. Alle Zählungen wurden mit einem Göttinger Zählrahmen (0,25 m²) durchgeführt. Die Feldversuche wurden unter Verwendung eines Parzellenmähdreschers (Typ Hege 140) geerntet. Die Erntezeitpunkte der Besatz-Verlust Versuche waren der 20.07.2010 bzw. 12.07.2011 für Winterweizen und der 02.08.2011 bzw. 01.08.2011 für Sommerweizen. Der Herbizidversuch wurde am 12.07.2011 (früher Saattermin WW) bzw. am 15.07.2011 (später Saattermin WW) beerntet. Der prozentuale Besatz der Ernteguts wurde mit einer Probenreinigungsanlage (Sample cleaner SLN, Rationel Kornservice, Dänemark) bestimmt. Die Feuchte des Erntegutes wurde für eine Teilmischprobe pro Parzelle durch Einlagerung in einen Trockenschrank (48 h, 100 °C) ermittelt. Drei Pseudowiederholungen à 200 Körner wurden pro Parzelle gewogen, um das Tausendkorngewicht zu berechnen. Als Qualitätsparameter wurden das Hektolitergewicht mit einem Getreideprober (Kern 822.403) und der Rohproteingehalt unter Anwendung eines Inframatic 8100 (Fa. Perten) für eine Teilmischprobe pro Parzelle erfasst.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SigmaPlot 11.0 (Sysstat Software, Inc). Die Daten

wurden auf Normalverteilung (Shapiro-Wilks) und Varianzhomogenität geprüft. Um einen Zusammenhang zwischen der Ausfallrapsdichte und den erfassten Ertrags- und Qualitätsparametern zu überprüfen, wurden Pearsonsche Produkt-Moment Korrelationen bzw. Rangkorrelationen nach Spearman durchgeführt. Der Ertragsverlust des Getreides in Abhängigkeit der Ausfallrapsdichte wurde unter Verwendung einer hyperbolischen Funktion nach COUSENS (1985) kalkuliert:

$$f = (a \cdot x) / (1 + (a \cdot x / b))$$

f = Ertragsverlust
a = Ertragsverlust wenn $x \rightarrow 0$
X = Ausfallrapsdichte
b = Ertragsverlust wenn $x \rightarrow \infty$

Die Ertragsdaten des Herbizidversuchs wurden, getrennt nach Saatzeitpunkt Winterweizen und Rapsgenotyp, mit einer einfaktorien Varianzanalyse, gefolgt von multiplen Mittelwertvergleichen nach Tukey ($\alpha = 0,05$) ausgewertet. Eine Kennzeichnung signifikanter Unterschiede erfolgte durch Kleinbuchstaben. Unterschiede zwischen den Rapsgenotypen innerhalb der Datenkombination Herbizidbehandlung x Saatzeitpunkt Winterweizen wurden mit einem t-test ($\alpha = 0,05$) ermittelt. Signifikante Unterschiede wurden fett markiert.

3. Ergebnisse

3.1 Besatz-Verlust Relation

Die tatsächliche Ausfallrapsmenge lag in den Versuchen generell unter dem Niveau der ausgebrachten Samenmenge (Differenz 12-41 %). Ein ausreichender Besatz konnte aber etabliert werden. Ausnahme bildete der Versuch WW x WR 2009/2010. Durch einen sehr starken Schneckenbefall, sowohl nach dem Auflaufen als auch im Frühjahr, wurde die Ausfallrapsdichte signifikant dezimiert. Nach Vegetationsstart 2010 wurden, verglichen mit den Saatstärken, nur $0,5 \pm 1,9$; $0,5 \pm 1$; $2 \pm 1,3$; $4,5 \pm 5,4$; $9,5 \pm 6$ und $31,5 \pm 12,2$ Rapspflanzen/m² gezählt. Für diesen Versuch konnte eine Korrelation ausschließlich für den Parameter Ertrag nachgewiesen werden ($r = -0,57$). Zwischen den anderen Parametern und der Ausfallrapsdichte konnten keine signifikanten Beziehungen ermittelt werden. Generell lässt sich festhalten, dass die Ährenanzahl, das Hektolitergewicht sowie der Ertrag negativen Korrelationen mit der Ausfallrapsdichte unterlagen (Tab. 2).

Tab. 2 Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen Einflussvariable 'Ausfallrapsdichte' und die erfassten Zielvariablen.

Tab. 2 Correlation coefficients for the relationship between the independent variable 'volunteer density' and the different depending variables.

| Versuch | Ähren/m ² | Feuchte- gehalt [%] | Besatz [%] | hl [kg] | TKG [g] | Rohprotein [%] | Ertrag [dt/ha] |
|---------|----------------------|------------------------|------------|----------|---------|-------------------|-------------------|
| WW x WR | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | -0,57** |
| SW x WR | -0,9*** | 0,77*** | 0,48* | -0,55* | 0,56** | -0,74*** | -0,82*** |
| SW x SR | -0,82*** | 0,78*** | 0,75*** | 0,74*** | n.s. | -0,65*** | -0,48* |
| WW x WR | -0,97*** | 0,46** | 0,75*** | -0,66*** | n.s. | n.s. | -0,95*** |
| SW x WR | -0,83*** | 0,63*** | 0,47** | -0,46** | n.s. | n.s. | -0,84*** |
| SW x SR | -0,83*** | 0,9*** | 0,82*** | -0,66*** | n.s. | -0,4* | -0,51** |

n.s. = nicht signifikant, * = signifikant ($p < 0,05$), ** = hoch signifikant ($p < 0,01$), *** = höchst signifikant ($p < 0,001$), WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen, WR = Winterraps, SR = Sommerraps, hl = Hektolitergewicht, TKG = Tausendkorngewicht

Die Parameter nahmen ab, sobald die Einflussvariable Ausfallrapsdichte zunahm. Für die Parameter Feuchtegehalt und Besatz zeigten sich positive Korrelationen zwischen Einfluss- und Zielvariable. Das Tausendkorngewicht stieg nur im Versuchsjahr 2010 für die Kombination SW x WR mit zunehmender

Ausfallrapsdichte signifikant an. Hatte der Sommerweizen ohne Unkrautkonkurrenz ein mittleres Tausendkorngewicht von 36,3 g, stieg der Wert bei einer Ausfallrapsdichte von 90 Pflanzen/m² auf 39 g. Für den Parameter Rohproteingehalt waren die Daten recht indifferent. Nur in drei von sechs Fällen konnte eine signifikante Abnahme des Rohproteingehaltes nachgewiesen werden.

Mit dem Datensatz WW x WR 2009/2010 konnte keine Regressionsanalyse durchgeführt werden. Aufgrund des Schneckenfraßes waren die Ausfallrapspflanzen in ihrem Wachstum und ihrer Konkurrenzkraft stark gehemmt. Der mittlere Ertrag in den besatzfreien Kontrollparzellen lag bei 110,8 ± 5,7 dt/ha. Ein leichter Ertragsverlust von 4 bzw. 10 % zeigte sich erst in den zwei Varianten mit der höchsten Ausfallrapsdichte. Mit den fünf weiteren Datensätzen war eine statistische Auswertung möglich (Tab. 3). Die Anpassung der Kurven erfolgte dabei mit unterschiedlicher Güte, repräsentiert durch die differierenden Bestimmtheitsmaße. Die niedrigen Werte 0,24 für SW x SR 2010 und 0,38 für SW x SR 2011 waren bedingt durch eine hohe Streubreite der Ertragsdaten. Zum Beispiel variierte der Ertragsverlust bei einer mittleren Dichte von 17 Ausfallrapspflanzen/m² zwischen -4,7 bis 13,3 %. Bei einem Besatz mit Wintereraps waren die Ertragsdaten wesentlich einheitlicher. Für die verschiedenen Weizen- und Rapsorten zeigten sich Konkurrenz- und Kompensationsunterschiede (Abb. 1). Der deutlichste Ertragseffekt wurde durch einen Besatz mit Wintereraps in Winterweizen hervorgerufen.

Tab. 3 Parameter der Besatz-Verlust Relation nach COUSENS (1984). Verwendet wurden die relativen Ertragsdaten der Feldversuche.

Tab. 3 Parameters of the non-linear regression analysis after COUSENS (1984). Relative yield data from the field trials was used.

| Versuch | a | SE | b | SE | r ² |
|---------|------|------|-------|-------|----------------|
| WW x WR | - | - | - | - | - |
| SW x WR | 1,44 | 0,49 | 70,34 | 22,27 | 0,72 |
| SW x SR | 0,76 | 0,52 | 24,01 | 10,98 | 0,24 |
| WW x WR | 1,64 | 0,24 | 80,88 | 5,77 | 0,91 |
| SW x WR | 1,32 | 0,34 | 73,92 | 14,81 | 0,85 |
| SW x SR | 0,79 | 0,36 | 45,49 | 18,07 | 0,38 |

a = Ertragsverlust wenn X = 0; b = Ertragsverlust wenn x = ∞; SE = Standardfehler;
 r² = Bestimmtheitsmaß, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen, WR = Wintereraps, SR = Sommereraps

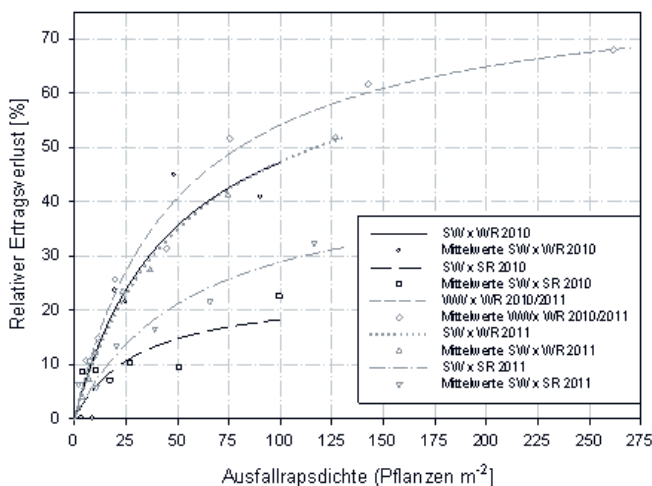


Abb. 2 Relativer Ertragsverlust von Sommer- und Winterweizen in Abhängigkeit der Ausfallrapsdichte.

Fig. 2 Relative yield loss of spring- and winter wheat depending on the volunteer density.

3.2 Herbizidversuch zur Ausfallrapskontrolle in Winterweizen

Jede Herbizidvariante führte zu einer Ertragserrhöhung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Der mittlere Ertrag in unbehandelten Weizenparzellen der frühen Saat betrug 32 ± 8 dt ha⁻¹ bei einem Besatz von 73,8 Ausfallrapspflanzen/m². Durch die chemische Bekämpfung konnte eine Ertragsdifferenz zwischen 16 (Basagran DP) und 118 % (Picono + IPU) erreicht werden. Das Ertragsniveau innerhalb der Herbizidvarianten war, speziell im früh gesäten Weizen, von einer hohen Variabilität gekennzeichnet (Tab. 4). Die Spannweite der Ertragsdaten erstreckte sich von 28 dt/ha bis 71 dt/ha. Die Herbizide Falcon, Attribut und Basagran DP zeigten eine Wirkungslücke gegen *Papaver rhoeas*. Ein zusätzlicher Ertragseffekt kann hier nicht ausgeschlossen werden. Ein leichter Unterschied in der Konkurrenzkraft der Rapssorten kann anhand der Daten aus den unbehandelten Kontrollparzellen abgeleitet werden. Der Weizenertrag bei Besatz mit IT Ausfallraps lag 4 bzw. 6 dt/ha höher im Vergleich zu IS Ausfallraps.

Oftmals war der Ertrag in Parzellen mit IS Ausfallraps etwas höher im Vergleich zu Parzellen mit IT Ausfallraps. Besonders deutlich war dies in Parzellen, die mit dem Herbizid Lexus behandelt wurden. Der Unterschied konnte als statistisch signifikant abgesichert werden. Tendenziell wurden in der früheren Weizensaat höhere Erträge erzielt. Die Ausfallrapspflanzen haben im Verlauf der Vegetationsperiode ein hohes Regenerationspotential gezeigt, wenn sie nicht mit sehr hohen Wirkungsgraden bekämpft wurden. Die Rapspflanzen waren in der Lage im Winterweizen zu blühen und keimfähige Samen auszubilden.

Tab. 4 Winterweizenertrag [dt/ha] in Abhängigkeit des Saattermins, der Herbizidbehandlung und der Ausfallrapsdichte (Ertragsdaten als Mittelwert \pm Standardabweichung, Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede).

Tab. 4 Yield of winter wheat [dt/ha] depending on the sowing date, herbicide treatment and density of volunteer oilseed rape (yield as mean \pm standard deviation, significant differences are indicated using small letters).

| Herbizidbehandlung | FRÜHER SAATTERMIN | | | | SPÄTER SAATTERMIN | | | |
|------------------------|------------------------|--|------------------------|---|------------------------|--|------------------------|--|
| | IS Ausfallraps | | IT Ausfallraps | | IS Ausfallraps | | IT Ausfallraps | |
| | Dichte /m ² | Ertrag [dt /ha] | Dichte /m ² | Ertrag [dt /ha] | Dichte /m ² | Ertrag [dt /ha] | Dichte /m ² | Ertrag [dt /ha] |
| Unbehandelt | 81,3 | 28 \pm (2) ^e | 73,8 | 32 \pm (8) ^d | 53,8 | 29 \pm (4) ^a | 55,1 | 35 \pm (4) ^a |
| Picono + IPU (H) | 0,2 | 69 \pm (4) ^{ab} | 0 | 71 \pm (4) ^a | 0 | 62 \pm (10) ^b | 0 | 58 \pm (5) ^a |
| Stomp Aqua + Lexus (H) | 0 | 70 \pm (4) ^a | 14,7 | 66 \pm (5) ^{abc} | 0,1 | 61 \pm (6) ^b | 3,1 | 59 \pm (12) ^a |
| Falcon (H) | 0,1 | 68 \pm (3) ^{ab} | 16,9 | 65 \pm (9) ^{abc} | 0 | 59 \pm (4) ^b | 1,3 | 56 \pm (7) ^a |
| Primus (H) | 0 | 66 \pm (4) ^{abc} | 0,1 | 68 \pm (5) ^{ab} | 0 | 61 \pm (9) ^b | 1,4 | 58 \pm (5) ^a |
| Lexus (H) | 0,1 | 70\pm(5)^a | 43,1 | 53\pm(7)^{abcd} | 0 | 66\pm(8)^b | 40,4 | 50\pm(5)^a |
| Herold (H) | 22,2 | 64 \pm (7) ^{abc} | 10,7 | 67 \pm (3) ^{abc} | 1,9 | 61 \pm (4) ^b | 0,5 | 60 \pm (11) ^a |
| Pico (H) | 19,6 | 61 \pm (2) ^{abc} | 14,2 | 68 \pm (6) ^{ab} | 2,3 | 63 \pm (7) ^b | 0 | 64 \pm (6) ^a |
| Bacara Forte (H) | 9,8 | 69 \pm (4) ^{ab} | 3,1 | 71 \pm (1) ^a | 1 | 61 \pm (5) ^b | 0,4 | 58 \pm (8) ^a |
| Biathlon (F) | 0,1 | 44 \pm (12) ^{de} | 23,6 | 49 \pm (12) ^{abcd} | 0 | 59 \pm (5) ^b | 3,6 | 54 \pm (14) ^a |
| BAS 812 H (F) | 0 | 54 \pm (4) ^{bcd} | 35,5 | 44 \pm (16) ^{bcd} | 0 | 56 \pm (3) ^b | 16,4 | 52 \pm (5) ^a |
| Attribut (F) | 0 | 51 \pm (5) ^{cd} | 32,9 | 42 \pm (12) ^{cd} | 0 | 54 \pm (2) ^b | 16,4 | 45 \pm (9) ^a |
| Basagran DP (F) | 31,6 | 36 \pm (2) ^{de} | 29,3 | 37 \pm (13) ^d | 0,4 | 49 \pm (6) ^b | 0,1 | 45 \pm (11) ^a |

H = Herbstbehandlung (BBCH 11-12), F = Frühjahrsbehandlung (Start Vegetation)

4. Diskussion

Ausfallraps kann in Folgefrüchten ein sehr relevantes Unkraut sein. Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass nicht kontrollierter Ausfallraps zu signifikanten Ertragsverlusten führen kann. KARIM (2000) zeigte in Feldversuchen, dass Ausfallraps die Sprossfrischmasse von Weizen und Gerste signifikant verringern kann. PALLUTT (1995) schätzte einen potentiellen Ertragsverlust in Getreide von 10-20 kg/ha bei Besatz mit einer Rapspflanze pro m². Diese Schätzungen können bestätigt werden. Teilweise zeigten sich sogar noch höhere Verluste. Auf Basis der Regressionsanalyse lag der Ertragsverlust in den vorliegenden Versuchen zwischen 0,74 (26,3 kg/ha) und 1,61 % (147,3 kg/ha) bei einer Rapspflanze pro m². Die Konkurrenzkraft gegenüber Ausfallraps hängt maßgeblich von der angebauten Kultur ab (GRUBER und CLAUPEIN, 2008). Darüber hinaus konnte in unseren Versuchen gezeigt werden, dass die Rapsorte ebenfalls einen Einfluss hat, wobei in den europäischen Anbausystemen vornehmlich Winterraps auftritt. Als Haupteffekt eines Ausfallrapsbesatzes ist eine Konkurrenz um Wuchsraum und die damit einhergehende Reduktion der Bestockung beim Weizen anzusehen. Bestätigt wird dies durch eine Verminderung der Ährenanzahl. Es konnte weiterhin beobachtet werden, dass Getreidepflanzen unter großem Konkurrenzdruck, verglichen mit konkurrenzlosen Pflanzen, eine erhöhte Anzahl Körner pro Ähre bildeten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Nebentriebbildung vermindert und die Ertragsphysiologie zugunsten der Haupttriebe verschoben wird. Diese Verschiebung reicht zur Kompensation der Ertragsverluste nicht aus.

Durch die europaweite Einführung von Imidazolinon-tolerantem Winterraps (Clearfield®) wird sich das Ausfallrapsmanagement verändern. Durch zwei unabhängige Punktmutationen im ALS-Gen besitzen die Rapspflanzen eine Toleranz gegen Imidazolinone, ergänzt durch eine partielle Kreuzresistenz gegenüber den anderen chemischen Wirkstoffklassen der ALS-Inhibitoren (TAN et al., 2005). Die Erfassung des Ausfallrapses durch Sulfonylharnstoffe wird in nachgebautem Getreide nur eingeschränkt möglich sein. Herbizidstrategien müssen dementsprechend angepasst werden. Eine Kontrolle des Imidazolinon-toleranten Ausfallrapses sollte aber mit Wirkstoffen außerhalb der Wirkstoffgruppe HRAC B möglich sein. BECKIE et al. (2004) haben gezeigt, dass Imidazolinon-toleranter Raps verglichen mit nicht-tolerantem Raps dieselbe Sensitivität gegenüber den Wirkstoffen 2,4-D, MCPA und Metribuzin aufwies. Unsere Versuchsergebnisse bestätigen eine erfolgreiche Kontrolle mit alternativen Herbiziden. LIU et al. (2009) postulieren, unter der Annahme, dass natürliche Ressourcen zu Beginn der Konkurrenzperiode zwischen Kulturpflanze und Unkraut nicht limitierend wirken, dass ein Konkurrenznachteil durch das Einwirken von R:FR (red to far-red) Signalen vom Unkraut zur Kulturpflanze sehr früh manifestiert wird. Daher sollte die Bekämpfung von Unkräutern immer im frühen Nachauflauf erfolgen, um Ertragsschäden so gering wie möglich zu halten. Dies zeigte sich auch im Herbizidversuch in früh gesättem Weizen. Eine chemische Bekämpfung mit hohen Wirkungsgraden, auch bei geringem Ausfallrapsaufkommen, ist in jedem Fall anzustreben um eine Samenbildung der Rapspflanzen zu verhindern.

Der wichtigste Baustein des Ausfallrapsmanagements bleibt aber die vorbeugende Kontrolle mit pflanzenbaulichen Mitteln. Der hohe Verlust von durchschnittlich 3500 Rapsamen/m² während der Ernte (GRUBER et al., 2004; LUTMAN et al., 2005) und die Neigung zu sekundärer Dormanz, induziert vor allem durch Lichtabschluss, Wasser- und Sauerstoffmangel (LOPEZ-GRANADOS und LUTMAN, 1998) bedingen die Entstehung einer Rapsamenbank, die überaus persistent sein kann (SIMARD et al., 2002). Im Boden sind Ausfallrapssamen mehr als 10 Jahre lebensfähig (SCHLINK, 1998). Daher sollte bei der Bearbeitung der Rapsstoppel auf den Pflugeinsatz verzichtet werden. Vielmehr sollten die Rapsamen für einen längeren Zeitraum auf der unbearbeiteten Stoppel belassen werden um eine Keimung anzuregen. Eine flache, mehrmalige Bodenbearbeitung sollte dann folgen (PEKRUN et al., 1998; GRUBER et al., 2005). Aufgrund steigender Anforderungen an die Produktivität werden vermehrt sehr enge Fruchtfolgen etabliert. Die Erhöhung der Fruchtfolgeglieder kann sich aber positiv auf das Ausfallrapsvorkommen auswirken (SÖCHTING et al., 2008). Speziell in Fruchtfolgen, die sowohl Raps als auch Zuckerrüben enthalten, sollten entsprechende Anbaupausen eingehalten werden. Dies ist im Hinblick auf Fruchtfolgekrankheiten (Nematoden, Kohlhernie) besonders relevant. Unter Anwendung der guten fachlichen Praxis (richtiger Erntetermin, verlustarme Erntetechnik, mechanische

Ausfallrapsbekämpfung, Fruchtfolge) sollte Ausfallraps im Allgemeinen und Imidazolinon-toleranter Ausfallraps im Speziellen keine relevanten Ertragsverluste in nachgebautem Getreide hervorrufen.

Literatur

- BECKIE, H.J., G. SEGIUN-SWARTZ, H. NAIR, S.I. WARWICK UND E. JOHNSON, 2004: MULTIPLE HERBICIDE-RESISTANT CANOLA CAN BE CONTROLLED BY ALTERNATIVE HERBICIDES. *WEED SCIENCE* **52**, 152-157.
- COUSENS, R. 1985: A SIMPLE MODEL RELATING YIELD LOSS TO WEED DENSITY. *ANNALS OF APPLIED BIOLOGY* **107**, 239-252.
- FROUD-WILLIAMS, R.J., 1999: WHEAT YIELD AS AFFECTED BY WEEDS. IN: SATORRE, E.H., G.A. SLAFER (EDS.), 1999: WHEAT: ECOLOGY AND PHYSIOLOGY OF YIELD DETERMINATION, PP. 161-182. FOOD PRODUCTS PRESS: BINGHAMTON, NY.
- FROUD-WILLIAMS, R.J., 2002: WEED COMPETITION. IN: NAYLOR, R.E.L. (ED.), 2002: WEED MANAGEMENT HANDBOOK, PP.16-38. BLACKWELL PUBLISHING, OXFORD.
- GULDEN, R.H., S.J. SHIRTLIFFE UND A.G. THOMAS, 2003: HARVEST LOSSES OF CANOLA (*BRASSICA NAPUS*) CAUSE LARGE SEEDBANK INPUTS. *WEED SCIENCE* **51**, 83-86.
- GRUBER, S., C. PEKRUN UND W. CLAUPEIN, 2004: REDUCING OILSEED RAPE VOLUNTEERS BY SELECTING GENOTYPES WITH LOW SEED PERSISTENCE. *JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION SPECIAL ISSUE XIX*, 151-159.
- GRUBER, S., C. PEKRUN UND W. CLAUPEIN, 2005: LIFE CYCLE AND POTENTIAL GENE FLOW OF VOLUNTEER OILSEED RAPE IN DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS. *WEED RESEARCH* **45**, 83-93.
- GRUBER, S. UND W. CLAUPEIN, 2008: EMERGENCE AND ESTABLISHMENT OF VOLUNTEER OILSEED RAPE IN SPRING AND WINTER CROPS. *JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION SPECIAL ISSUE XIX*, 151-159.
- KARIM, S.M.R., 2000: COMPETITIVE ABILITY OF VOLUNTEER CROPS GROWN AS WEEDS. *PAKISTAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* **16**, 142-146
- KROPF, M.J., 1988: MODELLING THE EFFECTS OF WEEDS ON CROPS PRODUCTION. *WEED RESEARCH* **28**, 465-471.
- LOPEZ-GRANADOS F. UND P.J.W. LUTMAN, 1998: EFFECT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE DORMANCY AND GERMINATION OF VOLUNTEER OILSEED RAPE SEEDS. *WEED SCIENCE* **46**, 419-423.
- LUTMAN P.J.W., K. BERRY, R.W. PAYNE, E. SIMPSON, J.B. SWEET, G.T. CHAMPION, M.J. MAY, P. WIGHTMAN, K. WALKER UND M. LAINSBURY, 2005: PERSISTENCE OF SEEDS FROM CROPS OF CONVENTIONAL AND HERBICIDE TOLERANT OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS*). *PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B. BIOLOGICAL SCIENCES* **272**, No. 1575, 1909-1915.
- LIU, J.G., K.J. MAHONEY, P.H. SIKKEMA UND C.J. SWANTON, 2009: THE IMPORTANCE OF LIGHT QUALITY IN CROP-WEED COMPETITION. *WEED RESEARCH* **49**, 217-224.
- NAYLOR, R.E.L. UND P.L. LUTMAN, 2002: WHAT IS A WEED? IN: NAYLOR, R.E.L. (ED.), 2002: WEED MANAGEMENT HANDBOOK, PP.1-15. BLACKWELL PUBLISHING, OXFORD.
- PALLUTT, B., (1995): ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT DES HERBIZIDEINSATZES. *GETREIDE* **3**, 20-22.
- PEKRUN C., P.J.W. LUTMAN UND K. BAEUMER, 1998: RESEARCH ON VOLUNTEER RAPE: A REVIEW. *PFLANZENBAUWISSENSCHAFTEN* **2**, 84-90.
- SIMARD, M.-J., A. LEGERE, D. PAGEAU, J. LAJEUNESSE UND S. WARWICK, 2002: THE FREQUENCY AND PERSISTENCE OF VOLUNTEER CANOLA (*BRASSICA NAPUS*) IN QUEBEC CROPPING SYSTEMS. *WEED TECHNOLOGY* **16**, 433-439.
- SWANTON, C.J., S. WEAVER, P. COWAN, R. VAN ACKER, W. DEEN UND A. SHERESTHA, 1999: WEED THRESHOLDS: THEORY AND APPLICABILITY. *JOURNAL OF CROP PRODUCTION* **2**, 9-29.
- SCHLINK, S., 1998: 10 YEARS SURVIVAL OF RAPE SEED (*BRASSICA NAPUS* L.) IN SOIL. *JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION SPECIAL ISSUE XVI*, 169-172.
- SÖCHTING, H.P., A. GUMMERT UND P. ZWERGER, 2008: AUFLAUFDYNAMIK UND WACHSTUMSVERLAUF VON AUSFALLRAPPS IN WINTERRAPPSBESTÄNDEN. *JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION SPECIAL ISSUE XXI*, 303-308.
- TAN, S., R.R. EVANS, M.L. DAHMER, B.K. SINGH UND D.L. SHANER, 2005: IMIDAZOLINON-TOLERANT CROPS: HISTORY, CURRENT STATUS AND FUTURE. *PEST MANAGEMENT SCIENCE* **61**, 246-257.
- YOUNG, F.L., E.R. GALLANDT UND J.R. ALLDREDGE, 2000: PREDICTING WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM*) YIELD LOSS BASED ON JOINTED GOATGRASS (*AEGILOPS CYLINDRICA*) POPULATIONS FROM THE PREVIOUS SEASON. *WEED TECHNOLOGY* **14**, 432-427.