

Neue Möglichkeiten zur Unkrautbekämpfung in konventionellen Sojabohnen

New possibilities for weed control in conventional soybeans

Jan Petersen

Fachhochschule Bingen, Berlinstr. 109, 55411 Bingen
petersen@fh-bingen.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.087

Zusammenfassung

In Feldversuchen wurde geprüft, ob durch den in Deutschland neuen Wirkstoff Imazamox die Möglichkeiten der Unkrautregulierung in Sojabohnen im Nachauflauf verbreitert werden können. Ferner wurden Strategien umgesetzt, die die Wirksamkeit und die Verträglichkeit der Herbizide in Sojabohnen verbessern sollten. Die Ergebnisse zeigen, dass Imazamox die Nachauflaufkontrollmöglichkeiten in Sojabohnen deutlich erweitern kann. Der Wirkstoff ist hoch selektiv und weist eine gewisse Wirkungsbreite auf. Jedoch wurde auch deutlich, dass Imazamox zumeist durch andere Herbizidanwendung im Voraufbau und in Tankmischung zur Nachauflaufanwendung ergänzt werden muss. Dies gilt zum Beispiel für die Bekämpfung von Klettenlabkraut (*Galium aparine*). Bei Kombinationen von Imazamox und Bentazon deuten sich Antagonismen an, die zu einem Wirkungsverlust führen können. Die Anwendung des NAK-Konzeptes aus Zuckerrüben mit dreifacher Herbizidanwendung in reduzierten Aufwandmengen zu den Auflaufwellen der Unkräuter ist prinzipiell möglich. Es bedarf jedoch weiterer Experimente, um gesicherte Anwendungsempfehlungen geben zu können. Generell zeigte sich, dass alle geprüften Herbizidvarianten Wirkungslücken aufwiesen, die deutlich machen, dass die Herbizidauswahl, die Aufwandmengen und deren Einsatzstrategie in Sojabohnen besonders sorgfältig und standortbezogen erfolgen müssen.

Stichwörter: Antagonismus, Imazamox, NAK-Konzept, Selektivität

Abstract

In field trials it was investigated, if the use of the in Germany new active ingredient imazamox enlarge the possibilities of post emergence weed control in soybeans. Furthermore new herbicide strategies were tested on efficacy and selectivity in soybeans. The use of imazamox was very selective and showed a relative broad spectrum of controlled weed species. However, efficacy of imazamox must be supported by a pre-emergence treatment and in most cases by a tank mix partner. For example cleavers (*Galium aparine*) can not be controlled by imazamox. Tankmixtures of imazamox and bentazon indicated an antagonism. Efficacy to some weed species was reduced compared to solo application. The low dose concept – three applications of low doses at cotyledon stage of weeds led to some success. However, these strategies must be further investigated, before they can be recommended to commercial farming practice. All herbicide strategies tested showed some surviving weed species. This indicates that choice of herbicides, dose rates and application strategies must be done very careful and site specific.

Keywords: Antagonism, imazamox, low-dose-concept, selectivity

Einleitung

Die chemische Unkrautkontrolle in nicht gentechnisch veränderten Sojabohnen ist aus mehreren Gründen schwierig. Die Auswahl an hinreichend selektiven Wirkstoffen ist begrenzt. Zudem ist die Selektivität bei manchen Sorten durch entsprechende spezifische Unverträglichkeiten nochmals verengt. Ferner ermöglicht eine frühzeitige Blattseneszenz in der Abreifephase die Entwicklung von einer Spätverunkrautung, die erhebliche Erntebehinderungen auslösen kann. Daher haben daher herbizidtolerante Sorten weltweit eine große Bedeutung erlangt. Da die Toleranzen aber zumeist gentechnisch bedingt sind, ist der Anbau in Europa aus gesellschaftspolitischen Gründen derzeit nicht möglich. Soll der gentechnikfreie Sojabohnenanbau in Europa ausgedehnt werden, so sind effiziente Strategien zur Unkrautregulierung unumgänglich.

Um zu prüfen, ob die bestehenden Möglichkeiten des Herbizideinsatzes durch den in Deutschland neuen Wirkstoff Imazamox und durch neue Strategien erweitert werden können, wurden Feldversuche angelegt. Untersucht wurde, ob und wie der Wirkstoff Imazamox in Sojabohnen

eingesetzt werden kann. Ferner wurde geprüft, ob der Ansatz aus Zuckerrüben, mehrfach zu den Auflaufwellen der Unkräuter reduzierte Aufwandmengen in Tankmischungen verschiedener Herbizide einzusetzen, auf Sojabohnen übertragen werden kann.

Material und Methoden

An den Standorten Bingen und Mainz-Kastel (Wiesbaden) wurden insgesamt 4 Feldversuche in 2 Jahren durchgeführt (Tab. 1). Die Sojabohnen wurden Mitte April mit 65 Körnern je Quadratmeter in Drillsaattechnik ausgesät. Am Tag der Saat wurden die Sojabohnen mit dem Rhizobienpräparat Hi-Stick beimpft. Die Herbizidapplikationen im Voraufbau (Tab. 2) wurden dann am Tag der Saat bzw. einen Tag später durchgeführt. Die Behandlungen erfolgten mit einer Agrotop Einradparzellenspitze mit 200 l/ha Wasser bei 2,1 bar und 4,5 km/h. Die verwendeten Herbizide und ihre Wirkstoffe nebst Konzentrationen der Aktivsubstanzen werden in Tabelle 3 dargestellt. Die Parzellen wurden quer zur Bodenbearbeitungsrichtung in einer Größe von 2,0 x 8 m angelegt. Die Anlageform waren randomisierte Blockanlagen mit 3, 4 oder 5 Wiederholungen je Standort. Die Ernte erfolgte je nach Standort und Jahr im Zeitraum von Ende September bis Mitte Oktober mit einem Parzellenmähdrescher. Das Erntegut wurde bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, um die Erntefeuchte zu bestimmen. Die Herbizidwirkung wurde 28 Tage nach der jeweils letzten Behandlung der Variante und einheitlich Ende August bestimmt. Die Selektivität wurde durch visuelle Bonituren und durch Auszählen der Sojapflanzen nach den Herbizidbehandlungen bestimmt.

Tab. 1 Versuchsstandorte, Jahre, Sojasorten und Hauptunkrautarten.

Tab. 1 Trail sites, years, soybean varieties and main weeds.

Standort	Jahr	Sorte	VG (Tab.2)	dominierende Unkrautarten
Mainz-Kastel	2012	ES Mentor	1-14	CHEAL, GALAP
Bingen	2012	ES Mentor	1-14	CHEAL, SOLNI
Bingen	2013	OAC Wallace	1-16	CHEAL, SOLNI, GALAP, ABUTH, MATIN
Bingen	2013	ES Mentor	1-16	CHEAL, SOLNI, GALAP, ABUTH, MATIN

Zur statistischen Analyse wurden die Erträge auf Basis des jeweiligen Ertrages in der Handhackenvariante normiert. Anschließend erfolgte eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem Statistikprogramm SAS Version 9.3 und einem multiplen Mittelwertsvergleich nach Tukey bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Die Wirksamkeit der Herbizidvarianten wird in Form von Box-Plots dargestellt.

Tab. 2 Eingesetzte Herbizide, Aufwandmengen und Applikationszeitpunkte (VA-Vorauflauf; NA+NA1-Nachauflauf zu BBCH 12-14; NA2 –Nachauflauf zu BBCH 16; NAK-Nachauflauf zum Keimblattstadium der Unkräuter).

Tab. 2 Used herbicides, dose rates and application timings.

VG	Termin	Produkt	I; kg bzw. g/ha	VG	Termin	Produkt	I; kg bzw. g/ha
1		Kontrolle	unbehandelt	10	NA	Pulsar40	0,5
2	VA	Sencor	0,4			+DASH	1
	VA	+Centium	0,25	11	NA	Pulsar40	0,5
3	VA	Sencor	0,4			+DASH	1
	VA	+Centium	0,25			+Basagran	1
	VA	+Spectrum	0,8	12	VA	Stomp Aqua	1,5
4	VA	Sencor	0,4		NA	Pulsar40	0,5
	NA	Harmony	7,5			+DASH	1
	NA	+Trend	0,3	13	VA	Stomp Aqua	2
	NA	+Basagran	1.0		NA	Pulsar40	0,3125
5	VA	Artist	2.0			+DASH	1
	NA	Harmony	7,5	14		Handhacke	
	NA	+Trend	0,3	15	NAK1	Stomp Aqua	0,5
	NA	+Basagran	1.0			+ Pulsar40	0,1
6	VA	Spectrum	1.0			+Basagran	0,33
	VA	+Stomp Aqua	2.0			+DASH	0,5
	NA	Basagran	1.0		NAK2	Stomp Aqua	0,5
	NA	+Oleo	1.0			+ Pulsar40	0,1
7	VA	Spectrum	1.0			+Basagran	0,33
	VA	+Stomp Aqua	2.0			+DASH	0,5
	NA	+Pulsar40	0,3125		NAK3	Stomp Aqua	0,5
	NA	+Dash	1.0			+ Pulsar40	0,1
8	VA	Spectrum	1.0			+Basagran	0,33
	VA	+Stomp Aqua	2.0			+DASH	0,5
	NA	Pulsar40	0,3125	16	NAK1	+ Pulsar40	0,1
	NA	+Basagran	1.0			+Basagran	0,33
	NA	+DASH	1.0			+DASH	0,5
9	NA1	Harmony	7,5		NAK2	+ Pulsar40	0,1
	NA1	+Trend	0,3			+Basagran	0,33
	NA1	+Basagran	1.0			+DASH	0,5
	NA2	Harmony	7,5		NAK3	+ Pulsar40	0,1
	NA2	+Fusilade Max	1.0			+Basagran	0,33
						+DASH	0,5

Tab. 3 Eingesetzte Herbizide, Wirkstoffe, Wirkstoffkonzentrationen und HRAC-Gruppe.**Tab. 3** Used herbicides, active ingredients, concentrations of a.i. and HRAC-group.

Herbizid	Abkürzung	Wirkstoff(e)	Konzentration	HRAC-Gruppe
Artist	Artist	Flufenacet+Metribuzin	240 + 155 g/kg	K3+C2
Basagran	Bas	Bentazon	480 g/l	C2
Centium 360CS	Cent	Clomazone	360 g/l	F4
Dash (Additiv)	Dash	FME/FAA/OS*	345+205+46 g/l	-
Fusilade Max	Fusi	Fluazifop-P-butyl	125 g/l	A
Harmony SX	Har	Thifensulfuron-methyl	500 g/kg	B
Pulsar40	Puls	Imazamox	40 g/l	B
Sencor WG	Senc	Metribuzin	500 g/kg	C2
Spectrum	Spec	Dimethenamid-P	720 g/l	K3
Stomp Aqua	Stomp	Pendimethalin	455 g/l	K1
Trend (Additiv)	Trend	Isodecylalkoholethoxylat	90 %	-

* Fettsäuremethylester, Fettalkoholalkoxyolat, Ölsäure

Ergebnisse

Die Selektivitätsbonituren zeigten bei manchen Herbizidmaßnahmen sehr deutliche Schäden an der Kultur. Besonders betroffen war hiervon der Versuch Bingen 2012. Die Sorte ES Mentor wurde durch die Anwendung von Metribuzin im Voraufbau deutlich ausgedünnt. Die Pflanzenverluste im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle beliefen sich auf bis zu 10 %. Nochmals verstärkt wurden die Pflanzenausfälle durch die Kombination von Metribuzin + Flufenacet (Artist VG 5). Hier wurden bis zu 40 % Ausfälle registriert. Die überlebenden Sojapflanzen zeigten beim Einsatz von Metribuzin bzw. beim Kombinationsprodukt Artist aber auch deutliche Schäden von 30 bis 70 %. Diese Effekte waren am Standort Mainz-Kastel und in den Versuchen des Jahres 2013 nur sehr abgeschwächt zu erkennen. Die Verluste lagen hier deutlich unter 10 %. Alle anderen Herbizidvarianten zeigten direkt nach der Herbizidbehandlung kaum nennenswerte Schäden auf. Allerdings zeigten sich im Versuch Bingen 2012 nach den Pendimethalinanwendungen Vermorschungen des Stängels direkt an der Bodenoberfläche. Diese Vermorschungen führten bis zum beginnenden Laubfall in der Abreifephase zu Pflanzenverlusten. In den besonders betroffenen Parzellen führte dies auch zu Ertragseinbußen.

Die Gesamtwirkung der Herbizidmaßnahmen war in 2012 deutlich besser als im Jahr 2013, wo keine der Varianten eine ausreichende Unkrautkontrolle zeigte. Im Mittel der Versuche wird aber deutlich, dass nur wenige geprüfte Varianten eine ausreichende Wirkung zeigten. Dies galt vor allem für die Applikationsfolge von Stomp Aqua und Spectrum im Voraufbau gefolgt von einer Applikation Pulsar und Basagran im Nachaufbau (Abb. 1, Variante 8). Hier wurden im Mittel 95 % Wirkung erreicht. Eine ebenfalls gute Wirkung von im Mittel 92 % zeigte die Voraufbaukombination Sencor+Centium+Spectrum (Variante 3). Bei dieser Variante war zur Ernte teilweise allerdings doch eine hohe Restverunkrautung zu registrieren. Die Varianten mit ausschließlicher Nachaufbaubehandlung erwiesen sich alle als nicht ausreichend wirksam. Dies gilt auch für die NAK-Varianten (VG 15 und 16).

Bei der Betrachtung der Wirkung gegen die einzelnen Unkrautarten (Abb. 2 – 4) fallen dann deutliche Schwächen bzw. Wirkungsstärken der verschiedenen Varianten auf. Gegen den Weißen Gänsefuß sind die NAK-Varianten besonders schwach. Alle Applikationsfolgen (VA + NA) sowie die Splittingvariante Harmony + Basagran (VG 9) bekämpfen den Weißen Gänsefuß im Mittel mit deutlich über 90 %. Pulsar bzw. Pulsar+Basagran im ausschließlichen Nachaufbau sind in den hier angewandten Aufwandmengen gegen den Weißen Gänsefuß nicht wirkungssicher. Gegen das

Klettenlabkraut weisen viele Herbizidvarianten eine große Wirkungsstreuung auf. Ausreichend wirksam und auch sicher in der Bekämpfungsleistung sind die Voraufaufanwendungen von Centium und die Applikationsfolgen Spectrum+Stomp (VA) + Pulsar bzw. Pulsar+Basagran im Nachaufauf. Pulsar allein zeigt eine nicht ausreichende Klettenlabkrautwirkung. Dahingegen sind bei der Wirksamkeit gegenüber dem Schwarzen Nachtschatten alle Varianten, die das Pulsar beinhalten, auch im NAK-Konzept sehr wirkungssicher (> 95 %). Alle anderen Varianten fallen doch recht deutlich in der Wirkung ab und sind nicht ausreichend. Gerade der Schwarze Nachtschatten muss in Soja konsequent bekämpft werden, da bereits bei geringem Besatz die Erntefeuchte signifikant erhöht wird und ein Bestand ohne Sikkation schnell nicht beerntet werden kann.

Besonders auffällig war bei allen Unkrautarten, dass eine Tankmischung von Pulsar und Basagran zu geringeren Wirkungsgraden führte als die alleinige Anwendung der gleichen Aufwandmenge Pulsar (VG 10 und 11). Besonders auffällig war dieser Antagonismus bei der Geruchlosen Kamille (Ergebnisse nicht dargestellt). Pulsar allein erreichte hier 99 % Wirkung. Mit der Kombination von Pulsar mit Basagran fiel die Wirkung auf 20 % ab. Mit einer VA-Vorlage war dieser Antagonismus zwischen Pulsar und Basagran nicht mehr zu erkennen. Allerdings gab es hier eine Ausnahme. Die Applikationsfolgen von Stomp Aqua und Pulsar (VG 12 und 13) lagen mit 20 bzw. 50 % Wirkung auch deutlich schlechter als der Soloeinsatz von Pulsar.

Das massive Auftreten von *Abutilon theophrasti* in den Versuchen 2013 war für die geprüften Herbizidvarianten kaum ein Problem. Wirkungsgrade von >85 % wurden erreicht. Es zeigte sich lediglich, dass einige Varianten keine ausreichende Dauerwirkung aufwiesen, da dieses Unkraut über eine sehr lange Periode auflief. Reine Voraufaufvarianten waren hier benachteiligt.

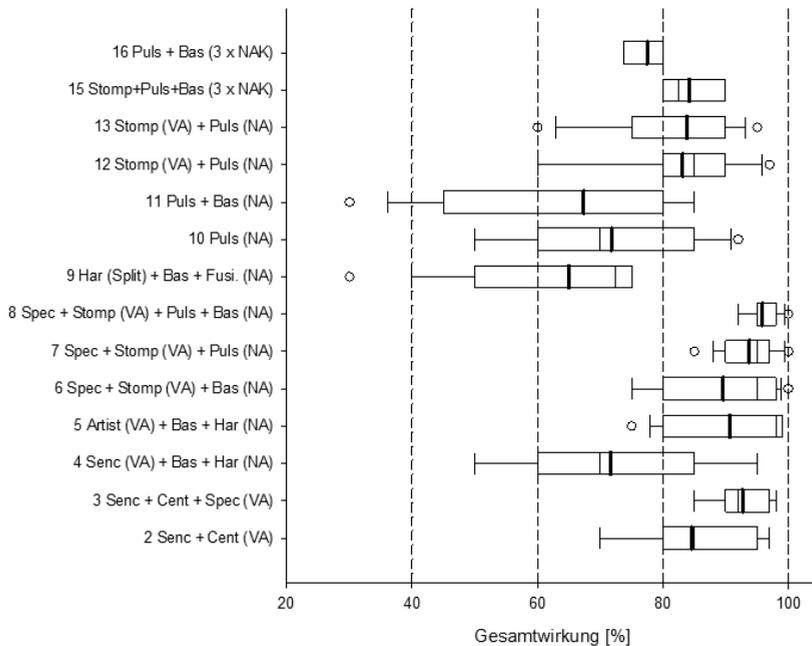


Abb. 1 Gesamtwirkung verschiedener Herbizidstrategien in Sojabohnen 4 Wochen nach der letzten Behandlung (n = 4), dünne Linie in der Box zeigt Median, dicke Linie zeigt Mittelwert.

Fig. 1 Total efficacy of different herbicide strategies in soybeans 4 weeks after last application (n = 4), thin line in box indicate median, bold line indicate mean.

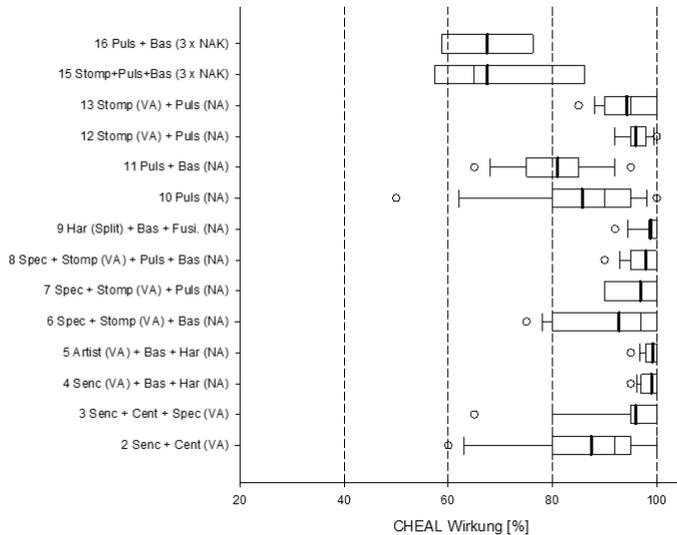


Abb. 2 Wirkung verschiedener Herbizidstrategien gegen Weißen Gänsefuß in Sojabohnen 4 Wochen nach der letzten Behandlung (n = 4), dünne Linie in der Box zeigt Median, dicke Linie zeigt Mittelwert.

Fig. 2 Efficacy of different herbicide strategies on *Chenopodium album* in soybeans 4 weeks after last application (n = 4), thin line in box indicate median, bold line indicate mean.

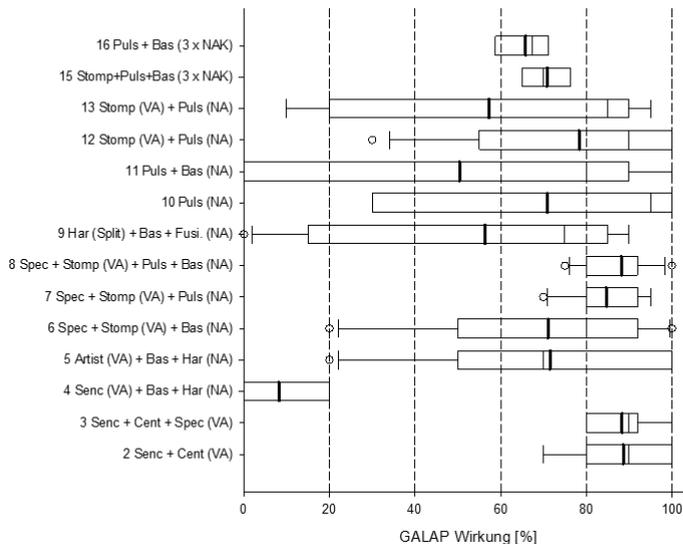


Abb. 3 Wirkung verschiedener Herbizidstrategien gegen Klettenlabkraut in Sojabohnen 4 Wochen nach der letzten Behandlung (n = 3), dünne Linie in der Box zeigt Median, dicke Linie zeigt Mittelwert.

Fig. 3 Efficacy of different herbicide strategies on *Galim aparine* in soybeans 4 weeks after last application (n = 3), thin line in box indicate median, bold line indicate mean.

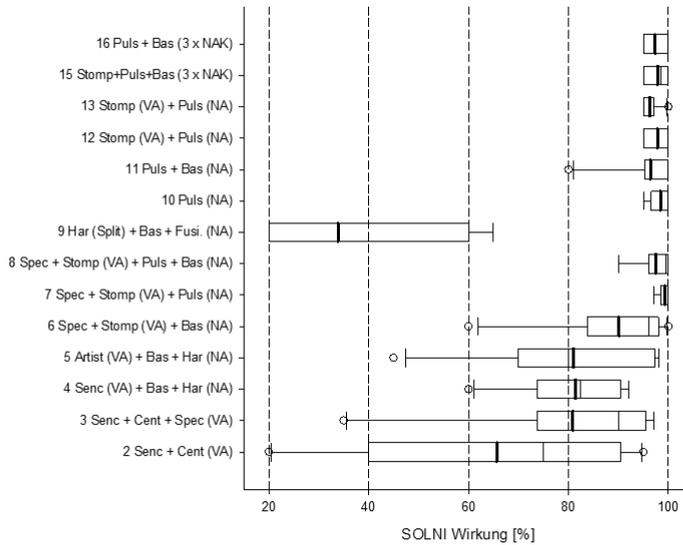


Abb. 4 Wirkung verschiedener Herbizidstrategien gegen Schwarzen Nachtschatten in Sojabohnen 4 Wochen nach der letzten Behandlung (n = 3), dünne Linie in der Box zeigt Median, dicke Linie zeigt Mittelwert.

Fig. 4 Efficacy of different herbicide strategies on *Solanum nigrum* in soybeans 4 weeks after last application (n = 3), thin line in box indicate median, bold line indicate mean.

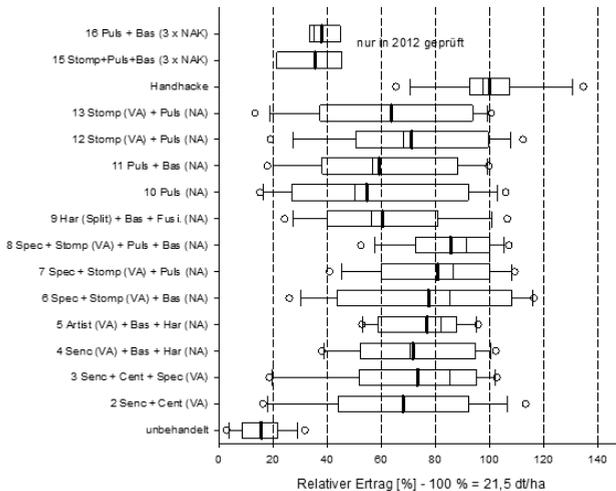


Abb. 5 Relativer Ertrag von Sojabohnen in Abhängigkeit der Herbizidstrategie (n = 4), dünne Linie in der Box zeigt Median, dicke Linie zeigt Mittelwert; Ort, Behandlung und Wechselwirkung P < 0,001.

Fig. 5 Relative soybean yield depending on herbicide strategy (n = 4), thin line in box indicate median, bold line indicate mean.

Der Ertrag (Abb. 5) zeigte im Mittel der Versuche, dass bei sich schwach entwickelnden und gleichzeitig stark verunkrauteten Fläche eine ausreichende Unkrautkontrolle nur schwer zu erreichen ist. In der mehrfach von Hand unkrautfrei gehaltenen Variante (14) wurde im Mittel 21,5 dt/ha Ertrag erzielt. Diese durch Trockenheit und schwache Feldaufgänge gekennzeichneten Versuche boten der Verunkrautung wenig Konkurrenz und führten zu stetigem Neuauflauf, besonders durch Schwarzen Nachtschatten, Weißen Gänsefuß und Lindenblättrige Schönmalve. Daher konnten die meisten geprüften Herbizidvarianten keine ausreichende Ertragssicherung gewährleisten. Am besten gelang dies durch die Applikationsfolge Spectrum+Stomp im VA gefolgt von Pulsar+Basagran im NA (8). Hier lag der durchschnittliche Ertragsverlust bei nur 15 % gegenüber der „Handhacke“. Hinzu kommt, dass die Restverunkrautung zu nicht unerheblichen Erntebehinderung geführt hat. Insbesondere in stark mit Schwarzen Nachtschatten verunkrauteten Parzellen steigt die Erntefeuchte bis auf 54 % in der Variante 2 (Sencor + Centium) gegenüber 14 bis 18 % in der unkrautfreien Variante (14). In dieser Variante war der Besatz mit Schwarzen Nachtschatten teilweise so groß, dass dieser zu einem Besatzanteil von 34 % (Trockenmasse) führte.

Diskussion

Die Versuchsergebnisse bestätigen das Eingangsstatement, dass die chemische Unkrautregulierung in konventionellen Sojabohnen nicht einfach ist. Ein sinnvoller Kompromiss zwischen einer ausreichenden herbiziden Leistung und einer guten Selektivität ist nur schwer zu finden. Witterungsabhängige Selektivitätsprobleme wie bei Stomp Aqua oder Sortenunverträglichkeiten wie bei Metribuzin machen die Unkrautkontrolle bzw. die Ertragssicherung nicht einfacher. Bei metribuzinempfindlichen Sorten sollte auf die Anwendung von Artist verzichtet werden, da die Selektivitätsprobleme dann noch größer werden können als beim alleinigen Metribuzineinsatz. Auf leichteren Standorten und bei feuchten Bodenverhältnisse bzw. erwarteten Niederschlägen bei der Voraufaufanwendung sollte auf die Anwendung von Stomp Aqua verzichtet werden oder die Aufwandmenge auf 1,0 l/ha begrenzt werden. Dennoch scheinen viele Herbizidanwendungen trotz teilweise guter Unkrautwirkung und ohne deutliche Kulturpflanzenschäden den Sojabohnenertrag nicht so positiv zu beeinflussen. Dieser Effekt wird beim Mitführen einer unkrautfreien Kontrolle (Handhacke) in manchen Versuchen deutlich. Ein Effekt, den auch GERHARDS (2011) beschreibt.

Der Wirkstoff Imazamox im Soloeinsatz erwies sich als hoch selektiv in Sojabohnen und verbessert die Unkrautkontrolle im Nachaufauf signifikant. Ähnliche Befunde zeigten NELSON *et al.* (1998). Besonders gut war die Wirkung von 20 g/ha Imazamox auf den Schwarzen Nachtschatten, aber auch auf den Weißen Gänsefuß und die geruchlose Kamille. Eine Wirkungsschwäche ist das Klettenlabkraut. Durch die Verwendung von Imazamox im Nachaufauf wird auch bei Anwendungen von Tankmischungen der Einsatz eines Voraufaufherbizides bzw. einer Kombination notwendig sein. Clomazone ist hier sehr selektiv und schließt die Wirkungslücke vom Imazamox gegen das Klettenlabkraut. Die beste und breiteste Wirkung in den Versuchen wurde durch die Applikationsfolge Stomp + Spektrum gefolgt von Pulsar + Basagran erreicht. Hier besteht jedoch die beschriebene Gefahr der Pendimethalin-Schäden.

Derzeit besteht für Imazamox als Solosubstanz keine Zulassung als Herbizid in Deutschland und eine Registrierung für die Indikation Sojabohne fehlt ebenfalls. In imidazolinontoleranten Winterraps sind für die Herbstanwendung in Deutschland 12,5 g/ha in Kombination mit Quinmerac und Metazachlor zugelassen (BVL, 2013). Geprüft wurde hier Imazamox mit 20 g/ha, während international 35 g/ha auch in Soja registriert sind. Es bleibt die Hoffnung, dass die Verwendung von mindestens 20 g/ha Imazamox im Frühjahr in Soja in der Zukunft auch rechtlich möglich sein wird, um die Möglichkeiten der Unkrautkontrolle zu verbessern.

Die in 2013 erstmals erprobten NAK-Konzepte waren in der angewandten Form so nicht ausreichend wirksam. Jedoch war hier eine problemlose Anwendung von Pendimethalin im Nachaufauf möglich. Weitere Versuche sollten klären, ob durch die Anpassung der

Tankmischungen und der Aufwandmenge die Verträglichkeitsprobleme überwunden werden können und gleichzeitig eine ausreichende Wirkung erreicht wird.

Literatur

- BVL, 2013: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM/01_ZugelPSM/01_OnlineDatenbank/psm_onlineDB_node.html
- GERHARDS, R., 2011: Gemeinschaftsversuche Baden-Württemberg 2011. Berichte aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim, Heft **51**, 91-104.
- NELSON, K.A., K.A. RENNER und D. PENNER, 1998: Weed control in soybean (*Glycine max*) with imazamox and imazethapyr. *Weed Science* **46**, 587-594.