





Herbizidresistente Gräser und Unkräuter in Mais Ergebnisse eines mehrjährigen Monitorings in Mitteleuropa

Dr. Martin Schulte, Ruben Rauser, Syngenta Agro GmbH, D-63477 Maintal
Prof. Dr. Jan Petersen, Technische Hochschule Bingen, D-55411 Bingen

Unterscheiden sich Herbizidresistenzen in Mais von den in Getreide beobachteten?

- Getreide
 - Schwerpunkt kältekeimende Gräser:
Ackerfuchsschwanz, Windhalm, Weidelgras,
Trespe, Flughafener
 - Mehrfachresistenzen gegen Herbizide
 - Bekämpfung auch indirekt (Fruchtfolge,
Bodenbearbeitung, Saatzeitpunkt)
- Mais (Sonnenblumen, Kartoffeln, Zuckerrüben)
 - Schwerpunkt sommerannuelle Arten:
 - Hirschen, Ackerfuchsschwanz, Weidelgras;
ausdauernde *Sorghum*-Hirse; Dikotyle
 - Überlebensdauer im Boden erheblich länger als
Fruchtfolge
 - Direkte Bekämpfung nur nach Auflaufen in
Sommerung




2


Hohes Potenzial und lange Lebensdauer von Samen sommerannueller Arten im Boden

Art	Samen/Pflanze (Anzahl)	Lebensdauer im Boden
Hühnerhirse, <i>Echinochloa c.-g.</i>	200 - 400	> 10 Jahre
Grüne Borstenhirse, <i>Setaria pumila</i>	ca. 400	bis 15 Jahre
Weißer Gänsefuß, <i>Chenopodium</i>	200 – 20'000	> 100 Jahre
Winden-Knöterich, <i>F. convolvulus</i>	bis 200	> 40 Jahre
Vogel-Knöterich, <i>Polygonum aviculare</i>	ca. 150	bis 50 Jahre
Floh-Knöterich, <i>Persicaria maculosa</i>	ca. 500	> 30 Jahre
Rauhaariger Amarant, <i>Amaranthus</i>	1'000 – 5'000	> 40 Jahre
Schwarzer Nachtschatten, <i>S. nigrum</i>	100 – 1'000	> 40 Jahre
Kletten-Labkraut, <i>Galium aparine</i>	100 - 500	bis 10 Jahre
Geruchlose Kamille, <i>Tripleurospermum</i>	bis 100'000	> 10 Jahre
Vogel-Sternmiere, <i>Stellaria media</i>	10'000 – 20'000	> 50 Jahre

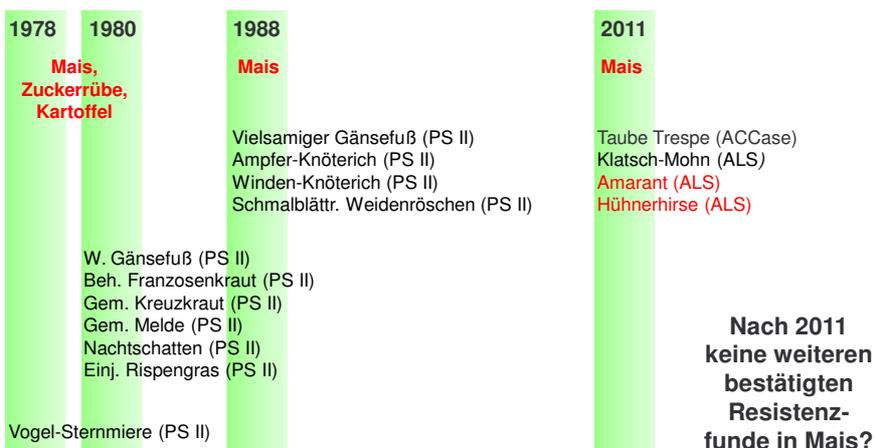
Quelle: www.weedscout.com

3

syngenta

Bestätigte Funde herbizidresistenter Unkraut- und Hirsebiotypen in mitteleuropäischem Mais

Bis 2010 nur triazinresistente (HRAC 5/C1), 2011 erstmalig gegen ALS-Hemmer (HRAC 2/B) resistente Biotypen



Quelle: <http://www.weedscience.org/Home.aspx>

4

syngenta

Beprobte und geprüfte Pflanzengattungen in Mais und anderen Sommer-Reihenkulturen 2015-2020

Hirsen + andere Gräser: 407
Unkräuter: 78

2015

Echinochloa: 6
Digitaria: 1
Setaria: 8
Panicum: 1

2016

Echinochloa: 35
Digitaria: -
Setaria: 7
Panicum: 3

2017

Echinochloa: 34
Digitaria: 2
Setaria: 12
Panicum: 3

2018

Echinochloa: 34
Digitaria: 2
Setaria: 12
Panicum: 2
Amaranthus: 1

2019

Echinochloa: 50
Digitaria: 7
Setaria: 31
Panicum: 6
Lolium: 1
Amaranthus: 10
Chenopodium: 27
Tripleurospermum: 1
Polygonum: 2
Solanum nigrum: 2

2020

Echinochloa: 54
Digitaria: 5
Setaria: 18
Sorghum halep.: 10
Panicum: 3
Alopecurus: 8
Bromus: 3
Lolium: 2
Amaranthus: 9
Chenopodium: 17
Tripleurospermum: 1
Polygonum: 5
Solanum nigrum: 3

5

Methodik

Beprobung im Feld

- Nur in Mais u. a. Sommer-Reihenkulturen
- Lufttrockene reife Samen
 - aus Praxisbehandlungen mit Minderwirkung (Resistenzverdacht)
 - aus Kontroll- oder behandelten Parzellen von Herbizidversuchen
 - Beprobung durch Syngenta, Beratung, Dienstleister **agris 42**
- Schwerpunkt: Schadhirsen in Mais
 - *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp., *Digitaria* spp., *Panicum* spp., ...
- Ab 2018 auch Weidelgras und ausgewählte Dikotyle
 - *Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., *Fallopia convolvulus*, *Persicaria lapathifolia*, *Solanum nigrum*, *Tripleurospermum inodorum*

Phänotypische Resistenzprüfung

- Aussaat in gesiebten und bei 70 °C sterilisierten Mineralboden im GH der TH Bingen (Herbst, Spätkeimer bis Frühjahr)
 - sL, pH 6.3, 2 % o. S., Jiffy Pots 8 x 8 cm
 - (2-) 3 Wiederholungen je Herbizid und Aufwandmenge
 - Bewässerung von unten
- Herbizidbehandlung in Sprühkabine
 - 250 l/ha Wasservolumen, 2.5 km/h, 250 kPa
 - BBCH 12 Hirsen, BBCH 10-14 Dikotyle
 - **0.5x, 1x, 2x zugelassene Aufwandmenge**
- 21 Tage nach Applikation visuelle Bonitur
 - % Reduktion Biomasse im Vergleich zu unbehandelt

6

Resistenzfunde von Hirsen in Mais 2020 - I Resistenzklassen nach Prüfung der einfachen Aufwandmenge

Art	Mechanismus	HRAC-Code	Foram- + Iodo-sulfuron + Thien-carb-azone 47+1.5+15 g/ha	Foram-sulfuron 45 g/ha	Nico-sulfuron 40 g/ha	Rim-sulfuron 10 g/ha	Meso-trione + Nico-sulfuron 98+39 g/ha	Tembo-trione 88 g/ha	Meso-trione 150 g/ha	Cycl-oxymidim 250 g/ha	ALS-Zielort-resistenz Punkt-mutation
Echinochloa c.g.	D-Großweitzschen		2	3	1	0	0	0	0	0	376
Echinochloa c.g.	D-Dallmin		3	3	1	3	0	0	0	0	122
Echinochloa c.g.	PL-Srem-Morka 1		2	3	1	0	0	0	0	0	376
Echinochloa c.g.	PL-Srem-Morka 3		2	2	1	1	0	0	0	0	376
Echinochloa c.g.	PL-Sroda Wielkop.		4	3	2	3	0	0	0	0	574
Echinochloa c.g.	PL-Zakrzyn Kol. 1		5	3	2	3	0	0	0	0	574
Echinochloa c.g.	PL-Zakrzyn Kol. 2		4	3	1	3	0	0	0	0	574
Echinochloa c.g.	D-Ravensburg 1		0	1	1	3	0	0	0	0	197 Thr
Echinochloa c.g.	D-Ravensburg 2		4	3	3	2	0	0	0	0	574
Echinochloa c.g.	D-Märk. Oderland 2		0	1	0	0	0	0	0	0	197 Ser
Echinochloa c.g.	D-Wilhelmsdorf		0	1	0	1	0	0	0	0	197 Thr, 574
Echinochloa c.g.	LT-Kalniujai		0	1	1	1	2	0	0	0	Keine TSR
Echinochloa c.g.	AT-Witzendorf		1		1		5	0	0	0	197 Thr
Echinochloa c.g.	AT-Harmannsdorf		1		1		2	0	0	0	Keine TSR
Setaria helvola	D-Teltow,Fläming 1		0	1	0	1	0	0	0	0	?
Setaria helvola	D-Teltow-Fläming 4		0	1	0	1	0	0	0	0	?
Setaria verticillata	GR-Neokhorio Ioan.		0	3	2	1	1	0	0	0	376
Setaria sp.	D-Naschendorf		0	1	0	0	0	0	0	0	?
Setaria sp.	D-Stemwede 3		3	4	1	1	2	0	0	0	574

Resistenzklasse 0: >85 % 1: 85-69 % 2: <69-54 % 3: <54-39 % 4: <39-25 % 5: < 25 % Bekämpfung
Mittel aus 3 Wdh. (außer Nachkeimer); N=122 aufgelaufene Proben aus DE (83), AT (15), CH (5), PL (9), RS (10), GR (2); 2020

7



Resistenzfunde von Hirsen u. a. Gräsern in Mais 2020 - II Resistenzklassen nach Prüfung der einfachen Aufwandmenge

Art	Mechanismus	HRAC-Code	Foram- + Iodo-sulfuron + Thien-carb-azone 47+1.5+15 g/ha	Foram-sulfuron 45 g/ha	Nico-sulfuron 40 g/ha	Rim-sulfuron 10 g/ha	Meso-trione + Nico-sulfuron 98+39 g/ha	Tembo-trione 88 g/ha	Meso-trione 150 g/ha	Cycl-oxymidim 250 g/ha	ALS-Zielort-resistenz Punkt-mutation
Sorghum halep.?	GR-Flamboiro Ser.		1	3	2	0	1	0	0	0	376 Glu
Sorghum halep.	RS-Dabliato		5	4	2	5	4	0	3	0	574 Leu
Sorghum halep.	RS-Dobrica		0	2	1		2	0	1	0	
Sorghum halep.	RS-Izbiste		3	2	0	4	4	0	2	0	376 Glu
Sorghum halep.	RS-Silvajnac		0		0	5	3	0	2	0	
Sorghum halep.	RS-Bare		0	2	0	0	1	0	3	0	
Sorghum halep.	RS-Rutevac		0	0	0	0	1	0	2	0	
Sorghum halep.	RS-Ostrovo		4	3	2	0	1	0	0	0	376 Glu
Sorghum halep.	RS-Bac		5	4	2	1	4	0	3	0	376 Glu
Sorghum halep.	RS-Negotin		0		0		3	0	2	0	
Sorghum halep.	RS-Lescovac		0	0	0	0	0	0	2	0	
Alopecurus myos.	D-Esslingen		4	5	5	5	5	4	5	5	
Alopecurus myos.	D-Soest		4	3	4	4	4	3	5	0	
Alopecurus myos.	D-Cuxhaven.		2	4	3	3	5	4	5	1	
Alopecurus myos.	D-Coburg		5	4	5	5	5	3	5	0	
Bromus commut.	D-Schwäbisch Hall		0	4	1	0	2	1	1	0	
Bomus secalinus	D-Hamm		0	4	1	0	1	1	0	0	
Lolium multiflorum	D-Stallwang		0	4	0	0	0	3	4	0	

Resistenzklasse 0: >85 % 1: 85-69 % 2: <69-54 % 3: <54-39 % 4: <39-25 % 5: < 25 % Bekämpfung
Mittel aus 3 Wdh. (außer Nachkeimer); N=122 aufgelaufene Proben aus DE (83), AT (15), CH (5), PL (9), RS (10), GR (2); 2020
Gru: Geringe Empfindlichkeit des Wildtyps: Sorghum - Mesotrione; Alopecurus, Lolium, Bromus - Mesotrione und Tembotrione

8



Wirksamkeit von VCLFA-Hemmern im Voraufbau gegen ALS-resistente *Echinochloa*- und *Setaria*-Biotypen

Art	Herkunft	Prosulfocarb* 2400 g/ha	S-Metolachlor 1200 g/ha	Dimethenamid -P 1008 g/ha
<i>Echinochloa c.-g.</i>	D-Großweitzschen	100	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	D -Prignitz	94	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	PL-Srem-Morka	97	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	PL-Srem-Morka 1	100	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	PL-Sroda Wielkop.	99	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	PL-Zakrzyn Kol. 1	99	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	PL-Zakrzyn Kol. 2	98	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	D-Ravensburg 2	99	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	D-Märk. Oderland 2	92	100	100
<i>Setaria helvola</i>	D-Teltow-Fläming 1	82	100	100
<i>Setaria helvola</i>	D-Teltow-Fläming 4	92	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	D-Ravensburg 2	95	100	100
<i>Echinochloa c.-g.</i>	ALS-resistent reference	100	100	100

% Efficacy,
28 days after application

4	90-100 %
3	80-90 %
2	60-80 %
1	40-60 %
0	< 40 %

* in Mais nicht zugelassen

* Days after application

9



Resistenzfunde ausgewählter Dikotyler in Mais 2020 Resistenzklassen nach Prüfung der einfachen Aufwandmenge

Art	Herkunft	Foram- + Iodo-sulfuron + Thiencarb-azone 47+1.5+15 g/ha	Foram-sulfuron 45 g/ha	Pro-sulfuron 15 g/ha	Meso-trione + Nico-sulfuron 98+39 g/ha	Tembo-trione 88 g/ha	Meso-trione 150 g/ha	Metri-buzin 350 g/ha	Terbu-thylazin 750 g/ha	ALS-/PS-II Zielort-resistenz Punkt-mutation
Wirkungsmechan. HRAC-Code		2	2	2	27+2	27	27	5	5	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	A-St. Pantaleon	5	4	3	0	0	0	0	0	ALS 574
<i>Amaranthus retroflexus</i>	A-Gunskirchen	5	1	0	0	0	0	0	0	ALS 574
<i>Amaranthus retroflexus</i>	D-Märkisch Oderland 1	4	4	3	0	0	0	3	5	ALS 574, PS II 214
<i>Amaranthus retroflexus</i>	D-Teltow-Fläming	5	5	3	0	0	0	4	4	ALS 574, PS II 264
<i>Chenopodium album</i>	D-Darmstadt	0	0	0	0	0	0	0	1	PS II 264
<i>Chenopodium album</i>	D-Ansbach 1	0	0	0	0	0	0	3	1	PS II 264
<i>Chenopodium album, C. hybridum</i>	D-Rahden	0	0	0	0	0	0	2	5	PS II 264
<i>Chenopodium album</i>	D-Wächtersbach 1	0	0	0	0	0	0	2	5	PS II 264

Resistenzklasse 0: >85 % 1: 85-69 % 2: <69-54 % 3: <54-39 % 4: <39-25 % 5: <25 % Bekämpfung

Mittel aus 3 Wiederholungen; N=44 aufgelaufene Proben aus DE (39), AT (2), PL (3); 2020

10



Ergebnisse phänotypischer Resistenztests 2015-2020

- **Unverändert: Triazin-resistente Unkrautbiotypen**
 - Ökologische Fitness in Sommerkulturen
 - Unverändert empfindlich gegen Wirkstoffe anderer Mechanismen
- **Zunehmende Ausbreitung: gegen ALS-Hemmer resistente Biotypen** in Mais u. a.
- **Einfach Resistente unverändert empfindlich gegen Wirkstoffe anderer Mechanismen:**
 - Dikotyle und Hirsen: Mesotrione (*Setaria*-, *Sorghum*-Schwäche), Tembotrione
 - Hirsen: ACCase – Cycloxydim; VCLFA - S-Metolachlor, Dimethenamid-P, Prosulfocarb
- **Zunahme mehrfach resistenter Biotypen: Amarant, Ackerfuchsschwanz, Weidelgras**
 - Ackerfuchsschwanz in Mais: Antiresistenzbaustein Terbuthylazin



11

Terbuthylazin kann Herbizid-Resistenzen gegen andere Mechanismen brechen

Applikation von 4,0 l/ha GARDO® GOLD (= 750 g/ha Terbuthylazin) auf blühenden gegen ALS-Hemmer resistenten Ackerfuchsschwanz



Behandlung 17.6.2021, Foto 27.6.2021

Fotos: U. Rölle, Syngenta, 2021

12

Molekulargenetische Analysen resistenter Biotypen

• Triazinresistente Biotypen

- Mehrheitlich Wirkort-Gruppenresistenz in *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Solanum*, *Fallopia*
- Neu: zweifache Wirkort-Resistenz gegen Triazine und ALS-Hemmer wiederholt in Österreich und Deutschland in *Amaranthus*



• Gegen ALS-Hemmer resistente Biotypen

- Ausschließlich Wirkort-Resistenz nachgewiesen, metabolische in 4 Fällen nicht auszuschließen
- Unterschiedliche Grade der Herbizid-Minderwirkung
 - Unterschiedliche Sensitivität einzelner Punktmutationen gegen geprüfte ALS-Hemmer:
 - (1) nur Foramsulfuron,
 - (2) nur Rim- und/oder Nicosulfuron
 - Resistenzgrad abhängig von
 - (1) Mutation und Anzahl gleichartig mutierter Genkopien (Allele),
 - (2) Populationseffekten (Probenahme)



13

In Sommer-Reihenkulturen treten herbizidresistente Biotypen kulturunabhängig auf

Resistenz gegen Triazine

- **Unabhängig von der Fruchtfolge**
 - Triazinherbizide in Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben
- **Negative Kreuzresistenz** gegen andere Wirkungsmechanismen
 - Keine Selektion in Mais
 - Unproblematisch, solange andere kulturselektive Wirkungsmechanismen zur Verfügung stehen
- **Zweifach resistenter *Amaranthus* und *Chenopodium*** in Mais mit Triketonen u. a. gut bekämpfbar
- Antiresistenzkonzepte in Beta-Rüben und Kartoffeln schwieriger als in Mais

Resistenz gegen ALS-Hemmer

- **Selektion in Mais und Soja**
 - Wiederholte Anwendung von ALS-Hemmern
- **Keimfähigkeit Hirse 6-13 Jahre**
 - Auflauf nur in Sommer-Reihenkultur
 - Kaum Bekämpfung durch Fruchtfolge
- **Besonders gefährdet**
 - ALS-Hemmer in Mais ohne geeignete Mischpartner
 - Wassersensitive Gebiete ohne Bodenherbizide
- **Resistenter Ackerfuchschwanz/ Weidelgras** in Mais im Nachauflauf chemisch schwierig bekämpfbar
 - Glyphosat vor der Saat ohne Einfluss

14

Ausblick

**Im Maisanbau muss
aufgrund langjähriger Keimfähigkeit der Samen
herbizidresistenter Biotypen
und ihrer direkten Bekämpfungsmöglichkeit nur in
Sommerkulturen
an Stelle der direkten Bekämpfung die vorbeugende
Vermeidung treten.**

- *Kein einseitiger Einsatz von ALS-Hemmern gegen Gräser*
- *Nur Herbizidmischungen mit mindestens 2 Wirkungsmechanismen und überlappendem Wirkungsspektrum*
- *Alternative Bekämpfungsmöglichkeiten, wo sinnvoll und möglich*