

Die aktuelle Situation der Herbizidresistenzen in der Schweiz

Frédéric Tschuy und Judith Wirth

Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 1260 Nyon, Suisse

Auskünfte: Frédéric Tschuy, E-Mail: frederic.tschuy@agroscope.admin.ch

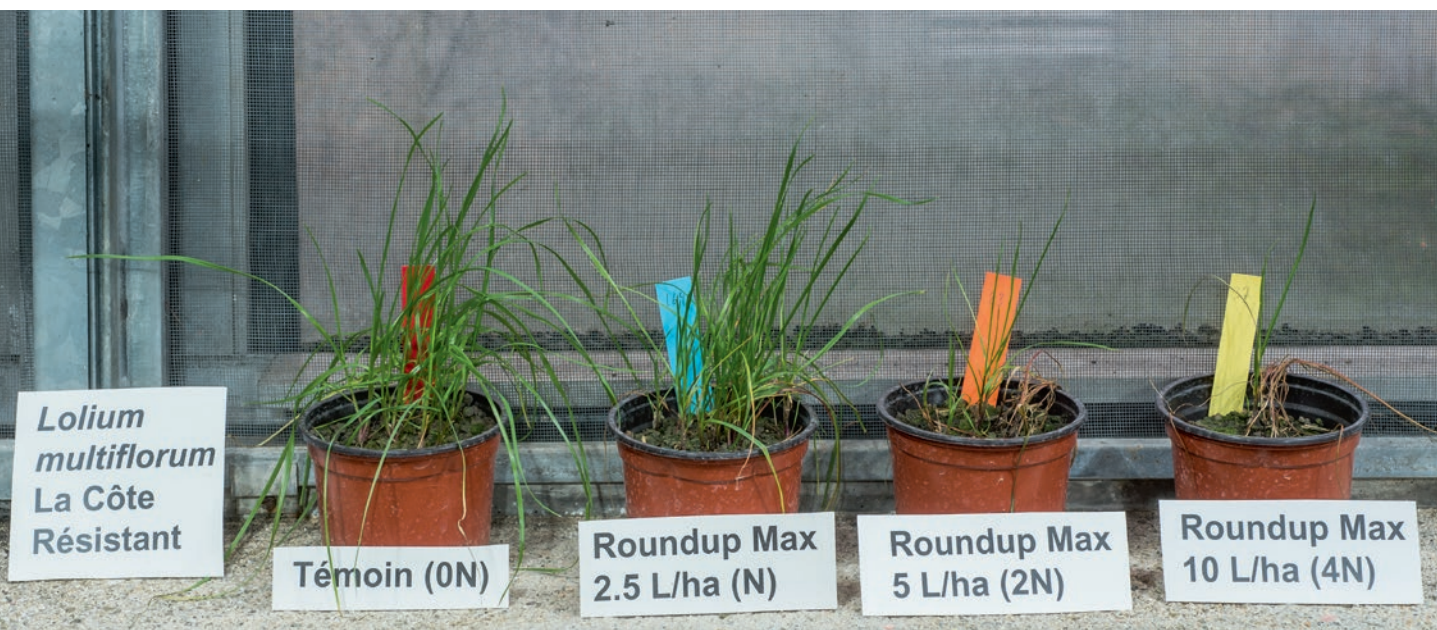


Abb. 1 | Beispiel für einen Glyphosat-Resistenztest mit italienischem Raigras. (Foto : Carole Parodi)

Einleitung

Seit dem Auftreten der ersten Herbizid resistenten Unkräuter 1957 (Hilton 1957), nehmen die Resistenzen weltweit kontinuierlich zu und treten aktuell bei 247 verschiedenen Unkrautarten auf (144 Dikotyledone und 103 Monokotyledone). 22 der 25 Wirkmechanismen und 157 unterschiedliche Herbizide in 86 Kulturen und 66 Ländern sind betroffen (Heap 2015). Nach internationaler Expertenmeinung sind in den nächsten zehn Jahren keine neuen Wirkstoffe von den Agrarchemie-Firmen zu erwarten (Petersen *et al.* 2015). Da die Bewilligungen vieler alter herbizider Wirkstoffe zurückgezogen oder deren Einsatz stark eingeschränkt wird nimmt das verfügbare Spektrum an Herbiziden von Jahr zu Jahr ab. Deshalb müssen vorhandene alternative Massnahmen angewendet werden um neue Resistenzentwicklungen so lange wie möglich zu vermeiden. Die erste Herbizid Resistenz in der Schweiz wurde 1977 bestätigt (Gressel *et al.* 1982). Seitdem hat sich das Problem verschärft. Neue Resistenzen in bisher nicht betrof-

fenen Unkrautarten wurden entdeckt. Um sich einen besseren Überblick zu verschaffen und das Phänomen besser in den Griff zu bekommen, testet die Forschungsgruppe Herbologie Acker- und Weinbau bei Agroscope in Changins seit 2011 Verdachtsproben aus dem ganzen Land auf Herbizid Resistenz.

Herbizid Resistenz

Herbizid Resistenz ist das Ergebnis der adaptiven Evolution einer Unkrautpopulation aufgrund eines intensiven Selektionsdrucks durch Herbizide (Délye *et al.* 2013b). Eine resistente Pflanze ist eine Pflanze die eine korrekt durchgeführte Herbizid Behandlung überlebt hat. Durch eine wiederholte Anwendung von Herbiziden mit dem gleichen Wirkstoff oder mit demselben Wirkmechanismus (HRAC Code) (Tab. 1) werden empfindliche Pflanzen abgetötet und einzelne Unkräuter mit natürlich vorhandenen Herbizid Resistenzen überleben (Délye *et al.* 2013a). Die Pflanzen, die eine Herbizid Behandlung überleben, können über mehrere Generationen Samen

bilden und ihre ökologische Nische vollständig besetzen, so dass praktisch die gesamte Population der entsprechenden Unkrautart eines Feldes resistent werden kann. Es gibt zwei Arten von Resistenzen:

Bei der **wirkortspezifischen Resistenz** (*target site resistance*) ist die Expression des Target-Proteins erhöht oder der Wirkort im Unkraut ist so verändert, dass das Herbizid nicht mehr an seiner spezifischen Bindungsstelle angreifen kann.

Die **metabolischen Resistenz** (*non target site resistance*) beinhaltet alle anderen Mechanismen wie z.B. eine verringerte Penetration des Wirkstoffs in die Pflanze (Délye *et al.* 2013b).

Einteilung der Herbizide nach Wirkmechanismen

Die herbiziden Wirkstoffe werden durch die HRAC Klassifizierung bezüglich ihrer biochemischen Wirkmechanismen in Gruppen eingeteilt (<http://hracglobal.com>). Diese Gruppen sind durch einen Buchstabencode gekennzeichnet (Abb. 1). Diese sehr pragmatische Einteilung ermöglicht es Bekämpfungsstrategien gegen resistente Unkräuter zu entwickeln. Sowohl weltweit als auch schweizweit entwickeln sich die meisten neuen Herbizid Resistenzen bei ALS-Hemmern, gefolgt von Photosynthese II und ACCase-Hemmern (Heap 2015) (Tab. 1).

Zusammenfassung

In der modernen Landwirtschaft sind herbizidresistente Unkräuter weltweit ein Problem, das sich von Jahr zu Jahr verschärft. In einigen Gegenden Nordeuropas lässt sich der Ackerfuchsschwanz, aufgrund von Mehrfachresistenzen gegen verschiedene Herbizide, kaum noch kontrollieren. Herbizidresistenzen verbreiten sich auch in der Schweiz immer schneller. Um die Entstehung neuer Resistenzen und deren Verbreitung zu verfolgen, führt Agroscope seit 2011 ein Monitoring auf nationaler Ebene durch. Dieses Monitoring erlaubt es, zusammen mit den kantonalen Pflanzenschutzdiensten, lokal angepasste Präventionsstrategien zu entwickeln. In der Schweiz weisen aktuell vier Unkrautarten Resistenzen auf: drei Monokotyledonen (Ackerfuchsschwanz, Windhalm und Italienisches Raigras) und eine Dikotyledone (weisser Gänsefuss). Sie haben Resistenzen gegenüber fünf unterschiedlichen biochemischen Wirkmechanismen entwickelt, die international durch das *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC) definiert werden. Um das Auftreten neuer Resistenzen zu verhindern oder um die bereits vorhandenen zu managen muss ein fachgerechter Werkstoffeinsatz mit ackerbau-lichen Massnahmen kombiniert werden.

Tab. 1 | Herbizid-Gruppen bei denen in der Schweiz Resistenzen auftreten

Wirkmechanismus/ Wirkstoffklasse	HRAC-Code	Wirkstoffgruppe	Beispielwirkstoff			
ACCcase-Hemmer*	A	Fops	Fenoxaprop Fluazifop			
		Dens	Pinoxaden			
		Dims	Clethodim			
ALS-Hemmer	B	Sulfonylharnstoffe	Flupyrsulfuron Iodosulfuron Mesosulfuron			
			Photosynthese II-Hemmer	C1	Triazinone	Metribuzin Metamitron
					Triazine	Simazine
Photosynthese II-Hemmer	C2	Harnstoffe	Isoproturon Chlorotoluron			
EPSP Synthase-Hemmer	G	Aminophosphonate	Glyphosat			

ACCcase = acetyl CoA carboxylase. ALS = acetolactate synthase. EPSP synthase = 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase.

*Der Wirkungsmechanismus der ACCcase Hemmer beinhaltet drei Wirkstoffgruppen für die man folgende Abkürzungen verwendet: «FOPs» für Aryloxyphenoxypropionate, «DENS» für Phenylpyrazoline und «DIMS» für Cyclohexanedione.



Abb. 2 | Bestätigte Herbizidresistenzen bei Windhalm seit 2011 in der Schweiz.

Herbizidresistenz Monitoring in der Schweiz

Angesichts der Zunahme der gemeldeten Fälle in der Schweiz und in Anbetracht der teilweise prekären Situation in unseren Nachbarländern führt Agroscope in Changins ein Herbizid Resistenz Monitoring durch. Dazu haben wir ein reaktives System gewählt. In der Praxis ist diese Strategie weit verbreitet, da die betroffenen Personen über Intensität und Bedeutung einer spezifischen Resistenz informiert werden können (Soteres und Peterson 2015). Landwirte aus allen Schweizer Regionen, die in ihrem Feld wiederholt eine reduzierte Bekämpfungsleistung von Unkräutern durch bestimmte Wirkstoffe beobachten, können überprüfen lassen ob es sich um eine Resistenz handelt. Diese Informationen können anschliessend dabei helfen, lokal angepasste Antiresistenz Strategien zu entwickeln. Die zuständigen kantonalen Pflanzenschutzdienste beziehungsweise die betroffenen Firmen entscheiden ob die entsprechende Unkraut Population von Agroscope getestet werden soll. Dazu werden reife Samen einiger Pflanzen, die die Herbizid Behandlung überlebt haben, an Agroscope gesendet. Alle Verdachtsfälle werden im Gewächshaus getestet, unter der Voraussetzung, dass die Samen keimfähig sind. Diese Methodik ist ziemlich zeitaufwändig und erlaubt es nicht die unterschiedlichen Resistenzmechanismen zu unterscheiden. Die erhaltenen Samen, sowie empfindliche und resistente Vergleichspopulationen, werden in Töpfen mit Erde ausgesät. Die Herbizidbehandlungen erfolgen gemäss Herstellerangaben mit dem betroffenen Herbizid in

drei Dosierungen: n = bewilligte Dosis, $2n$ = doppelte Dosis und $4n$ = vierfache Dosis. Ein Monat nach der Behandlung wird die Reaktion der Verdachtspflanzen mit der Reaktion der Vergleichspopulationen verglichen und gemäss der Empfindlichkeit ihrer Reaktion in Resistenzklassen eingeteilt (Clarke *et al.* 1994). Der Antragsteller erhält anschliessend einen umfassenden Bericht mit Fotos (Abb. 1).

Chronologischer Überblick

Nach einigen Jahrzehnten der Verwendung synthetischer Herbizide in der Schweiz, traten 1977 die ersten bestätigten Resistenzfälle beim weissen Gänsefuss (*Chenopodium album* L.) auf (Gressel *et al.* 1982). Bis Ende der 80er Jahre wurden weitere Resistenzen nur bei Dikotyledonen gegenüber Triazinen (HRAC C1) gemeldet (Delabays *et al.* 2004). In einer Population des kanadischen Berufskrauts (*Conyza canadensis* (L.) Cronquist) wurde 1988 eine Isoproturon (HRAC C2) Resistenz entdeckt. Das Resistenzproblem nahm an Bedeutung zu, als 1996 die erste Isoproturon resistente Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) Population in Changins gefunden wurde (Mayor et Maillard 1997) (Tab. 2).

Die aktuelle Situation in der Schweiz

In der Schweiz treten aktuell bei vier Unkraut-Arten gegenüber fünf unterschiedlichen Wirkmechanismen Resistenzen auf. Dabei sind hauptsächlich Gräser betroffen. Resistenzen wurden in Getreidefeldern (Ackerfuchschwanz, Windhalm und Raigras), in Reben (Raigras) sowie in Zuckerrüben und Kartoffeln (Gänsefuss) entdeckt.

Tab. 2 | Chronologie des Auftretens herbizidresistenter Unkrautarten in der Schweiz nach Delabays et al. (2004)

Jahr	Unkraut	Wirkstoffgruppe	HRAC-Code
1977	<i>Chenopodium album</i>	Triazine	C1
1982	<i>Amaranthus blitum</i>	Triazine	C1
1982	<i>Amaranthus cruentus</i>	Triazine	C1
1982	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Triazine	C1
1982	<i>Chenopodium polyspermum</i>	Triazine	C1
1982	<i>Conyza canadensis</i>	Triazine	C1
1982	<i>Senecio vulgaris</i>	Triazine	C1
1983	<i>Solanum nigrum</i>	Triazine	C1
1986	<i>Chenopodium ficifolium</i>	Triazine	C1
1986	<i>Amaranthus bouchonii</i>	Triazine	C1
1986	<i>Poa annua</i>	Triazine	C1
1986	<i>Stellaria media</i>	Triazine	C1
1988	<i>Amaranthus lividus</i>	Triazine	C1
1988	<i>Conyza canadensis</i>	Harnstoffe	C2
1989	<i>Senecio vulgaris</i>	Harnstoffe	C2
1991	<i>Galinsoga ciliata</i>	Triazine	C1
1996	<i>Apera spica-venti</i>	Harnstoffe	C2
2006	<i>Apera spica-venti</i>	Sulfonylharnstoffe	B
2010	<i>Alopecurus myosuroides</i>	Sulfonylharnstoffe	B
2010	<i>Alopecurus myosuroides</i>	FOPs	A
2010	<i>Alopecurus myosuroides</i>	DENs	A
2012	<i>Alopecurus myosuroides</i>	DIMs	A
2012	<i>Chenopodium album</i>	Triazinone	C1
2013	<i>Lolium multiflorum</i>	Aminophosphonate	G
2014	<i>Lolium multiflorum</i>	FOPs	A

Windhalm (*Apera spica-venti*)

Der erste Resistenzfall gegenüber Sulfonylharnstoffen (HRAC B) in einer Windhalm Population wurde 2006 im Kanton Waadt bestätigt (Delabays et al. 2006). Dieses Ungras ist in den Getreidekulturen des Gros de Vaud weit verbreitet und nimmt in Fruchtfolgen mit hohem Wintergetreideanteil und/oder bei minimaler Bodenbearbeitung stark zu. Diesem Fund folgten weitere in verschiedenen Regionen des Kantons Waadt, wo sich die Resistenz teilweise etabliert hat. In den Kantonen Zürich und Bern, wurden 2013 und 2014 erste Verdachtsfälle bestätigt. Einige Windhalm Populationen aus dem Kanton Waadt sind gegenüber Isoproturon (HRAC C2) resistent. Generell ist diese Resistenz aber nicht weit verbreitet. 2012 und 2013 wurden bei zwei Windhalm Populationen Mehrfachresistenzen gegenüber zwei unterschiedlichen Wirkmechanismen bestätigt: Iodosulfuron (Sulfonylharnstoff, HRAC B) und Isoproturon. Da

Isoproturon bereits länger auf dem Markt ist, ist es wahrscheinlich, dass diese Resistenz vor der Sulfonylharnstoff Resistenz auftrat. Hingegen, wurde bisher in der Schweiz noch keine resistente Windhalm-Population gegenüber ACCase-Hemmern (HRAC A) gefunden (Abb. 2).

Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*)

Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) findet man, ähnlich wie den Windhalm, hauptsächlich in Wintergetreide. Dieses Ungras wird durch reduzierte Bodenbearbeitung gefördert. 2010 wurden die ersten Sulfonylharnstoff (HRAC B) und ACCase (HRAC A) resistenten Ackerfuchsschwanz-Populationen im Kanton Genf gefunden (Tab. 2). Seitdem sind neue Fälle in den Kantonen Genf, Schaffhausen, Zürich, Aargau und kürzlich im Seeland aufgetreten. In den Kantonen Genf und Schaffhausen ist die ACCase Resistenz fest etabliert, in den anderen Regionen ist sie noch am Entstehen. 2012, wurde bei einer Population aus dem Kanton Genf eine multiple Resistenz gegenüber Clethodim (DIM, HRAC A), Flupyr-sulfuron und Mesosulfuron (Sulfonylharnstoffe, HRAC B) festgestellt. Im gleichen Jahr wurde im Kanton Schaffhausen ein weiterer Fall von Mehrfachresistenz gegenüber Flupyr-sulfuron und Fenoxaprop (FOP, HRAC A) beobachtet. Zwei weitere multiple Resistenzfälle gegenüber ACCase und ALS-Hemmern wurden in einer Gemeinde im Kanton Aargau bestätigt (Abb. 3).

Gänsefuss (*Chenopodium album*)

In der Vergangenheit traten bei verschiedenen Gänsefussarten in Hackkulturen Triazin Resistenzen auf. In den letzten Jahren hat dieses Unkraut weniger Probleme bereitet. Einige wenige Resistenzfälle wurden lediglich in den Jahren 2012 und 2013 beim weissen Gänsefuss gemeldet. Die Wirkstoffgruppe der Triazine wurde durch die chemische Familie der Triazinone mit den Wirkstoffen Metribuzin und Metamitron ersetzt. Durch beide Wirkstoffgruppen wird die Photosynthese am Photosystem II gehemmt (HRAC C1). Vier Metribuzin Resistenzfälle traten im Kantonen Bern auf und ein Fall einer Metamitron Resistenz ist aus dem Kanton Zürich bekannt (Abb. 4).

Raigras (*Lolium multiflorum*)

Die erste Glyphosat (HRAC G) resistente Raigras Population wurde 2013 in Aubonne (VD) gefunden (Abb. 1 und 4), gefolgt von zwei weiteren Fällen im Folgejahr in der gleichen Region. Die Resistenz hat sich in Rebbergen entwickelt, die über mehr als 15 Jahre mit dem gleichen Wirkstoff behandelt wurden, was im Wein- und Obstbau durchaus üblich ist. Der günstige Preis und das breite Wirkungsspektrum erklären die massive Verwendung



Abb. 3 | Bestätigte Herbizidresistenzen bei Ackerfuchsschwanz seit 2011 in der Schweiz.

von Glyphosat in der Schweiz und weltweit. Einige Raigras Population in Getreidefeldern der Region la Côte und aus dem Unterwallis, die 2014 getestet wurden, weisen eine Resistenz gegenüber Fluziafop (FOP, HRAC A) auf (Abb. 4). Dieser Wirkstoff wird auch im Weinbau verwendet. Daher ist zu befürchten, dass sich multiple Resistenzen gegenüber Glyphosat und ACCase-Hemmern entwickeln.

Die aktuelle Situation in Europa

In der Schweiz sind die Herbizidresistenzfälle auf einzelne Gebiete beschränkt und in der Regel durch geeignete Anbautechniken und die Umsetzung der ÖLN und IP Suisse Richtlinien gut bekämpfbar. In den benachbarten Ländern bereiten resistente Unkräuter, allen voran

der Ackerfuchsschwanz, den Landwirten grosse Probleme. In Frankreich wurden Herbizid Resistenzen bei vierzehn Unkraut-Arten (acht Monokotyledone, sechs Dikotyledone) gegenüber drei Wirkmechanismen (HRAC A, B, G) bestätigt (persönliche Mitteilung C. Délye, INRA Dijon). Bei Ackerfuchsschwanz (HRAC A und B), Klatschmohn (*Papaver rhoeas* L.) (HRAC B) und Raigras (HRAC A, B et G) sind die Resistenzen etabliert. Bei Hafer (*Avena* spp.) und Windhalm sind die Resistenzen weniger verbreitet und bei den anderen betroffenen Arten sind bisher nur Einzelfälle gemeldet (Délye 2013). In Deutschland, wurden Resistenzen bei elf Unkrautarten (sechs Monokotyledone, fünf Dikotyledone) gegenüber fünf Wirkmechanismen (HRAC A, B, C1, C2, K) gemeldet (persönliche Mitteilung L. Ulber, JKI



Abb. 4 | Bestätigte Herbizidresistenzen bei Raigras und Gänsefuss seit 2011 in der Schweiz.

Tab. 3 | Zusammenfassung der Faktoren, die die Entwicklung einer Herbizidresistenz beeinflussen (J.K.I. Institut 2009)

Faktoren	Resistenzrisiko		
	niedrig	mittel	hoch
Fruchtfolge	vielgestaltig, mit Wechsel zwischen Sommerungen und Winterungen	eingeschränkt, vorwiegend Winterungen	kein Fruchtwechsel, und/oder nur Winterungen
Bodenbearbeitung	konventionell, mit regelmässigem Pflugeinsatz	konservierend, mit fakultativem Pflugeinsatz	minimal, ohne Pflug, bis zur Direktsaat
Unkrautbesatz	niedrig	mittel	hoch
Unkrautbekämpfung	chemisch und mechanisch	vorwiegend chemisch, mit standort-spezifischer Intensität	nur chemisch, mit hoher Intensität
Herbizid Einsatz in Mischungen/Spritzfolgen je Fruchtfolgeperiode	mit mehr als 2 unterschiedlichen Wirkungsmechanismen	mit 2 unterschiedlichen Wirkungsmechanismen	mit nur einem Wirkungsmechanismus
Anwendung von Herbiziden mit demselben Wirkmechanismus	erst nach 2 Jahren	im jährlichen Wechsel	mehrmals im Jahr
Resistenzen bei vorhandenen Leitunkräutern bekannt	nein	selten	häufig
Bekämpfungsleistung in den letzten Jahren	erfolgreich bzw. wie zu erwarten	abnehmend	regelmässig nicht mehr ausreichend

Braunschweig). In einigen Gegenden Norddeutschlands ist ACCase und ALS (HRAC A et B) resistenter Ackerfuchsschwanz kaum mehr zu kontrollieren. Ausserdem gibt es viele Fälle von multipler Resistenz, wie z.B. eine Mehrfachresistenz bei Ackerfuchsschwanz gegenüber Isoproturon und Chlorotoluron (HRAC C2), Pinoxaden (DEN, HRAC A), Fenoxaprop (FOP, HRAC A), Meso- und Iodosulfuron (HRAC B) sowie Flufenacet (HRAC K3). In Nord- und Ostdeutschland ist ALS (HRAC B) resistenter Windhalm weit verbreitet. Darüber hinaus treten bei Flug-Hafer (*Avena fatua*) vermehrt Resistenzen gegenüber ACCase Hemmern (HRAC A) auf (Petersen *et al.* 2015). Die anderen Resistenzen sind im Entstehen oder bereiten der Praxis momentan noch keine Probleme. In Österreich wurden Resistenzen bei zehn Unkraut-Arten (drei Monokotyledone, sieben Dikotyledone) gegenüber vier Wirkmechanismen (HRAC A, B, C1, C2) gefunden (persönliche Mitteilung P. Ledolter, AGES Wien). Allerdings treten Bekämpfungsprobleme lediglich bei ALS resistentem Windhalm auf (IGP Broschüre 2015). Im vereinigten Königreich sind sechs Unkraut-Arten (drei Monokotyledone, drei Dikotyledone) und zwei Wirkmechanismen (HRAC A, B) von Resistenzen betroffen (Hull *et al.* 2014). Resistenter Ackerfuchsschwanz stellt in praktisch allen der 20000 Betriebe in den 35 Grafschaften in denen das Ungras mit Herbiziden bekämpft wird ein grosses Problem dar. In erheblich geringerem Masse treten resistente Populationen von italienischem Rai-gras, Klatschmohn und Flug-Hafer in verschiedenen Regionen des Landes auf. Es ist wichtig darauf hinzu-

weisen, dass nicht die Anzahl der betroffenen Unkraut-Arten und Wirkmechanismen ausschlaggebend für das Ausmass der Probleme mit Herbizid resistenten Unkräutern in einem Land sind, sondern vielmehr die Grösse der Flächen auf denen resistente Pflanzen nicht mehr bekämpfbar sind.

Der Umgang mit dem Problem

Faktoren, die die Entstehung einer Herbizid Resistenz beeinflussen

Mehrere Faktoren, wie Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Unkrautbesatz, usw. beeinflussen das Risiko der Entwicklung von Resistenzen (Tab. 3) (J.K.I. Institut 2009). Ausserdem können eine späte Behandlung bereits gut entwickelter Unkräuter, eine zu geringe Dosierung des Herbizids oder eine Anwendung unter nicht optimalen Bedingungen das Risiko einer Resistenzentwicklung erhöhen.

Wie kann Resistenz vermieden werden

Um das Risiko der Herbizid Resistenzentwicklung zu reduzieren, müssen ackerbauliche und chemische Methoden kombiniert werden (Norsworthy *et al.* 2012). Am effizientesten ist es, wenn die notwendigen Massnahmen regional koordiniert werden. Von pflanzenbaulicher Seite her muss versucht werden, den Lebenszyklus der Unkräuter im Feld zu unterbrechen. Durch chemische Massnahmen sollten die Unkräuter während der Keimung oder in frühen Wachstumsstadien zerstört werden.

Ackerbauliche Massnahmen

- Eine vielfältige Fruchtfolge mit Sommerkulturen führt zu unterschiedlichen Saatzeitpunkten und/oder dem Einsatz von Zwischenfrüchten.
- Es ist sehr wichtig unterschiedliche Unkrautbekämpfungsverfahren anzuwenden. Neben maschinellen mechanischen Verfahren können Unkräuter durch verschieden Bodenbearbeitungsmaßnahmen (Pflug, Stoppelbearbeitung, falsches Saatbeet) bekämpft werden.
- Späte Saatzeitpunkte führen dazu, dass eine erste Welle kulturspezifischer Unkräuter vorher aufläuft und bekämpft werden kann.
- Der Anbau konkurrenzstarker Sorten und hohe Saatkichten verschaffen der Kultur einen Konkurrenzvorteil gegenüber Unkräutern.
- Um die Ausbreitung von Resistenzen zu verhindern dürfen Unkräuter nicht zur Samenbildung kommen.
- Die Verbreitung von Unkrautsamen zwischen Feldern und Regionen kann ausserdem verhindert werden, indem sauberes, kontrolliertes Saatgut der Kulturpflanzen verwendet und darauf geachtet wird, dass landwirtschaftliche Maschinen resistenteste Unkrautsamen nicht zwischen den Feldern verteilen.

Chemische Massnahmen

- Am wichtigsten ist ein konsequenter Wechsel der Herbizid-Wirkstoffklassen innerhalb einer Fruchtfolge (dabei muss man auf die HRAC Codes der Produkte achten) und/oder der Einsatz von Tankmischungen mit verschiedenen Wirkmechanismen.
- Die volle empfohlene Herbizid Aufwandmenge muss appliziert werden.
- Die Unkräuter müssen im optimalen Stadium und bei geeigneten meteorologischen Bedingungen bekämpft werden.
- Die chemische Unkrautbekämpfung muss Wirkungsgrade von mindesten 95 % erzielen.
- Die relative Wirksamkeit der Herbizide entsprechend ihrem HRAC Code muss beobachtet werden. Das könnte Anhaltspunkte liefern hinsichtlich der Entwicklung einer neuen Resistenz auf dem behandelten Schlag.

Schlussfolgerungen

Die Herbizid Resistenz Situation in der Schweiz scheint dem allgemeinen Trend in Europa zu folgen. Die Bedeutung des Resistenzproblems ist jedoch wesentlich geringer als in bestimmten Gegenden unserer Nachbarländer. Wenn wir die Resistenzsituation unter Kontrolle behalten wollen, brauchen wir einen ganzheitlichen Ansatz. Umfangreiche Antiresistenzstrategien, bei denen prophylaktische und chemische Massnahmen kombiniert werden, müssen entwickelt werden. In einjährigen Kulturen ist die wichtigste Massnahme ein Wechsel der Wirkmechanismen innerhalb einer vielfältigen Fruchtfolge. In Dauerkulturen ist eine Kombination von ackerbaulichen und chemischen Massnahmen unumgänglich. ■

Riassunto

Situazione attuale delle resistenze agli erbicidi in Svizzera

La resistenza agli erbicidi è un problema mondiale dell'agricoltura industriale che peggiora di anno in anno. In alcuni Paesi del Nord Europa, la coda di topo dei campi presenta delle resistenze a numerosi erbicidi diversi ed è difficilmente controllabile in loco. Questo fenomeno ha fatto la sua comparsa anche in Svizzera. Al fine di seguire la comparsa di nuove resistenze e di controllarne la propagazione, dal 2011 Agroscope ha avviato un monitoraggio a livello nazionale. Questo monitoraggio è importante per sviluppare localmente delle strategie di prevenzione in collaborazione con le stazioni fitosanitarie cantonali. In Svizzera, le specie di malerbe attualmente interessate da resistenze sono tre monocotiledoni (coda di topo, agrostide e loietto italico) e una dicotiledone (farinello comune). Tali specie hanno sviluppato delle resistenze contro cinque metodi di azione biochimica differenti, definiti su scala internazionale dalla *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC). Per evitare la comparsa di nuove resistenze o per contenere al meglio quelle già presenti, è importante combinare i mezzi di lotta colturali e fitosanitari.

Literatur

- Clarke J. H., Blair A. M. & Moss S. R., 1994. The testing and classification of herbicide resistant *Alopecurus myosuroides* (black grass). *Aspects of Applied Biology* **37**, 181–188.
- Delabays N., Mermillod G. & Bohren C., 2004. Mauvaises herbes résistantes aux herbicides en Suisse: passé, présent... futur? *Revue suisse d'Agriculture* **36** (4), 149–154.
- Delabays N., Mermillod G. & Bohren C., 2006. First case of resistance to sulfonylurea herbicides reported in Switzerland: a biotype of loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 89–94.
- Délye C., 2013. Adventices: tout d'horizon des résistances. *Phytoma* **669**, 24–29.
- Délye C., Deulot C. & Chauvel B., 2013a. DNA Analysis of Herbarium Specimens of the Grass Weed *Alopecurus myosuroides* Reveals Herbicide Resistance Pre-Dated Herbicides. *PLoS ONE* **8** (10).
- Délye C., Jasieniuk M. & Le Corre V., 2013b. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics* **29** (11), 649–658.
- Gressel J., Ammon H. U., Fogelfors H., Gasquex J., Kay Q. O. N. & Kees H., 1982. Discovery and distribution of herbicide-resistant weeds outside North America. In: *Herbicide Resistance in Plants*, Le Baron H. M. & Gressel J. (Eds), Wiley, New York, 31–55.
- Heap I., 2015. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Zugang: www.weedscience.org [12.10.2015].

Summary

Current status of herbicide resistance in Switzerland

Herbicide resistance is a worldwide industrial agriculture problem that worsens from year to year. In certain northern European countries, black-grass is resistant to numerous different herbicides, and can scarcely be controlled in certain places. This phenomenon is also starting to emerge in Switzerland. Starting in 2011, and in order to monitor the appearance of new resistances and control their spread, Agroscope set up a monitoring programme at national level. This programme is important for the local development of prevention strategies in partnership with the cantonal plant-protection agencies. In Switzerland, the weed species currently affected by resistances are three monocotyledons (black-grass, loose silky bentgrass and Italian ryegrass) and a dicotyledon (lamb's quarters). These have developed resistances to five different biochemical modes of action, defined at international level by the Herbicide Resistance Action Committee (HRAC).

To prevent the appearance of new resistances and to best contain those that have already emerged, it is important to combine both cultural and phytosanitary control methods.

Key words: herbicide resistance, monitoring, *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides*, *Lolium multiflorum*, *Chenopodium album*.

- Hilton H. W., 1957. Herbicide tolerant strains of weeds. Hawaiian Sugar Planters Association Annual Report, Hawaiian Sugar Planters Association, 69–72.
- Hull R., Tatnell L. V., Cook S. K., Beffa R. & Moss S. R., 2014. Current status of herbicide-resistant weeds in the UK. *Aspects of Applied Biology* **127**, 261–272.
- IGP Broschüre, 2015. Unkräuter mit Herbizidresistenz in Österreich – Strategien zur Vermeidung, edited by I. G. Pflanzenschutz: Industrie Gruppe Pflanzenschutz. <http://igpflanzenschutz.at/dateien/di91t/herbizidresistenzen-vermeiden.pdf>
- J. K. I. Institut, 2009. JKI-Informationsblatt: Herbizidresistenz; Herbizidresistenz – unvermeidbar? Fachausschuss Herbizidresistenz am Julius Kühn Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig.
- Mayor J. & Maillard A., 1997. Découverte d'un biotype de jouet-du-vent résistant à l'herbicide isoproturon à Changins. *Revue suisse d'Agriculture* **29** (1), 39–4.
- Norsworthy J. K., Ward S. M., Shaw D. R., Llewellyn R. S., Nichols R. L., Webster T. M., Bradley K. W., Frisvold G., Powles S. B. & Burgos N. R., 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* **60** (sp1), 31–62.
- Petersen J., Landschreiber M. & Dicke D., 2015. Ein Schritt vor dem Abgrund. *DLG Mitteilungen* **1**, 44–46.
- Soteres J. K. & Peterson M., 2015. Monitoring and Mitigation of Herbicide Resistance: Global Herbicide Resistance Committee (HRAC) Perspectives. Zugang: <http://www.hracglobal.com/pdfs/monitoring%20and%20mitigation.pdf> [24.04.2015].