

Antagonistische Effekte mit Pinoxaden

Antagonistic effects with pinoxaden

Dirk Michael Wolber^{1*} & Holger Kreye²

¹Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Wunstorfer Landstraße 9
D-30453 Hannover

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Braunschweig, Helene-Künne-Allee 5
D-38122 Braunschweig

*Korrespondierender Autor, dirk.wolber@lwk-niedersachsen.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.038

Zusammenfassung

Das Herbizid Axial 50 enthält den Wirkstoff Pinoxaden und wird hauptsächlich zur Bekämpfung von *Apera spica-venti* (Gemeiner Windhalm) und *Alopecurus myosuroides* (Ackerfuchsschwanz) eingesetzt. Zur Bekämpfung von dikotylen Unkräutern benötigt Pinoxaden einen Mischpartner mit dikotyler Wirkung. Seit 2009 wurden in Niedersachsen erste Minderwirkungen von Axial 50 mit Mischpartnern festgestellt. Diese antagonistischen Effekte wurden in den Versuchsjahren 2010 und 2011 auf Versuchsflächen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen vertiefend untersucht. Die Wirkung von Pinoxaden (Axial 50 mit 0,9 l/ha) gegen *Apera spica-venti* unterschied sich in 2010 und 2011 nur geringfügig zwischen den Standorten bei der Betrachtung der Ergebnisse der Früh- bzw. der Endbonitur. Dagegen zeigt Pinoxaden mit Mischpartnern eine stärkere Streuung der Bonituren über die Standorte. Applikationen von Pinoxaden in Mischungen mit Sulfonylharnstoffen zeigen in späteren Entwicklungsstadien (BBCH 25-29) stärkere antagonistische Effekte als frühere Applikationen (BBCH 11-23). Mit zunehmender Luftfeuchtigkeit während der Behandlung nimmt die Wirkung von Pinoxaden sowie Pinoxaden und Mischpartner gegen *Apera spica-venti* zu, wogegen sich die Wirkung durch die Luftfeuchtigkeit drei Tage vor und nach der Behandlung geringfügig beeinflussen lässt. Eine vorhandene Herbizidresistenz gegen Sulfonylharnstoffe beeinflusst die Wirkung von Pinoxaden. Insbesondere Mischungen von Pinoxaden mit Concert SX, Gropper SX und Pointer SX zeigen antagonistische Effekte in der Wirkung, wenn gegen den ALS-Wirkmechanismus eine Resistenz vorhanden ist.

Stichwörter: *Apera spica-venti*, Axial 50, Tankmischungen

Summary

The herbicide Axial 50 contains the active ingredient pinoxaden and is used to control against *Apera spica-venti* and *Alopecurus myosuroides*. For the control of dicotyledonous weeds, pinoxaden needs a completion with other herbicides. Since 2009, lower efficacy of pinoxaden with mixing partners was detected. These antagonistic effects were examined in the year 2010 and 2011 in field trials of the Landwirtschaftskammer Niedersachsen. In the different trials carried out in 2010 and 2011, the effect of pinoxaden (Axial 50 with 0.9 l/ha) against *Apera spica-venti* was nearly the same. But the effect of pinoxaden with mixing partners showed a high variation in the evaluations. Applications in growth stage BBCH 11-23 with pinoxaden and sulfonylurea as mixing partner showed less antagonistic effects than later treatments in BBCH 25-29. The higher the air humidity during the application, the more effective is the treatment of pinoxaden as well as pinoxaden in combination with a mixing partner against *Apera spica-venti*. The air humidity three days before or after application has only a low influence on the effect of the treatment. Herbicide resistance of *Apera spica-venti* against sulfonylurea herbicides has a negative influence on the effect of pinoxaden. Particularly mixtures of pinoxaden with Concert SX, Gropper SX and Pointer SX show antagonistic effects, if a resistance against this ALS-target exists.

Keywords: *Apera spica-venti*, Axial 50, tankmix

1. Einleitung

Der Wirkstoff Pinoxaden (ACCCase-Hemmer, Wirkstoffgruppe A nach HRAC) wird in Axial 50 mit 45 g a.i./ha (0,9 l/ha) zur Windhalmbekämpfung im Frühjahr eingesetzt, insbesondere nachdem Populationen von *Apera spica-venti* (APESV) zunehmend eine Sulfonylharnstoffresistenz aufweisen. Pinoxaden wirkt vorrangig gegen Ungräser wie Gemeinen Windhalm (*Apera spica-venti*), Flughäfer (*Avena fatua*), Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) und Weidelgräser (*Lolium* spp.). Zur Bekämpfung von dikotylen Unkräutern benötigt Axial 50 einen Mischpartner (RAFFEL et al., 2006). Erstmals in 2009 zeigten sich in Einzelversuchen mit Axial 50 in einer Aufwandmenge von 0,9 l/ha

(45 g Pinoxaden/ha) plus dem Mischpartner Primus (Florasulam 50 g/l) antagonistische Effekte in der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz (BARTELS, 2009). In den Versuchsjahren 2010 und 2011 wurden unterschiedliche Tankmischungen aus Axial 50 plus Partner auf antagonistische Effekte überprüft.

2. Material und Methoden

2.1 Material

In den Versuchsjahren 2010 und 2011 wurden auf nachfolgenden Versuchsstandorten der Landwirtschaftskammer (LWK) Niedersachsen Exaktversuche durchgeführt.

Tab. 1 Versuchsstandorte mit Resistenzstatus.

Tab. 1 Test location with resistance status.

Jahr	Standort	Rispen in App.	Luft- feuchte bei App.	Luft- feuchte 3 Tage vor App.	Luft- feuchte 3 Tage nach App.	Tage zwischen Saat- termin und App.	Boden- feuchte bei App. 0=trocken; 1=feucht	Boden- art 0=leicht; 1=mittel bis schwer	Resistenz gegen Iodosulfuron (93,2 g/l) 0=nein; 1=ja	Bere- gnung 0=nein; 1=ja
2010	Aligse	563	72	60	70	139	1	0	0	1
2010	Feldbergen	179	68	85	85	152	1	1	0	0
2010	Hänigsen	83	60	65	60	164	1	0	0	1
2010	Jembke	502	65	75	70	198	1	0	1	1
2010	Oberlangen	408	75	95	70	167	1	1	0	0
2010	Vordorf	221	60	80	78	167	1	1	1	0
2011	Aligse	206	68	90	70	151	1	0	0	1
2011	Bad Laer	83	65	73	60	164	0	0	0	0
2011	Bakum	10	75	78	70	172	0	0	0	0
2011	Ehmen	1153	68	65	65	181	0	1	1	0
2011	Engensen	53	68	65	65	181	1	0	0	0
2011	Gersten	279	80	65	85	159	0	1	0	0
2011	Hänigsen	108	70	80	65	173	1	0	0	1
2011	Mölme	40	65	75	75	177	0	1	0	0
2011	Stalförden	29	70	75	65	185	0	1	0	0
2011	Vordorf	132	68	65	65	186	0	1	1	0

App. = Applikation

Die Wetterdaten entstammen den Wetterstationen der LWK Niedersachsen. Auf den Standorten Ehmen, Jembke und Vordorf konnten herbizidresistente Windhalmpopulationen gegen Sulfonylharnstoffe (Iodosulfuron 93,2 g/l) nachgewiesen werden (WOLBER et al., 2009; WOLBER, 2010, 2011b). Eine Herbizidresistenz gegen Pinoxaden ist auf diesen Standorten nicht festgestellt.

2.2 Methoden

Alle Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen (1-faktoriell) mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug 20 - 24 m². Die Versuchsanlage und Durchführung erfolgte gemäß den EPPO Richtlinien:

EPPO Standard PP 1/181(3): Richtlinie zur Durchführung und Berichterstattung von Wirksamkeitsprüfungen

EPPO Richtlinie PP 1/93 (3) Unkräuter in Getreide sowie EPPO Richtlinie PP 1/135 (3) Bewertung der Phytotoxizität.

Die Applikation wurde an den Standorten zu verschiedenen Entwicklungsstadien der Kultur (BBCH 11 bis 29) mit einem Schachtner Parzellenspritzgerät durchgeführt (Wasseraufwandmenge mindestens 200 l/ha, Gehgeschwindigkeit 3,6 km/h, IDK 12002 2,4 bar, Spritzhöhe 50 cm). Die Kulturverträglichkeit und biologische Wirkung wurden visuell erfasst. Die Bewertung erfolgte

prozentual im Vergleich zur unbehandelten Kontrollparzelle. Das Auftreten der Unkräuter wird durch Zählung pro m² in den unbehandelten Kontrollen ermittelt.

Die ersten Bonituren von APESV (*Apera spica-venti*) wurden zwischen 2-8 Wochen nach Behandlung durchgeführt. Behandlungstermine wie auch Boniturtermine sind in Gruppen zusammengefasst. In der End- bzw. Abschlussbonitur wurden in den unbehandelten Kontrollen an fünf Stellen die Anzahl Rispen/m² ermittelt und daraus jeweils ein Mittelwert gebildet. In den behandelten Parzellen erfolgte die Abschlussbonitur mittels Schätzung der Unkrautwirkung (0 % = keine Wirkung, 100 % = volle Wirkung). Nachfolgende Versuchsvarianten wurden überprüft.

Tab. 2 Versuchsvarianten.

Tab. 2 List of test variants.

Versuchsvarianten	Wirkstoff des Mischpartners	Wirkprinzip des Mischpartners (Gruppe nach HRAC*)
Axial 50 (0,9 l/ha)		-
Axial 50 (0,9) + Primus (0,1 l/ha)	Florasulam (50 g/l)	ALS-Hemmer (B)
Axial 50 (0,9) + Gropper SX (0,03 kg/ha)	Metsulfuron (192,7 g/kg)	ALS-Hemmer (B)
Axial 50 (0,9) + Ariane C (1,0 l/ha)	Fluroxypyr (100 g/l) Florasulam (2,5 g/l) Clopyralid (80 g/l)	Indolessigsäure/Auxin-Hemmer (O) ALS-Hemmer (B) Indolessigsäure/Auxin-Hemmer (O)
Axial 50 (0,9) + Pointer SX (0,04 kg/ha)	Tribenuron (482,3 g/kg)	ALS-Hemmer (B)
Axial 50 (0,9) + Concert SX (0,1 kg/ha)	Metsulfuron (38,4 g/kg) und Thifensulfuron (384,5 g/kg)	ALS-Hemmer (B)
Axial 50 (0,9) + Duplosan DP (1,5 l/ha)	Dichlorprop-P (600 g/l)	Indolessigsäure/Auxin-Hemmer (O)

* HRAC = Herbicide Resistance Action Committee

3. Ergebnisse

3.1 Wirkungen der Varianten nach unterschiedlichen Behandlungsterminen

Die Versuchsstandorte werden nach den Behandlungsterminen dargestellt, wobei die Versuchsjahre 2010 und 2011 getrennt betrachtet werden. Die mittleren Wirkungsgrade der Behandlungsvarianten werden in Gruppen für den frühen Behandlungstermin (BBCH 11-13 der Kultur), den mittleren Behandlungstermin (BBCH 21-23 der Kultur) und den späten Behandlungstermin (BBCH 25-29 der Kultur) dargestellt. Die Bonitur von APESV (*Apera spica-venti*) erfolgt 2-8 Wochen nach Behandlung (Frühbonitur), dieser Zeitraum wurde in drei Gruppen (11-15 Tage, 24-28 Tage und 32-59 Tage) zur besseren Übersicht zusammengefasst.

ALS-Hemmer (HRAC-Gruppe: B) als Mischpartner: In beiden Versuchsjahren zeigte die frühe Behandlung im Zeitraum BBCH 11-23 einen höheren Bekämpfungserfolg als Behandlungen in BBCH 25-29. Antagonistische Effekte von Mischungen traten besonders bei Applikation in späteren Entwicklungsstadien stärker in Erscheinung. Im Versuchsjahr 2010 war der Bekämpfungserfolg mit Pinoxaden (Axial 50 mit 0,9 l/ha) ohne Mischpartner in BBCH 11-13 deutlich höher als mit einem Mischpartner. Dieser Effekt war im Versuchsjahr 2011 nicht in dieser Ausprägung festzustellen. Besonders die Mischpartner Concert SX (0,1 kg/ha), Pointer SX (0,04 kg/ha) und Gropper SX (0,03 kg/ha) senkten den Bekämpfungserfolg gegenüber der Soloanwendung von Axial 50. Dieser Effekt war in 2010 nach frühzeitiger Behandlung und in 2011 unabhängig vom Behandlungstermin festzustellen. Auch der Partner Primus (0,1 l/ha) deutete gegenüber dem Soloeinsatz von Pinoxaden (Axial 50 mit 0,9 l/ha) während der frühen Behandlung in 2010 und in 2011 eine verminderte Wirkung gegen Windhalm an. Dieser Effekt war zur späten Behandlung in 2011 nicht mehr feststellbar. Hier zeigt die Mischung mit Primus (0,1 l/ha) sogar eine verstärkte Wirkung gegen Windhalm.

Indolessigsäure/Auxin-Hemmer (HRAC-Gruppe: O) als Mischpartner: Bei dem Mischungspartner Ariane C (1,0 l/ha) war eine Wirkungsminderung gegenüber dem alleinigen Einsatz von Pinoxaden (Axial 50 mit 0,9 l/ha) mit Ausnahme der frühen Behandlung in 2010 und der späten Behandlung in 2011 kaum feststellbar. Duplosan DP minderte die Wirkung von Pinoxaden gegen Windhalm als Mischpartner, unabhängig vom Behandlungstermin. Nur in der späten Anwendung in 2010 zeigte die Mischung mit Duplosan DP vergleichbare Wirkungen wie Pinoxaden (Axial 50 mit 0,9 l/ha) ohne Mischpartner.

Die Luftfeuchtigkeit zum Zeitpunkt der Behandlung hatte auf die Wirkung der Behandlungen gegen APESV einen Einfluss von 23 %. Dagegen führte höhere Luftfeuchtigkeit (>10 %) drei Tage vor bzw. nach der Behandlung nur zu 10 bzw. 5 % besserer Wirkung. Entsprechend hatte die Luftfeuchtigkeit während der Behandlung einen höheren Einfluss auf den Bekämpfungserfolg gegen APESV als die Luftfeuchtigkeit vor oder nach der Behandlung.

3.2 Bonituren der Standorte

Die Wirkung von Pinoxaden gegen APESV unterscheidet sich in der Frühbonitur und in der Endbonitur nur geringfügig zwischen den Standorten, wogegen Pinoxaden mit Mischpartnern eine stärkere Streuung der Bonituren über die Standorte zeigt (Tab. 3 und 4).

Die Wirkung von Pinoxaden gegen APESV unterschied sich in der Frühbonitur und in der Endbonitur nur geringfügig zwischen den Standorten. Dagegen führte die Mischung aus Pinoxaden plus Partnern zu einer größeren Streuung der Ergebnisse der jeweiligen Variante über die Standorte (Tab. 3 und 4).

Die höchste Streuung der Endbonituren war zwischen den Standorten in 2010 für die Mischung mit Gropper SX ($s = 7,5$), Concert SX ($s = 7,4$), Pointer SX ($s = 7,5$) festzustellen. Im Jahr 2011 waren die Streuungen der Endbonituren geringer als in 2010. Die größte Streuung der Endbonituren zwischen den Standorten war in 2011 für die Mischung mit Gropper SX ($s = 6,1$) sowie eine mittlere Streuung für die Varianten Duplosan DP ($s = 3,0$) und Concert SX ($s = 2,6$) festzustellen.

Eine vorhandene Herbizidresistenz gegen Sulfonylharnstoffe beeinflusst die Wirkung von Pinoxaden wenn Mischpartner dazukommen. Die Varianten Pinoxaden (Axial 50 mit 0,9 l/ha) ohne Mischpartner und Axial 50 plus Primus zeigen die höchsten Wirkungen in der Abschlussbonitur, unabhängig ob eine Herbizidresistenz gegen Sulfonylharnstoffe auf diesem Standort bekannt ist oder nicht.

Tab. 3 Wirkungen gegen APESV (Endbonituren) für die Standorte in 2010.

Tab. 3 Efficacy against APESV (last rating) for the test locations in 2010.

	Aligse	Feld- bergen	Hänigsen	Jembke	Ober- langen	Vordorf	Standard- abw.
Axial 50 (0,9) + Concert SX (0,1 kg/ha)	78		97	92	99	94	7,4
Axial 50 (0,9 + Duplosan DP (1,5 l/ha)	84	98	99		97	98	5,6
Axial 50 (0,9 + Gropper SX (0,03 kg/ha)	78	97	98	98	100	95	7,5
Axial 50 (0,9 + Pointer SX (0,04 kg/ha)	78	95	99	93	99	99	7,4
Axial 50 (0,9 + Primus (0,1 l/ha)	84	97	97	100	100	96	5,4
Axial 50 (0,9 l/ha)	96	99	100	96	100	100	1,7
Axial 50 (0,9 + Ariane C (1,0 l/ha)	89	98	99	100	100	100	3,9

Tab. 4 Wirkungen gegen APESV (Endbonituren) für die Standorte in 2011.**Tab. 4** Efficacy against APESV (last rating) for the test locations in 2011.

	Aligse	Bad Laer	Bakum	Ehmen	Engen-sen	Gersten	Hänigsen	Mölme	Stal-förden	Vor-dorf	Standard-abw.
Axial 50 (0,9) + Concert SX (0,1 kg/ha)	99	99	98			100	98	91	99	98	2,6
Axial 50 (0,9 + Duplosan DP (1,5 l/ha)	98	100	90			98	99	97	99	99	3,0
Axial 50 (0,9 + Gropper SX (0,03 kg/ha)	98	99	98	79	100	100	98	96	99	97	6,1
Axial 50 (0,9 + Pointer SX (0,04 kg/ha)	99	98	100			100	99	96	98	99	1,2
Axial 50 (0,9 + Primus (0,1 l/ha)	99	100	100	99	100	100	99	99	100	100	0,6
Axial 50 (0,9 l/ha)	99	100	100	99	100	100	99	99	100	100	0,5
Axial 50 (0,9 + Ariane C (1,0 l/ha)	99	96	100			100	99	99	100	100	1,3

Auch bei den Frühbonituren zeigen sich auf den Standorten mit einer Herbizidresistenz gegen Sulfonylharnstoffe (Ehmen, Jembke, Vordorf) geringere Wirkungen gegen *Apera spica-venti* als auf den Standorten ohne bekannte Herbizidresistenz. Allerdings verdeutlicht die Frühbonitur nur einen sehr geringen Unterschied zwischen den Varianten, so dass eine relative Vorzüglichkeit von Pinoxaden ohne Mischpartner auf Standorten mit Sulfonylharnstoffresistenz nur in der Endbonitur deutlich wird.

4. Diskussion

Mischungen von ACCase-Hemmern und Sulfonylharnstoffen zeigen in der Praxis häufiger Wirkungsminderungen oder sogar antagonistische Effekte (WOLBER, 1999). In der Literatur sind häufiger antagonistische Effekte zu ACCase-Hemmern und Wuchsstoffen zu finden (OLSON und NALEWAJA, 1981; SHU et al., 1994, 1995). Allerdings kann das Phänomen der antagonistischen Effekten und deren Ursachen bisher nicht vollständig erklärt werden (HALL, 2004). Antagonistische Effekte lassen sich kaum in einem einfachen linearen Modell beschreiben (BLOUIN und ZHANG, 2004). In der Literatur werden vier Ursachen zur Entwicklung von antagonistischen Effekten beschrieben (HATZIOS und PENNER, 1985; GREEN, 1989; ZHANG, 1995).

1. Biochemischer Antagonismus: Wirkung eines Herbizids wird durch Bindung, metabolischer Inaktivierung oder verminderter Aufnahme vermindert,
2. Antagonismus durch Konkurrenz: Wirkung eines Herbizids wird durch Bindung eines anderen Herbizids behindert,
3. Physiologischer Antagonismus: Zwei Herbizide behindern sich gegenseitig durch unterschiedliche biologische Effekte,

4. Chemischer Antagonismus: Ein Herbizid reagiert chemisch mit einer anderen Substanz und wird in der Wirkung behindert.

Mindestens ein Prozess oder auch mehrere sind beim Auftreten von antagonistischen Effekten bei der Aufnahme, dem Transport oder der Metabolisierung bzw. Entgiftung in der Pflanze beteiligt (ZHANG, 1995; HALL, 2004). Bei der Aufnahme treten überwiegend antagonistische und seltener synergistische Effekte auf, unabhängig ob zwei Herbizide am gleichen oder unterschiedlichen Organ der Pflanze eintreten (ZHANG, 1995). Auch beim Transport in der Pflanze treten überwiegend antagonistische Effekte auf, unabhängig davon ob im Phloem oder im Xylem immer nur ein Herbizidwirkstoff vorrangig transportiert wird (ZHANG, 1995). Dieser Effekt des Wirkstofftransports bewirkt auch, dass in monokotylen Pflanzen eher antagonistische Effekte festzustellen sind als in Dikotylen. Monokotyle haben längere Transportwege bis zwei konkurrierende Wirkstoffe die aktiven Meristeme erreichen (DAMALAS, 2004). Meristeme liegen bei Dikotylen meist oben, nahe der Blattaufnahme. Monokotyle haben ihre Meristeme in tieferen Lagen, meist weit entfernt von der Blattaufnahme der Wirkstoffe.

Der Phloemtransport bedingt, dass die Moleküle in leicht saurem Zustand vorliegen müssen und das für deren Transport Saccarose notwendig ist (LICHTNER, 1986). In Abhängigkeit von dem molekülspezifischen Saccaroseverbrauch sind wirkstoffspezifische Transportraten für unterschiedliche Sulfonylharnstoffe möglich (LICHTNER, 1986). Die antagonistischen Effekte der Mischungen treten bei Applikation in späteren Entwicklungsstadien stärker in Erscheinung. Nach DAMALAS (2004) ist der gezielte Entgiftungsprozess bei jüngeren Pflanzen schwächer ausgebildet. Die Aufnahme und der Transport von zwei konkurrierenden Wirkstoffen ist in jüngeren Pflanzen effektiver (DAMALAS, 2004). Gehören zwei Herbizide einer ähnlichen chemischen Struktur an und haben sie auch einen ähnlichen Abbau- bzw. Entgiftungsprozess in der Pflanze, sind synergistische Effekte häufiger zu beobachten als antagonistische Effekte (ZHANG, 1995).

Bei unterschiedlichen chemischen Strukturen, unterschiedlichen Wirkungsweisen („Mode of Action“) und unterschiedlichen Abbau- bzw. Entgiftungsprozessen überwiegen eher antagonistische Effekte zwischen zwei Herbiziden in der Mischung (ZHANG, 1995). Pinoxaden gehört zu der chemischen Gruppe der Phenylpyrazoline und wird in Axial 50 mit dem Safner Cloquintocet-metyl kombiniert (RAFFEL et al., 2004). Die Wirkstoffaufnahme von Pinoxaden erfolgt über die Blätter der Schadgräser mit einer anschließenden basi- und akropetalen Verlagerung in der Pflanze, wobei die akropetale Verlagerung überwiegt (RAFFEL et al., 2006). Pinoxaden greift in die Lipidbiosynthese (ACCCase-Hemmer) ein.

Die Herbizide der ALS-Gruppe greifen dagegen in die Synthese von Aminosäuren ein und stören so den Protein- oder Enzymaufbau; die Effekte sind wirkstoffspezifisch. Die Frage, wie die hier untersuchten Wirkstoffkombinationen sich gegenseitig stören und antagonistische Effekte entstehen, kann anhand der hier durchgeführten Untersuchungen nicht beantwortet werden. Es wären weitere Untersuchungen notwendig, insbesondere Experimente mit radioisotop markierten Wirkstoffen (SHU et al., 1995) könnten neue Ergebnisse liefern. Der Wirkstoff Pinoxaden wird mit 50 g/l in der vollen zugelassenen Aufwandmenge zur Windhalmbekämpfung als Axial 50 (0,9 l/ha) zur Mischung mit Alliance, Primus, Starane 180, Starane XL, Biathlon, Loreda, MCPA (bis 900 g Aktivsubstanz/ha), Ciral, Gropper SX (Wirkungsschwächen gegen Windhalm), IPU (bis 1000 g Aktivsubstanz /ha), Aniten Super, Ariane C und Duanti vom Hersteller empfohlen (RAFFEL, 2011). Anhand der beschriebenen Versuchsergebnisse sind Mischungen von Pinoxaden (Axial 50) nur mit Primus und Ariane C zu empfehlen. Weiterhin liegen gute Erfahrungen zu Mischungen mit Starane XL vor (WOLBER, 2011a).

Tab. 5 Mischpartner für Axial 50 (RAFFEL, 2011).**Tab. 5** *Mixing partners for Axial 50 (RAFFEL, 2011).*

Mischpartner	Wirkstoff und Wirkstoffgruppe nach HRAC	Bemerkung
Alliance	Metsulfuron - Methyl 60 g/kg (B) Diflufenican 600 g/kg	
Primus	Florasulam 50 g/l (B)	
Starane XL	Fluroxypyr 100 g/l (O) Florasulam 2,5 g/l (B)	
Biathlon	Tritosulfuron 714 g/kg (B)	
Loredo	Mecoprop-P 500 g/l (O) Diflufenican 33 g/l F1)	
MCPA	MCPA 500 g/l (O)	bis 900 g Aktivsubstanz /ha
Starane 180	Fluroxypyr 180 g/l (O)	
Ciral	Flupyralsulfuron 308 g/kg (B) Metsulfuron 161 g/kg (B)	
Gropper SX	Metsulfuron 192,7 g/kg (B)	Wirkungsschwäche gegen Windhalm
IPU	Isoproturon 500 g/l (C2)	Bis 1000 g Aktivsubstanz /ha
Aniten Super	loxynil 180 g/l (C3) Mecoprop-P 290 g/l (O)	Nur zur Bekämpfung von <i>Apera spica-venti</i> , nicht gegen <i>Alopecurus myosuroides</i>
Ariane C	Fluroxypyr 100 g/l (O) Florasulam 2,5 g/l (B) Clopyralid 80 g/l (O)	Nur zur Bekämpfung von <i>Apera spica-venti</i> , nicht gegen <i>Alopecurus myosuroides</i>
Duanti	Fluroxypyr 40 g/l (O) Clopyralid 20 g/l (O) MCPA 200 g/l (O)	Nur zur Bekämpfung von <i>Apera spica-venti</i> , nicht gegen <i>Alopecurus myosuroides</i>

Andere Herbizide der Wirkstoffgruppen ALS-Hemmer (Gruppe B nach HRAC) oder Indoleessigsäure/Auxin-Hemmer (Gruppe O nach HRAC) sind als Mischpartner nach den dargestellten Ergebnissen nicht zu empfehlen. Ausschließlich Primus, Ariane C und Starane XL zeigen in den Versuchsjahren 2010 und 2011, dass sie der Wirkung von Pinoxaden nicht nachhaltig entgegenwirken. Laut Hersteller kann die Mischung von Pinoxaden plus Ariane C gegen *Alopecurus myosuroides* zu schwankenden Wirkungen führen (RAFFEL, 2011). Bei reduzierten Mengen von Pinoxaden in Mischung mit Concert SX sind antagonistische Effekte bei großen *Apera spica-venti* zu beobachten (RAFFEL, 2011). Der stärkste antagonistische Effekt ist bei Mischungen von Pinoxaden plus Pointer SX oder Refine Extra unabhängig von der Gräserart festzustellen (RAFFEL, 2011). Der Hersteller von Pinoxaden schließt weiterhin die Mischung mit carfentrazonhaltigen Produkten (Artus, Platform S, Oratio und Lexus Class) sowie bifenoxyhaltigen Produkten (Fox, Foxtril Super) aus, da hier Pflanzenschäden der Kultur möglich sind (RAFFEL, 2011). Pflanzenschäden sind auch bei Mischungen von Pinoxaden mit TrioFlex oder HerbaFlex zu beobachten (RAFFEL, 2011).

Es wurde gezeigt, dass die Luftfeuchtigkeit während der Behandlung einen deutlich stärkeren Einfluss auf die Wirkung von Pinoxaden und Pinoxaden plus Sulfonylharnstoffpartner hat als die Luftfeuchtigkeit nach der Applikation. Auch die Luftfeuchtigkeit vor der Behandlung hat einen gewissen Einfluss, dessen Ausmaß allerdings bei länger andauernder Hochdruckwetterlage und entsprechend undurchlässigerer Blattoberfläche oder verminderter Aufwandmengen in der Applikation noch zunehmen kann (RAFFEL, 2011).

Eine vorhandene Herbizidresistenz gegen Sulfonylharnstoffe bewirkt in den vorliegenden Untersuchungen, dass die Wirkung von Pinoxaden in Mischung mit Sulfonylharnstoffen ebenfalls

nachlässt und nur Pinoxaden ohne Mischpartner oder Axial 50 plus Primus noch ausreichende Wirkungsgrade gegen APESV erreicht. Dieser Zusammenhang wurde in der vorhandenen Literatur bislang noch nicht beschrieben. Das liegt sicherlich in der Tatsache begründet, dass der Selektivitätsverlust einzelner APESV-Populationen gegen Sulfonylharnstoffe sehr rasch ging (WOLBER, 2010, 2011b) und hier noch erst wenige Kenntnisse über mögliche Ursachen vorliegen. Bei einem Selektivitätsverlust von Sulfonylharnstoff gegen APESV liegt die verbleibende Wirkung im Frühjahrseinsatz auf dem Wirkstoff Pinoxaden oder weiteren flufenacethaltigen Bodenherbiziden, die allerdings nur im Herbst zum Einsatz kommen. Denkbar wäre, dass auch ein Selektivitätsverlust von Pinoxaden gegen APESV ebenso schnell stattfinden kann oder bereits stattgefunden hat und noch nicht in der Praxis sichtbar ist. Eine Wirkung von Pinoxaden könnte sich bei einem beginnenden Selektivitätsverlust durch einen antagonistischen Effekt darstellen oder von diesem überlagert werden. Um diesen Zusammenhang genauer betrachten zu können, sind intensive metabolische Studien zu Pinoxaden auf den untersuchten Standorten notwendig.

Literatur

- BARTELS, M., 2009: VERSUCHSBERICHT DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, BEZIRKSSTELLE NORTHEIM UND ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR INTEGRIERTE PFLANZENPRODUKTION SÜDHANNOVER E.V., 57.
- BLOUIN, D., E. WEBSTER AND W. ZHANG, 2004: ANALYSIS OF SYNERGISTIC AND ANTAGONISTIC EFFECTS OF USING NONLINEAR MIXED-MODEL METHODOLOGY. *WEED TECHNOLOGY* **18**, 464-472.
- DAMALAS, C.A., 2004: INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY 06-1, 209-212.
- GREEN, J.M., 1989: HERBICIDE ANTAGONISM AT THE WHOLE PLANT LEVEL. *WEED TECHNOLOGY* **3**, 217-226.
- HALL, G., 2004: ACCASE ANTAGONISM, UNVERÖFFENTLICHT, PERSÖNLICHE MITTEILUNG.
- HATZIOS, K.K. AND D. PENNER, 1985: INTERACTIONS OF HERBICIDES WITH OTHER AGROCHEMICALS IN HIGHER PLANTS. *REVIEWS OF WEED SCIENCE* **1**, 1-63.
- RAFFEL, H, K. BASSERMANN AND B. DÜFER, 2004: SYD 11410 H – EIN NEUES HERBIZID ZUR BEKÄMPFUNG VON UNGRÄSER IM GETREIDEBAU MITTEILUNGEN AUS DER BIOLOGISCHEN BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT **396**.
- RAFFEL, H., P. NIELSEN UND W. RÜEGG, 2006: AXIAL – EINFLUSS DES ANWENDUNGSZEITPUNKTES AUF DIE WIRKUNGSSICHERHEIT GEGEN SCHADGRÄSER IN GETREIDE. *JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION SPECIAL ISSUE XX*, 1039-1046.
- RAFFEL, H., 2011: AXIAL UND FREIGEGBENE MISCHPARTNER, MÜNDLICHE MITTEILUNG.
- LICHTNER, F.T. 1986: PHLOEM TRANSPORT OF AGRICULTURAL CHEMICALS. IN: LISS, A.R.: PHLOEM TRANSPORT, INC., 601-608.
- OLSON, W. A. AND J. D. NALEWAJA, 1981: ANTAGONISMIC EFFECTS OF MCPA ON WILD OAT (*AVENA FATUA*) CONTROL WITH DICLOFOP. *WEED SCIENCE* **29**, 566-571.
- SHU H.L., A.I. HSIAO AND W.A. QUICK, 1994: INTERACTION BETWEEN IMAZAMETHABENZ AND FENOXAPROP IN WILD OAT CONTROL AND CROP TOLERANCE. *CROP PROTECTION* **13**, 525-530.
- SHU H.L., A.I. HSIAO, W.A. QUICK, T.M. WULF AND J.A. HUME, 1995: EFFEKT VON MCPA UND FENOXAPROP AUF PHYTOTOXIZITÄT, RETENTION, FOLIAR UPTAKE UND TRANSLOCATION VON IMAZAMETHABENZ IN WILD OAT. *CROP PROTECTION* **14**, 275-281.
- WOLBER, D.M., 1999: MISCHUNGEN VON PFLANZENSCHUTZ- UND DÜNGEMITTELN IM GETREIDE – MÖGLICHKEITEN UND RISIKEN –, TOP AGRAR, AUSGABE 12.
- WOLBER, D.M., G. WARNECKE-BUSCH UND T.-H. NIEHOFF, 2009: GRÄSER UND UNKRÄUTER FRÜHZEITIG BEHANDELN. *GETREIDEMAGAZIN*, HEFT 1, 4-18.
- WOLBER, D.M., 2010: RESISTENZVERMEIDUNG IM BLICKFELD. *LAND & FORST*, HEFT 5, 16-24.
- WOLBER, D.M., 2011a: HERBIZIDEMPFEHLUNGEN UND MISCHPARTNER, UNVERÖFFENTLICHT.
- WOLBER, D.M., 2011b: HERBIZIDRESISTENZ UND HERBIZIDEMPFEHLUNGEN. *GETREIDEMAGAZIN* **3**, 16-26.
- ZHANG, J., 1995: ANTAGONISM AND SYNERGISM BETWEEN HERBICIDES: TRENDS FROM PREVIOUS STUDIES. *WEED TECHNOLOGY* **9**, 86-90.