Artenvielfalt, Verbreitung und Bedeutung von Unkrauthirsen in Mais in Europa

BASF
The Chemical Company

Abb. 1: Samenstände der Fuchsroten Borstenhirse.
© Mehrtens

Artenvielfalt, Verbreitung und Bedeutung von Unkrauthirsen in Mais in Europa

Dr. Jörg Mehrtens, Proplanta GmbH & Co. KG,
mehrtens@proplanta.de, 12/2012

Unkrauthirsen gehören zu den typischen Schadgräsern in Mais. Sie vereinen rund 850 Spezies aus der Gattung *Echinochloa* (Hühnerhirsen, ca. 30), *Setaria* (Borstenhirsen, ca. 125), *Digitaria* (Fingerhirsen, ca. 300) und *Panicum* (Rutenhirsen, ca. 400) [1]. Allesamt besitzen sie eine große Variabilität, was sich in der Zahl der beschriebenen Formen und Varietäten in der Literatur wiederspiegelt. Wie der Mais zählen sie zu den C_4-Pflanzen, die in der Lage sind unter hohen Lichteinflüssen und Temperaturen eine geringe CO_2-Konzentration in der Luft effizient zur Biomasseproduktion zu nutzen. Bei den in Europa vorkommenden Unkrauthirsen handelt es sich vornehmlich um aus den Subtropen eingeschleppte, thermophile und frostempfindliche Arten. Sie finden aufgrund der langsamen Jugendentwicklung der Maispflanzen ideale Wachstums- und Vermehrungsbedingungen. Je nach Art und Besatzstärke können Unkrauthirsen in Mais zu erheblichen Ertragsausfällen führen [2]. Besonders bis zum 6-Blattstadium ist der Mais konkurrenzschwach und deshalb empfindlich gegen Unkrautkonkurrenz. Eine Übersicht in Mais vorkommender, bedeutender Unkrauthirse-Arten in Europa ist in Abbildung 1 aufgeführt.

Lateinische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung
Echinochloa crus-galli (L.) P.B.	Hühnerhirse
Echinochloa muricata (P.B.) Fernald	Stachel-Hühnerhirse
Setaria faberi Hermann	Große Borstenhirse, Faber-Borstenhirse
Setaria pumila (POIRET) R. et SCH.	Fuchsrote Borstenhirse, Gelbe Borstenhirse, Graugrüne Borstenhirse
Setaria verticillata ((L.) P.B.)	Kletten-Borstenhirse, Klebhirse, Quirl-Borstenhirse
Setaria viridis (L.) P.B.	Grüne Borstenhirse
Digitaria ischaemum SCHREBER ex. MUHL.	Kahle Fadenhirse, Kleine Fingerhirse
Digitaria sanguinalis (L.) SCOP.	Blutrote Fingerhirse, Bluthirse
Panicum capillare L.	Haarästige Rispenhirse, Haarstiel-Rispenhirse
Panicum dichotomiflorum Michx.	Gabelästige Rispenhirse, Spätblühende Rispenhirse
Panicum laevifolium Hackel	Glattblättrige Hirse

Abb. 2: Übersicht bedeutender Unkrauthirse-Arten in Mais in Europa.

Vorschub für die zunehmende Verbreitung und das verstärkte Auftreten von Unkrauthirsen in Mais leistete die Ausweitung des Maisanbaues (Abb. 2), der Verzicht auf mechanische Unkraut-Bekämpfungsmaßnahmen, der langjährige Fokus der chemischen Bekämpfung auf dikotyle Unkräuter (Triazinderivate) sowie maisbetonte Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur.

Faktoren, die das Vorkommen und die Stärke des Auftretens einzelner Unkrauthirse-Arten außerdem stark beeinflussen können, sind in Abbildung 3 dargestellt. Während eine frühe Aussaat (später Reihenschluss) einen Selektionsdruck auf vergleichsweise frühkeimende Arten bzw. Arten mit großem Keimfenster wie *Echinochloa crus-galli* ausübt und sogar fördert, verstärkt analog hierzu ein später Erntetermin (Maissorten mit höherer Reifezahl) die Selektion spätkeimender Arten wie einige *Setaria spp.* sowie *Digitaria spp*. und *Panicum spp*. Diesen steht dann ausreichend Vegetationszeit zur Verfügung, um sich fortzupflanzen und somit den Samenvorrat im Boden zu erhöhen.

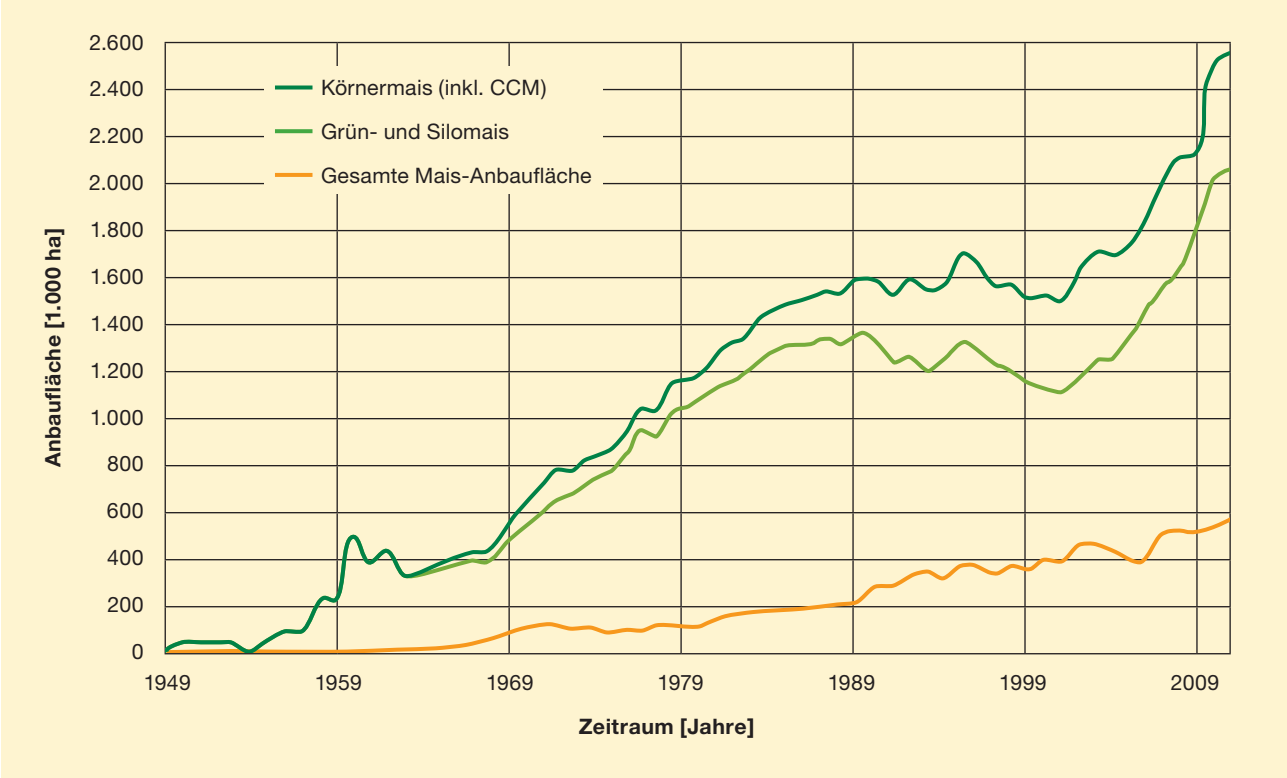

Abb. 3: Entwicklung des Maisanbaus in Deutschland 1949–2012.

Galt ursprünglich die Hühnerhirse Anfang bis Mitte der 1960er-Jahre z. B. in wärmeren Lagen Deutschlands oder Österreichs gewissermaßen als Pionier unter den Unkrauthirsen in Mais, treten seit den 1970er-Jahren zahlreiche weitere Unkrauthirse-Arten mit ihr vergesellschaftet oder sogar heutzutage mancherorts bereits bestandsbildend auf [3, 4, 5]. Einige unter ihnen dringen zudem in letzter Zeit immer weiter in nördlichere Gebiete vor [6]. Auch das Auftreten zahlreicher neuer Arten ist gegenwärtig vermehrt festzustellen.

Art	Früher Aussaattermin	Später Erntezeitpunkt	Saatgut-/ Futtermittelhandel	Lohndrusch	Klimawandel
E. crus-galli	+++	+	+	++	+
S. viridis	++	+++	+	++	++
S. pumila	++	+++	+	++	++
S. verticillata	++	+++	+	++	+++
Digitaria spp.	+	+++	+	++	+++
Panicum spp.	+	+++	+	++	+++

Abb. 4: Einflussfaktoren auf das Vorkommen und die Stärke des Auftretens von Unkrauthirsen.

Neben dem grenzüberschreitenden Lohndrusch ist für den Eintrag bzw. die Verschleppung der Samen auch der liberalisierte Saatgut- und Futtermittelhandel von Belang. Beispielsweise bieten Saatmaisvermehrungsflächen mit ihren niedrigwüchsigen Maisbeständen und der eingeschränkten Anwendung von Herbiziden ideale Bedingungen für die Massenvermehrung von Unkrauthirsen und stellen somit auch eine potenzielle Quelle für Saatgutverunreinigungen dar. Immerhin werden etwa 80 % der in Deutschland benötigten Saatmaismenge aus Frankreich, Ungarn, Österreich und den USA importiert. Einen starken Einfluss wird zukünftig der fortschreitende Klimawandel auf das Artenspektrum und die Bekämpfbarkeit von Arten ausüben.

Die Samen der Unkrauthirsen zählen zu den Lichtkeimern. Sie benötigen vergleichsweise hohe Keimtemperaturen um + 15 °C. Ihr Temperaturoptimum liegt mit 20 °C bis 35 °C sogar noch deutlich darüber (Abb. 4). Sie keimen ab Spätfrühling – die überwiegende Anzahl aber erst im Frühsommer. Der optimale Keimhorizont liegt zwischen 1 und 5 cm (Abb. 5). Auf gut gedüngten Böden bilden Unkrauthirsen artspezifisch 30 bis 120 Halme aus. Sie verfügen generell über eine hohe Reproduktionsrate (vgl. Abb. 6).

© Mehrtens

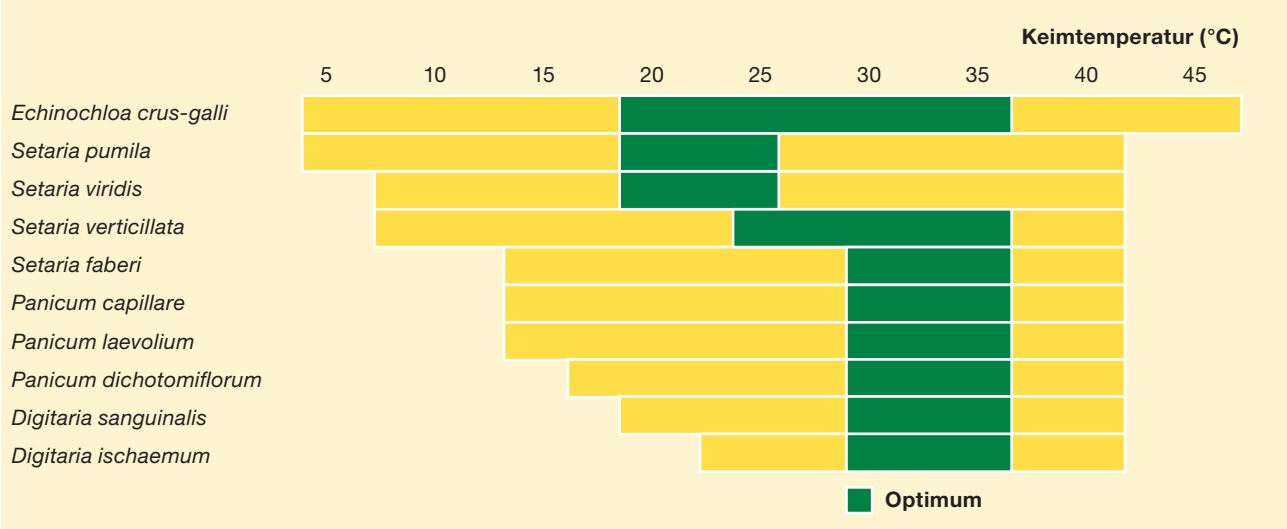

Abb. 5: Bandbreite der Keimtemperaturen einzelner Unkrauthirse-Arten in Mais.

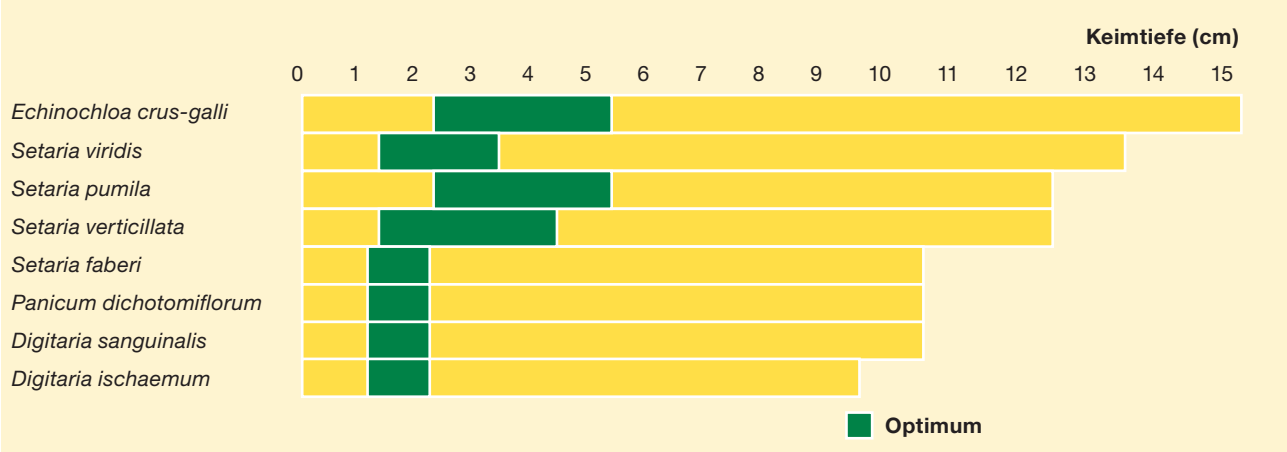

Abb. 6: Keimhorizonte einzelner Unkrauthirse-Arten in Mais.

Art	Samenproduktion	Lebensdauer der Samen
Echinochloa crus-galli	400 bis 2.000 (max. 40.000)	3 bis 7 Jahre (max. 15)
Setaria pumila	600 bis 1.500 (max. 8.000)	> 5 Jahre
Setaria verticillata	300 bis 5.000	10 bis > 39 Jahre
Setaria viridis	400 bis 12.000	bis 40 Jahre
Digitaria sanguinalis	200 bis > 1.000	bis 10 Jahre
Digitaria ischaemum	100 bis > 1.500	bis 5 Jahre
Panicum dichotomiflorum	> 1.000	5 bis 10 Jahre

Abb. 7: Samenproduktion je Pflanze und Lebensdauer der Samen ausgewählter Unkrauthirse-Arten.

Abbildung 7 veranschaulicht die Entwicklung des Artenspektrums von Unkrauthirsen in Mais in Europa. Es wird ersichtlich, dass die Bandbreite seit 1970 stetig zugenommen hat. Aber nicht nur das Artenspektrum hat sich deutlich vergrößert, sondern auch die Dominanz vieler Arten. Vor allem die *Setaria*-Arten und *Digitaria*-Arten seien hier genannt, allen vorweg die Fuchsrote, Grüne und Klebrige Borstenhirse sowie die Blutrote Fingerhirse und Kahle Fadenhirse.

Die Ursachen für deren Verbreitung und Zunahme sind wie eingangs erwähnt mannigfaltig. Einmal eingeschleppt, ist die erfolgreiche Etablierung dieser Arten dann meist auf Wirkungslücken oft angewendeter Herbizide zurückzuführen. Zunächst werden die wärme- und lichtbedürftigen Unkrauthirsen durch schnellwachsende dikotyle Unkräuter unterdrückt. Durch eine frühzeitige Bekämpfung erster Unkrautwellen können sich primär Hühnerhirse und Fuchsrote Borstenhirse vermehrt ausbreiten. Bei erfolgreicher Bekämpfung der beiden Arten profitieren wiederum die noch später keimenden Spezies, darunter die Grüne Borstenhirse und Blutrote Fingerhirse. Der vermehrte Anbau spätgeernteter Maissorten unterstützt dann zusätzlich die langfristige Etablierung dieser Arten, da ihnen ausreichend Vegetationszeit zur Samenreife verbleibt.

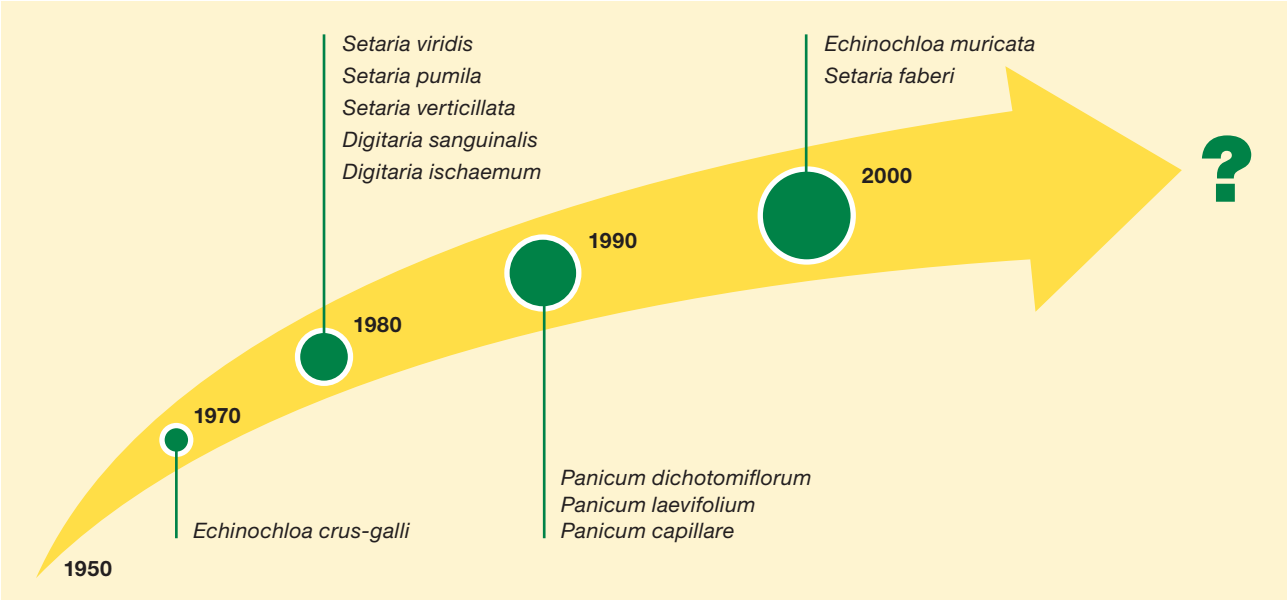

Abb. 8: Zeitliche Entwicklung des verstärkten Auftretens von Unkrauthirse-Arten in Europa.

Echinochloa-Arten

Die am weitesten verbreitete (Abb. 8) und konkurrenzstärkste Art unter den Unkrauthirsen ist die Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*). In Deutschland rangiert sie auf Platz vier der häufigsten Maisunkräuter und erreicht zudem mit durchschnittlich 50 Pflanzen pro Quadratmeter die höchsten Besatzdichten [7]. In anderen Ländern Europas ist ihr Stellenwert vergleichbar hoch. Beispielsweise hat sich in Ungarn ihr Vorkommen von 1964 bis 2008 nahezu verdreifacht. Weltweit gehört sie zu den zehn gefürchtetsten Schadpflanzen [8]. Der Ertragsverlust in Mais wird bei verstärktem Auftreten auf bis zu 80 % beziffert [9, 10].

Die Hühnerhirse blüht und fruchtet von Juli bis Oktober. Die Halme werden 30 bis 100 cm hoch. Unter optimalen Bedingungen erreichen diese sogar eine stattliche Höhe von 2 m. Sie bevorzugt humosen, lehmigen Sand bis sandigen Lehm. Ihr fächerförmig ausgebreitetes Wurzelsystem reicht bis 1 m tief, wodurch ihr großes Schadpotenzial verdeutlicht wird. Die Hühnerhirse zählt ferner zu den hygrophilen Unkräutern, d.h. für die Keimung ist eine ausreichende Bodenfeuchte erforderlich. An trockenen Standorten ist insofern mit einem geringeren Auflaufen zu rechnen, auf feuchteren mit einem starken und verzettelten Hirsedruck. Selbst nach der chemischen Bekämpfung ist mancherorts noch bis zu 50 % Neuauflauf möglich [7].

Die Hühnerhirse keimt von Ende April bis August bei Temperaturen zwischen 10 °C und 35 °C aus einer bevorzugten Bodentiefe zwischen 2,5–5,5 cm. Ihre Samen vermögen prinzipiell sogar aus 15 cm Bodentiefe zu keimen, jedoch laufen ab 9 cm Tiefe etwa halb so viele Pflanzen auf wie aus 3 cm. Sie besitzt nicht nur den größten Keimhorizont unter den Unkrauthirsen sondern auch das größte Keimfenster. Letzteres dürfte auch mit der Vorverlegung der Aussaatzeit von Mais in Zusammenhang stehen, wodurch im Laufe der Zeit frühkeimende Biotypen selektioniert wurden.

Früh gekeimte Hühnerhirsen bestocken gewöhnlich stark und führen in nährstoffreichen bzw. güllegedüngten Feldern zu regelrecht mastigen Exemplaren. Das N-Anreicherungsvermögen der Hühnerhirse ist so groß (60–80 % des verfügbaren N), dass der Nitratgehalt im pflanzlichen Gewebe sogar ein für Nutztiere toxisches Ausmaß erreichen kann [8].

Abb. 9: Verbreitung und Stärke des Auftretens von *Echinochloa crus-galli* in Mais in Deutschland in den Jahren 2000–2004. © Mehrtens

Die Hühnerhirse produziert in Abhängigkeit der Mächtigkeit des Horstes gewöhnlich bis zu 1.200 lebensfähige Samen. Da sie in mehreren Wellen aufläuft – v. a. bei länger anhaltenden Regenfällen ab Mai – sorgen insbesondere später keimende Individuen für die permanente Auffrischung des Samenvorrates im Boden. Auch die für Monokotyle vergleichsweise lange Lebensdauer der Samen im Boden (bis 15 Jahre) trägt dazu bei, dass einmal eingeschleppt, die Flächen langanhaltend verseucht werden (Abb. 9).

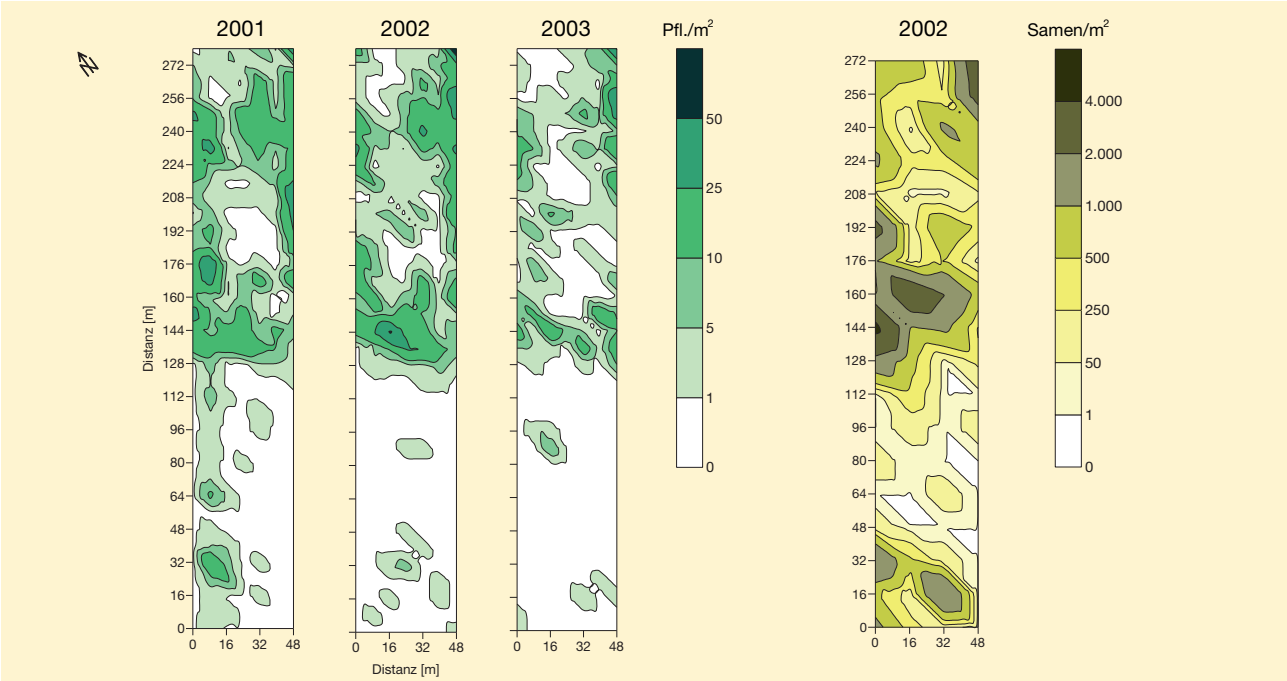

Abb. 10: Räumliche Verteilung der Pflanzen und lebensfähigen Samen im Boden am Beispiel der Hühnerhirse am Standort Liedolsheim. © Mehrtens

Je nach geografischer Herkunft der Hühnerhirsen unterscheiden sich Biotypen deutlich hinsichtlich Entwicklungsdauer und Massenwüchsigkeit. Während Populationen z. B. aus Italien durchschnittlich 127 Tage zur Entwicklung benötigen und sehr massenwüchsig sind, besitzen Populationen aus Süddeutschland und Österreich mittlere Entwicklungsgeschwindigkeiten von 95 Tagen. Populationen aus Norddeutschland benötigen hingegen nur 73 Tage. Letztere sind schwächer im Wuchs und bilden weniger fertile Halme aus [11]. Unter günstigen Bedingungen ist die Hühnerhirse sogar in der Lage, zwei Generationen innerhalb eines Jahres hervorzubringen, da Samen nach der Reife sofort keimfähig sind.

Abb. 11: Hühnerhirse in Mais

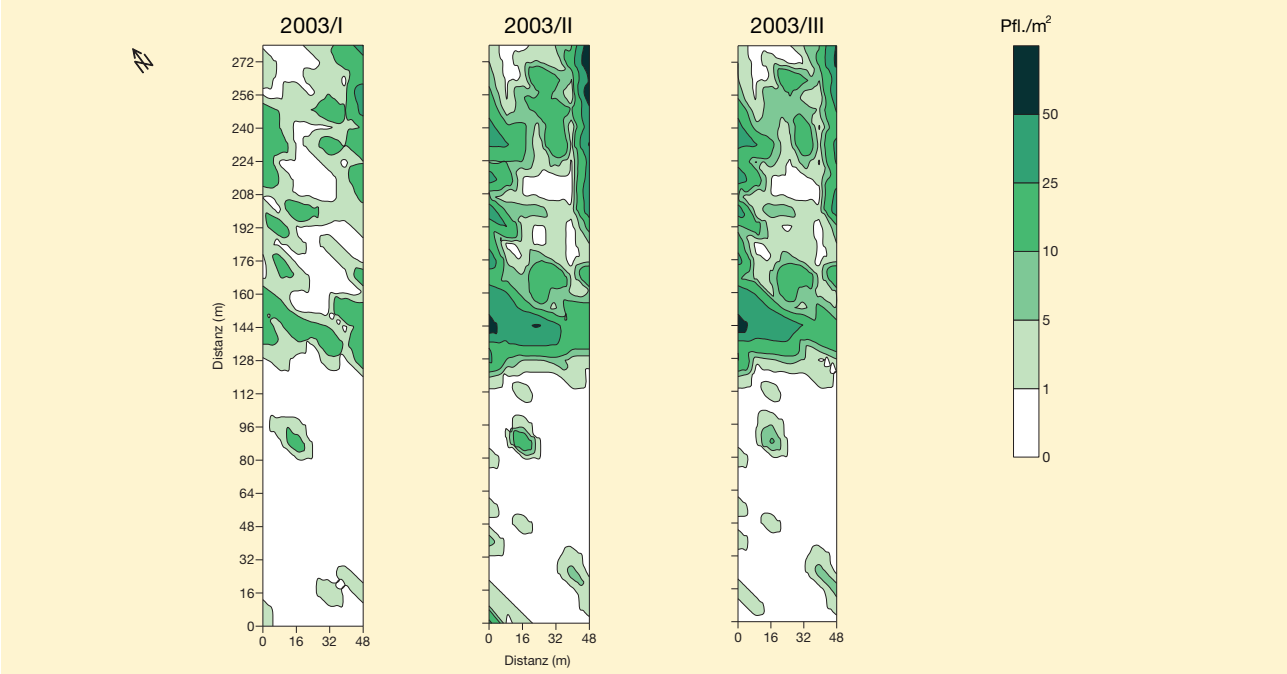

Abb. 12: Hühnerhirse: Räumliche Verteilung der Pflanzen vor (I), fünf Wochen (II) und sechzehn Wochen (III) nach der chemischen Unkrautbekämpfung am Standort Liedolsheim. © Mehrtens

Die Vermeidung von Ertragsausfällen und nachhaltige Unterdrückung der sehr langen Auflaufwelle setzt gerade bei frühen Behandlungsterminen den Einsatz verlässlicher Bodenherbizide voraus (vgl. Abb. 11). Selbst unter trockenen Bedingungen sollte auf diese nicht verzichtet werden, da sie bei später einsetzenden Niederschlägen noch wirksam werden können.

Seit 2004 wird u. a. in Belgien eine weitere Hühnerhirse-Art auf Maisäckern vermehrt beobachtet. Dabei handelt es sich um die Stachelige Hühnerhirse (*Echinochloa muricata var. Microstachya*) [12]. Auf den ersten Blick unterscheidet sich diese kaum von der ordinären Hühnerhirse. Erst beim zweiten Hinsehen und im blühenden Zustand lassen sich beide voneinander differenzieren. Die Deckspelze des oberen fruchtbaren Blütchens bildet nämlich bei der Stacheligen Hühnerhirse im Gegensatz zur biegsamen Hühnerhirse am Ende eine harte und unbegrannte Spitze aus. Diese Eigenschaft ist auch namensgebend.

In Deutschland tritt die Stachelige Hühnerhirse nur sporadisch auf. Erste Exemplare wurden 1995 in der Rheinaue bei Karlsruhe und 2003 im Raum Vechta auf Maisfeldern gesichtet [6]. Es ist zu vermuten, dass aufgrund der leichten Verwechslung beider Arten die Stachelige Hühnerhirse derweil häufiger vorkommt als bislang nachgewiesen. In diesem Kontext bleibt anzumerken, dass eine Häufung von Funden nicht den Einbürgerungsverlauf einer Art wiedergibt, sondern vielmehr die gesteigerte Aufmerksamkeit, nachdem ein Neophyt zur Kenntnis genommen wurde.

Setaria-Arten

Die Fuchsrote Borstenhirse *(S. pumila)* und die Grüne Borstenhirse *(S. viridis)* stellen vergleichbar hohe Ansprüche an die Keimtemperatur. Ihr Optimum liegt zwischen 20 und 25 °C. Sie treten aber dennoch selten miteinander vergesellschaftet auf, da sie unterschiedliche Anforderungen an die Bodenart stellen. Bei der Quirligen Borstenhirse *(S. verticillata)* liegt hingegen das Temperaturoptimum für die Keimung etwas höher (vgl. Abb. 4). Alle drei genannten Arten laufen meist drei bis vier Wochen nach der Hühnerhirse und im Gegensatz zu dieser hierzulande nicht in mehreren Wellen auf. Die Fuchsrote Borstenhirse erreicht eine Höhe von 120 cm, die Grüne Borstenhirse bis 60 cm und die Quirlige Borstenhirse bis 100 cm. Die Blütezeit aller drei Arten ist von Juli bis September.

Die Fuchsrote Borstenhirse verhält sich wie die Hühnerhirse hinsichtlich der Bodenansprüche äußerst flexibel. Das unterscheidet sie deutlich von den anderen beiden Borstenhirsen, die trockenere Standorte präferieren.

Abb. 13: Fruchtstand der Fuchsroten Borstenhirse *(Setaria pumila)* von 12 cm bei nährstoffreichem Standort. © Mehrtens

Besonders üppig gedeiht die Fuchsrote Borstenhirse an Standorten, die gut mit Wasser und Nährstoffen versorgt sind. Dort bestockt sie sehr stark und bildet bis zu 12 cm lange Rispen aus (Abb. 12). Obwohl Sie vergleichsweise spät aufläuft, können sich die Pflanzen in Maisbeständen gut entwickeln und reichlich reife Samen hervorbringen (1.500 pro Pflanze).

Mit Abstand am häufigsten in Deutschland kommt die Fuchsrote Borstenhirse vor, gefolgt von der Grünen Borstenhirse. Jedoch gibt es regionale Verbreitungsschwerpunkte. Während die Fuchsrote Borstenhirse besonders in Süddeutschland auftritt, kommt in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen vermehrt die Grüne Borstenhirse vor. Im Nordwesten ist die Klebrige Borstenhirse dagegen auf dem Vormarsch.

Da in den vergangenen Jahren der Anbau später Maissorten, die bis in den Oktober geerntet werden, stark zugenommen hat, dürfte hierin auch eine Ursache für die rasche Ausbreitung der *Setaria*-Arten in einigen Regionen liegen. Einmal eingebracht, sichert die vergleichsweise lange Persistenz der Samen z. B. von *S. viridis* im Boden (Abb. 6) die Population sogar in Fruchtfolgen. Da sie zudem von vielen Herbiziden nur unzureichend erfasst und das Problem oft zu spät erkannt wird, können sich enorme Samenvorräte im Boden aufbauen, die zu einer langfristigen Verseuchung der Fläche führen. Besonders trockene Standorte sind bei unzureichender Bodenwirkung von Herbiziden davon betroffen. Der Klimawandel dürfte zukünftig diese Situation weiter verschärfen.

Bei der Fuchsroten Borstenhirse wurden außerdem Biotypen beobachtet, die bei Behandlungen mit Herbiziden aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe unempfindlicher reagieren [13].

Welche Konsequenzen ein unzureichender Bekämpfungserfolg hat, wird in Abbildung 14 am Beispiel von *Setaria*-Arten im Norden Belgiens demonstriert. Dort haben sich seit 1972 *S. viridis* und insbesondere *S. verticillata* massiv ausgebreitet. Zudem treten die Arten dort in sehr hohen Dichten auf.

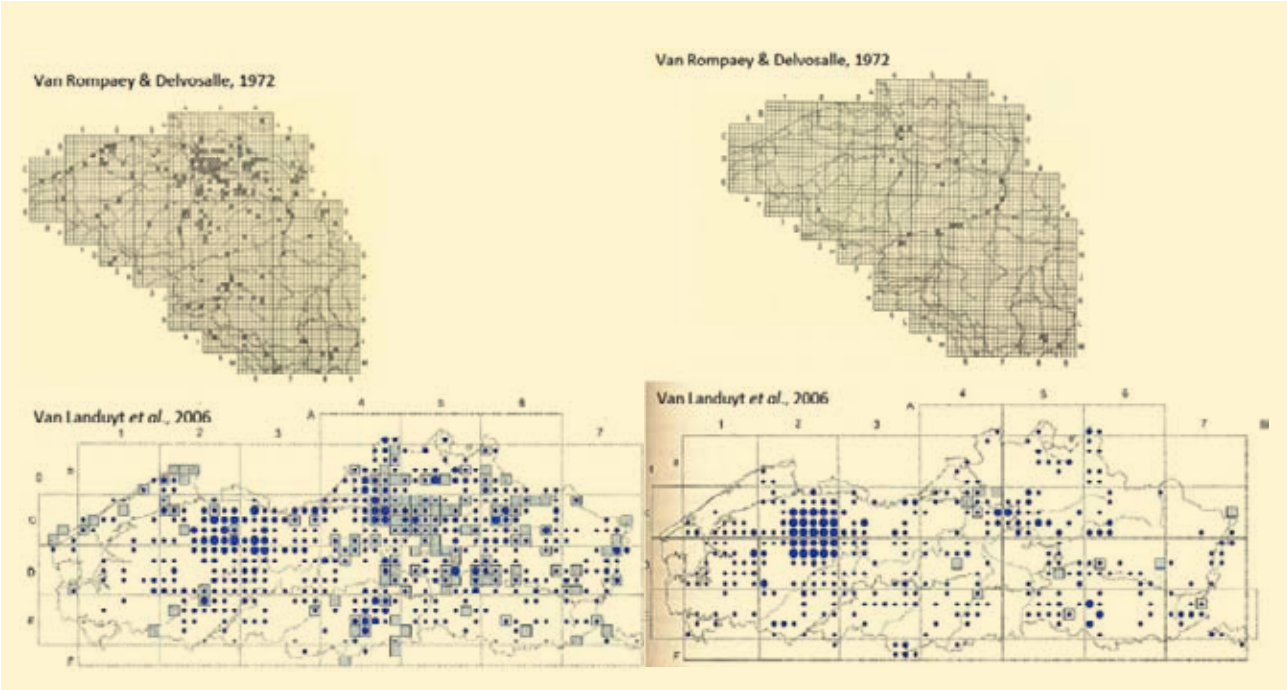

Abb. 14: Vorkommen und Stärke des Auftretens von *Setaria viridis* (links) und *Setaria verticillata* (rechts) im Norden Belgiens im Jahr 1972 und 2006.

Ein wesentlicher Grund für die starke Ausbreitung der Grünen Borstenhirse in Teilen Belgiens, aber auch in den Niederlanden sowie in Norddeutschland ist auf Wirkungslücken bei Triketon-Herbiziden (Sulcotrione ≥ Mesotrione > Tembotrione) zurückzuführen, die dort überwiegend seit Jahren zur Bekämpfung der Hühner- und Fingerhirsen Verwendung finden. Eine weitere Selektion der Grünen Borstenhirse durch Triketone könnte z. B. durch den Einsatz des Pyrazolon-Herbizids Topramezone, das hervorragend gegen diese Art wirkt, vermieden werden [14].

Abbildung 14 veranschaulicht die Populationsdynamik von *S. viridis*. Ausgehend von 30 Pflanzen pro Quadratmeter und unter der Annahme, dass eine Pflanze 600 Samen produziert, bewirkt ein Bekämpfungserfolg von 95 % und trotz vergleichsweise geringer Keimraten, sogar eine erhebliche Zunahme der Population auf der Fläche. Entsprechend groß ist das Gefahrenpotenzial, das von einer oft praxisüblichen höheren Individuendichte und des damit verbundenen Sameneintrages ausgeht, wenn bestimmte Bekämpfungsraten unterschritten werden. Als Konsequenz müssen daher nahezu 100-prozentige Erfolgsraten anvisiert werden, um den Aufbau des Samenvorrates im Boden zu unterbinden bzw. zu reduzieren.

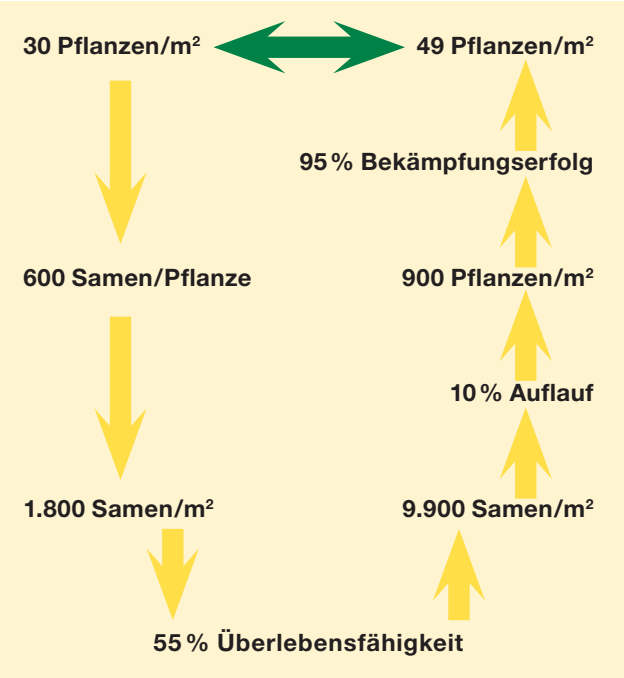

Abb. 15: Schematische Darstellung der Populationsdynamik am Beispiel der Grünen Borstenhirse *(Setaria viridis)*.

Obwohl von den spät auflaufenden Unkrauthirsen für den Mais bei Nichtbekämpfung zunächst nur ein relativ geringes Schadpotenzial ausgeht, sollte im Hinblick einer nachhaltigen Landbewirtschaftung dennoch auch diesen Arten rechtzeitig begegnet werden, da sie sich in Folgekulturen durchaus zum Problem entwickeln können. Abbildung 15 veranschaulicht am Beispiel von Winterweizen und Fuchsroter Borstenhirse in 2012 die mögliche Gefahr. So können sich beispielsweise die spätkeimenden *Setaria spp.* – einmal im Samenvorrat vorhanden – sobald sich die Gelegenheit z. B. durch Auswinterungsschäden oder Mäusefraß etc. ergibt, rasant auch im konkurrenzstarken Weizen etablieren und dort nicht nur zu Qualitätseinbußen und Behinderung der Ernte führen, sondern auch Folgekosten verursachen. In Anbetracht dessen ist ein möglichst breites Herbizidspektrum erforderlich, das dem Landwirt erlaubt standortbezogen und situativ zu agieren. Insbesondere das sehr lange Keimfenster setzt eine ausreichende Residualwirkung voraus, um diese Hirsearten in Schach zu halten.

Ergänzend sei die aus Ostasien stammende Faber-Borstenhirse (*S. faberi)* aufgeführt, die inzwischen in Nordamerika und Mexiko sowie in Teilen Mitteleuropas zu den etablierten Gräsern zählt. In Österreich wurde die Vogelfutter-Pflanze erstmals Mitte der 80er-Jahre sporadisch in Maisfeldern gesichtet. Seit dem Jahr 2000 kommt sie dort stellenweise häufiger vor. Auch in Nordwestdeutschland konnte die Art sich etablieren [6].

Abb. 16: Nester der Fuchsroten Borstenhirse in einem lückigen Weizenbestand im August 2012. Neben Ertrags- und Qualitätsminderungen behindert die Hirse auch die Druscharbeiten und erhöht die Trocknungskosten. © Mehrtens

Digitaria-Arten

Die Blut-Fingerhirse *(D. sanguinalis)* zählt zu den wärmeliebendsten Arten unter den Unkrauthirsen. Sie keimt von Ende Mai bis August bei Temperaturen zwischen 17 °C und 40 °C aus 1 – 3 cm Bodentiefe auf. Sie wird bis 60 cm hoch und blüht von Juli bis Oktober. Einzelpflanzen können bis zu 100 Triebe bilden und damit den Boden rasenartig bedecken. Ein mittlerer Horst der Pflanze produziert zwischen 700 und 1.000 lebensfähige Samen.

Die Blut-Fingerhirse bestockt früh und entwickelt sich sehr schnell. Innerhalb von zwei Monaten können bereits die ersten Samen heranreifen. Die Lebensfähigkeit der Samen im Boden beträgt bis zu zehn Jahre. Die Blut-Fingerhirse ist ebenfalls äußerst vielgestaltig. Südliche Ökotypen zeichnen sich durch eine stärkere Bestockung und größere Anzahl fertiler Halme aus [11].

Obwohl die Blut-Fingerhirse zu den Intensivwurzlern zählt, ist das Konkurrenzvermögen geringer als bei *Echinochloa*-Arten und *Setaria*-Arten. Wegen ihrer hohen Wärmeansprüche liegt ihr Verbreitungsschwerpunkt besonders in südlichen Gebieten. Neuerdings ist aber auch eine Zunahme insbesondere von *D. sanguinalis* sowie *D. ischaemum* z. B. im Norden Belgiens festzustellen. Letztere, die sich wesentlich anspruchsloser hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit und Bodentrockenheit verhält, kommt inzwischen auch immer häufiger im Nordwesten Deutschlands vor. Das enorme Ausbreitungspotenzial sowohl von *D. sanguinalis* als auch *D. ischaemum* geht aus Abbildung 16 hervor.

Generell dürfte bei der Ausbreitung der relativ niederwüchsigen *Digitaria*-Arten neben dem Einsatz unzureichend wirksamer Herbizide (vgl. Abb. 7) auch die Schnitthöhe von Silomais eine Rolle spielen. So können beim Hochschnitt diese oft auch niederwüchsigen Arten stärker profitieren, da sie auch nach der Maisernte noch auf dem Feld verbleiben und dort ihren Entwicklungszyklus abzuschließen vermögen. Dass die Ausbreitung von *Digitaria spp.* besonders in Nordrhein-Westfalen sowohl durch die vermehrte Ausbringung von Gärsubstraten aus Biogasanlagen oder möglicher Samen in der Gülle forciert wird, ist anzuzweifeln – in der Regel überleben diese Arten weder die Biogasgärung [15] noch den Verdauungstrakt von Wiederkäuern bzw. den anschließenden Aufenthalt im Fermenter [16]. Dennoch könnte ein Überangebot von Stickstoff durchaus im Zusammenhang mit einem verstärkten Auftreten bestimmter nitrophiler Arten stehen.

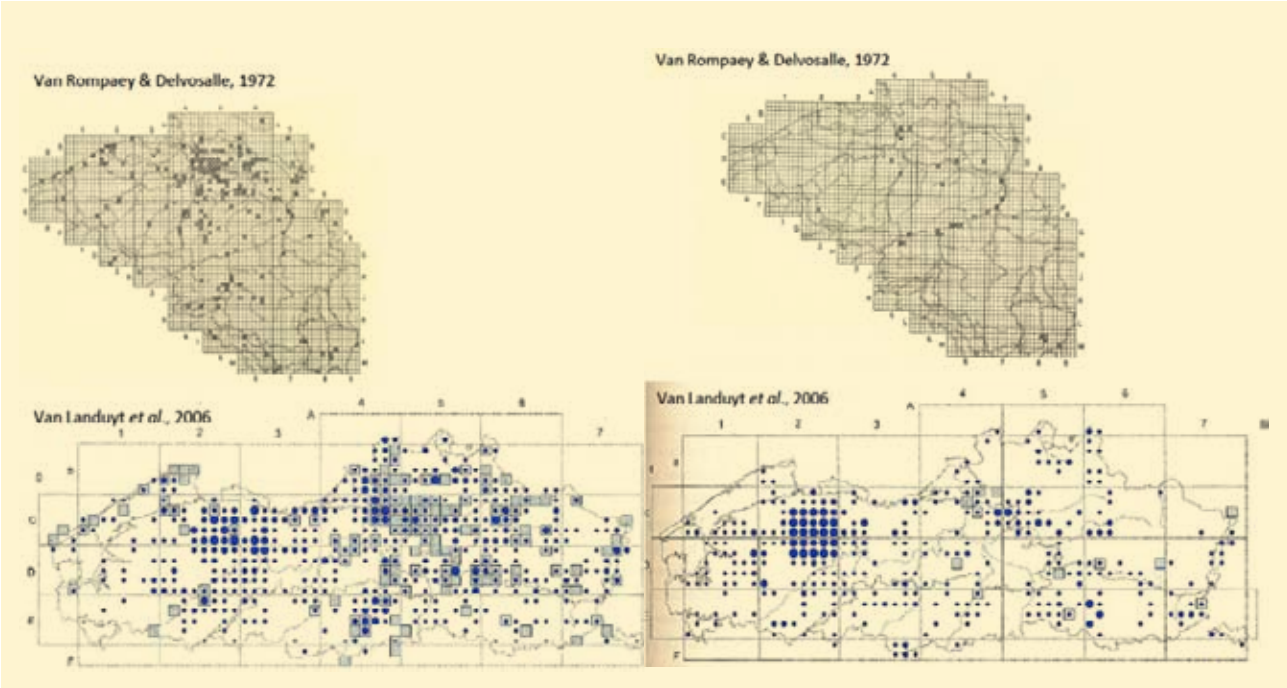

Abb. 17: Vorkommen und Stärke des Auftretens von *Digitaria sanguinalis* (links) und *Digitaria ischaemum* (rechts) im Norden Belgiens im Jahr 1972 und 2006.

Panicum-Arten

Von den ursprünglich aus Nordamerika stammenden *Panicum*-Arten besitzt die Gabelästige Hirse *(P. dichotomiflorum)* in Europa mittlerweile aufgrund ihrer raschen Verbreitung und Anpassungsfähigkeit wohl die größte Relevanz. Über erste Funde in Deutschland wurde 1889 in Bremen und Nürnberg, 1906 in Rodleben, Ludwigshafen und Mannheim (1909), später auch in Leipzig (1934, 1936) berichtet. Ebenfalls in der Schweiz bei Basel wurde *P. dichotomiflorum* zwischen 1958 und 1970 sowie in Österreich in der Steiermark bei Graz zwischen 1949 und 1951 gefunden. Da ihr Vorkommen bis dato aber sehr selten und unbeständig war, fand sie anfangs in keinem deutschen Florenwerk Eingang. Als sie erstmals 1951 in italienischen Reisfeldern registriert und bereits zehn Jahre später im Mais in der Po-Ebene in Massenbeständen auftrat, avancierte sie plötzlich zum bedeutendsten Unkraut in dieser Region [1].

Eine ähnliche Entwicklung konnte Anfang der 70er-Jahre in mehreren Gebieten Frankreichs, u. a. in der Bretagne und westlich der Pyrenäen, beobachtet werden. Später folgten das Burgenland, Kärnten und die Steiermark in Österreich. In der Schweiz kam die Gabelästige Hirse nur sporadisch vor. In Deutschland fiel ein stärkeres Vorkommen erst seit 1981 in Bayern auf. Ende der 80er-Jahre fasste die Art dann schließlich auch in Nordwestdeutschland Fuß [17].

P. dichotomiflorum bevorzugt ebenso wie *E. crus-galli* frische bis feuchte, nährstoffreiche Böden, weshalb sie oft mit dieser vergesellschaftet auftritt. Anders als die Mehrzahl der Unkrauthirsen ist die Art eher an niederschlagsreiche Regionen gebunden als an warm-trockene.

Sie erreicht eine Höhe von bis zu 2 m und blüht von Juli bis Oktober. Ihre Entwicklungszeit ist sehr kurz, sodass selbst im Hochsommer gekeimte Pflanzen noch vor den ersten Herbstfrösten reife Karyopsen ausbilden können. *P. dichotomiflorum* zählt zudem zu den wenigen Unkrauthirsen, die selbst in dichten Maisbeständen noch gedeihen können.

Seit dem Jahr 2000 kommt in Maisäckern des Burgenlandes, Kärntens, der Steiermark und Oberösterreichs außerdem eine weitere, massenwüchsigere *Panicum*-Art vor. Es handelt sich um die einzige nicht aus Nordamerika, sondern Südafrika eingeschleppte Unkrauthirse, die Kahle Hirse *(P. laevifolium)* [13]. Erwähnenswerte, aber bislang nur vereinzelt auftretende *Panicum*-Arten sind die Haarstiel-Hirse *(P. capillare)*, die häufig in Gärten angepflanzt wird, die Hillmann-Hirse *(P. hillmani)*, welche oft mit *P. capillare* verwechselt wird, sowie die Echte Hirse *(P. millaceum)*.

Ausblick

Das Artenspektrum der Unkrauthirsen und ihr Vorkommen sowie die Stärke des Auftretens hat in den vergangenen Jahren nachweislich in offenen Kulturen stark zugenommen und damit auch ihre wirtschaftliche Bedeutung in Mais. Neben ackerbaulichen Faktoren, dem anhaltenden Biogasboom und der damit seit 2004 verbundenen Flächenausweitung von Mais sowie der biologischen Invasion wird der sich bereits heute schon abzeichnende Klimawandel für die zukünftige Ausbreitungsentwicklung der Unkrauthirsen eine bedeutende Rolle spielen. Generell muss mit einer weiteren Veränderung der Zusammensetzung der Unkrautflora hin zu wärmeangepassten, südlich verbreiteten Arten gerechnet werden. Das beachtliche Vorkommen von rund 50 C_4-Pflanzen in Deutschland – überwiegend Gräser – bzw. 70 C_4-Pflanzen in Mitteleuropa bestätigt diesen Trend bereits jetzt [17].

In Anbetracht des hohen Anpassungsvermögens der Unkrauthirsen wird es ihnen sehr schnell gelingen, ihr Optimum zu verschieben und auf diese Weise andere Arten aus ihrem ökologischen Optimum zu drängen (niche shifts). Die thermophilen Unkrauthirsen werden insofern zu den Profiteuren der Klimaerwärmung zählen. Ein weiterer Anstieg der Artenzahl, die Ausbreitung neuer Arten auch in nördliche Gebiete durch die Verschiebung der Arealgrenzen (range shifts) und ein schnellerer Selektionsprozess von Biotypen mit unterschiedlichsten Merkmalen hin zu toleranten oder gar resistenten Arten (trait shifts) werden die Konsequenz sein.

Bekanntlich verändern sich Unkrautmerkmale, wenn unter neuen klimatischen Bedingungen ein Konkurrenzvorteil gegenüber der Feldfrucht gewährleistet wird. Dies kann sich auf das Keimfenster, die Wachstums- und Entwicklungsgeschwindigkeit sowie die Samenproduktion auswirken.

Ferner ist davon auszugehen, dass mit zunehmender Erwärmung auch die später keimenden Unkrauthirsen in der Lage sind, mehrere Generationen pro Jahr hervorzubringen. Eine rasche Generationenfolge wird die Selektion schwer bekämpfbarer Arten wiederum fördern. Da ohnehin viele Herbizide nur unzureichend die immense Bandbreite an Unkrauthirsen erfassen, wird sich die Situation nochmals verschärfen.

Abbildung 17 verdeutlicht die Förderung der Ausbreitung von Unkrauthirse-Arten in Abhängigkeit vom eingesetzten Herbizid-Wirkstoff. Es wird ersichtlich, dass gegenwärtig lediglich ein Wirkstoff in der Lage ist, das gesamte Hirsespektrum hinreichend zu erfassen, effizient zu bekämpfen und damit letztlich die Selektion von bestimmten Arten zu unterbinden [14].

Wirkstoff	***E. crus-galli***	***Setaria spp.***	***D. sanguinalis***	***D. ichaemum***	***Panicum spp.***
Nicosulfuron, Rimsulfuron, Foramsulfuron (+ Safener)	–	+	++	++	++
Sulcotrione, Mesotrione	–	+++	-	+	+++
Tembotrione	–	+ *(S. pumila)* ++ *(S. viridis)*	–	+	++
Topramezone	–	–	–	–	–

Abb. 18: Förderung der Ausbreitung von Unkrauthirse-Arten in Abhängigkeit vom eingesetzten Herbizid-Wirkstoff.

Die durch den Klimawandel bedingte Zunahme von Trockenperioden, Starkniederschlägen und des CO_2-Gehaltes in der Atmosphäre wird die Applikation von Mais-Herbiziden in Zukunft ebenfalls signifikant beeinflussen. Trockene und warme Bedingungen begünstigen im Sommer eher blattaktive Wirkstoffe. Blattherbizide könnten somit manche hirsewirksamen Bodenherbizide, die bei Trockenheit an Wirksamkeit einbüßen, ersetzen.

Auch der Zeitpunkt der Herbizidapplikation wird sich auf das Unkrautspektrum noch stärker auswirken. Frühe Behandlungstermine könnten beispielsweise Spätkeimer wie *Digitaria spp.* vermehrt selektieren. Insofern wären stärker wirksame Blattherbizide erforderlich.

Steigende Temperaturen, bedingt durch den Klimawandel, erhöhen außerdem die metabolische Aktivität der Pflanzen, wodurch die Wirksamkeit einiger Substanzen verändert wird und verminderte Bekämpfungsraten die Folge sind. In einigen Regionen ist bei moderatem Temperaturanstieg bereits mit einer verlängerten Vegetationsperiode zu rechnen. Eine Temperaturerhöhung von 1 °C führt voraussichtlich zu einer Vorverlegung des Vegetationsbeginns um rund eine Woche. Bei ausreichender Wasserversorgung wirkt sich dies zwar auf das Ertragspotenzial vieler Fruchtarten positiv aus, verlängert aber auch zugleich die Auflaufperiode zahlreicher Unkräuter und -gräser, was sich wiederum ungünstig gegenüber einer erfolgreichen Bekämpfung erweist.

Die Vielzahl an Unkrauthirsen einerseits und ihre äußerst hohe Plastizität andererseits werden zur weiteren Expansion beitragen. Der fortschreitende Klimawandel wird diesen Sachverhalt zusätzlich beschleunigen. Da Unkrauthirsen schnell und unerwartet zum Problem werden können, sind sie gerade im Hinblick eines nachhaltigen Maisanbaues besonders im Auge zu behalten, zumal jederzeit mit Neueinschleppungen gerechnet werden muss.

Die gegenwärtig dem Landwirt zur Verfügung stehende Produktpalette an Mais-Herbiziden ermöglicht eine flexible, wirksame und zugleich maisschonende Unkrautbekämpfung. Um auch zukünftig, gerade im Hinblick einer vielschichtigen Klimavariabilität, dem Hirsedruck bzw. den Auflaufwellen bei trockenen Bodenverhältnissen effizient gerecht zu werden, führt kein Weg an Hirse-Herbiziden mit starker Blattwirkung und flexiblem Einsatztermin sowie einer verlässlichen Dauerwirkung vorbei.

Literaturverzeichnis

[1] **Hegi, G. – Illustrierte Flora von Mitteleuropa (1998):**
Spermatophyta: Angiospermae: Monocotyledones 1(2)
Poaceae (Echte Gräser oder Süßgräser);
Band 1 – Teil 3; 3. vollständig neubearbeitete Auflage;
Hrsg. Hans Joachim Concert, S. 898.

[2] **Sibuga, K.P. et al. (1980):**
Effects of various densities of Green Foxtail (Setaria viridis (L.) Beauv.) and Lamb's-Quarters (Chenopodium album L.) on nitrogen uptake and yield of corn. East African Agricultural and Forestry Journal 45 (3), 214–221.

[3] **Hinke, F. (1965):**
Hühnerhirse – ein neues Ungras. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 9/27, 18.

[4] **Brod, G. (1968):**
Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Hühnerhirse Echinochloa crus-galli L. Beauv. Weed Research 8, 115–127.

[5] **Neururer, H. (1965):**
Unkrautprobleme in Mais. Pflanzenarzt 18, 28–30.

[6] **Gregor, T. (2006):**
Setaria faberi Herrm. und Echinochloa muricata (P. Beauv.) Fernald in Mais-Äckern um Vechta. Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen, Band 32, 53–56.

[7] **Mehrtens, J. (2005):**
Räumliche und zeitliche Verteilung von Unkräutern in Mais. Verlag Ulrich E. Grauer, S. 211.

[8] **Holm, L.R. et al. (1997):**
World Weeds: Natural Histories and Distribution.
1152 S., ISBN 0-471-04701-5

[9] **Engel (1975):**
Der Einfluß der Massenvermehrung von Amarant- und Wildhirsearten im Mais- und Gemüsebau auf die Biozönose. Gesunde Pflanzen 25, 88–94.

[10] **Laudien, H. (1972):**
Beträge zur Biologie, Ökologie, wirtschaftliche Bedeutung und Verbreitung der Schadhirsen Echinochloa crus-galli L., Digitaria sanguinalis L., Setaria glauca L. und Setaria viridis L. in der Bundesrepublik Deutschland. Dissertation Universität Hohenheim, 109 S.

[11] **Platzer, H. (1962):**
Untersuchungen über die phänotypische und karyotische Variabilität der europäischen Unkrauthirsen aus den Gattungen Setaria, Digitaria und Echinochloa. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 47 (4), 330–368.

[12] **De Cauwer, Benny (2012):**
Persönliche Mitteilung, Universität Gent.

[13] **Holzner, W. & Glauinger, J. (2005):**
Ackerunkräuter – Bestimmung, Biologie, Landwirtschaftliche Bedeutung. Leopold Stocker Verlag, 264 S.

[14] **Schönhammer, Alfons (2012):**
Persönliche Mitteilung, BASF SE.

[15] **Gansberger, M. et al. (2009):**
Einfluss der Verweildauer ausgewählter Unkrautsamen in Biogasanlagen auf die Keimfähigkeit. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21, 75–76.

[16] **Rieder, G. (1966):**
Der Einfluß des Schwemmistes auf die Unkrautverbreitung und die Anwendung der Tetrazolium-Methode bei Unkrautsamen, Hohenheim, Landwirtschaftliche Hochschule, Dissertation, 119 S.

[17] **Weber, H.E. (1990):**
Panicum dichotomiflorum Michaux. Ein neues Unkraut der Maisäcker in Nordwestdeutschland, Floristische Rundbriefe 24 (1), 13–18.

[18] **Brandes, D. (1995):**
Breiten sich die C_4-Pflanzen in Mitteleuropa aus?
Schriftenreihe für Vegetationskunde:
Sukopp-Festschrift, Bonn-Bad Godesberg, 365–372.

Weitere Quellen

Braun, B. (1986):
Die Gabelästige Hirse, Panicum dichotomiflorum Michx. eine neue Art der bayerischen Flora. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 57, 75–80.

Brod, G. (1967):
Zur Keimungsbiologie und Bekämpfung der Hühner-Hirse. Gesunde Pflanzen 19, 52–56.

Brod, G. (1968):
Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Hühner-Hirse Echinochloa crus-galli L. Beauv. Weed Research 8, 115–127.

Chuine, I. et. al. (2012):
Climate change might increase the invasion potential of the alien C4 grass Setaria parviflora (Poaceae) in the Mediterranean Basin. Diversity & Distributions 18, 661–672.

Dawson, J.H. & Bruns, V.F. (1975):
Longevity of Barnyardgrass, Green Foxtail, and Yellow Foxtail Seeds in Soil. Weed Science 23 (5), 437–440.

Dawson, J.H. & Bruns, V.F. (1962):
Emergence of Barnyardgrass, Green Foxtail, and Yellow Foxtail seedlings from various soil depths. Weeds 10 (2), 136–139.

Franke, A.C. et al. (2009):
Setaria verticillata, Digitaria ischaemum and Geranium molle – Biology and control, a review of literature.
Plant Research International 587, Wageningen. 1–27.

FVM Budapest (2009):
Weed survey of Hungarian arable fields, 5th general weed assessment 2007–2008, Table 8.

Hohla, M. (2005):
Mais & Co. – Aufstrebende Ackerbegleitflora im Porträt.
ÖKO · L 27(3), 10–20.

Hügin, G. (2010):
Panicum dichotomiflorum, P. hillmanii, (P. laevifolium), P. milaceum subsp. Agricola, P. milaceum subsp. Ruderale und Setaria faberi in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. Berichte der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland 6, 31–68.

IPCC – Intergovernmental panel on climate change (2007):
Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.), IPCC, Geneva, Switzerland, 104 S.

Jehlik, V. (1978):
Über die fortschreitende Naturalisation der Art Setaria faberi Herrmann in der Tschecheslowakei. Acta botanica slovaca Academiae Scientiarum Slovacae A 3, 57–64.

Kästner, A. et al. (2001):
Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas. Wien, Springer, 609 S.

Landuyt, W. van et al. (2006):
Atlas van de flora van Vlaanderen en het Brussels gewest. Instituut voor Natuuren Bosonderzoek. Nationale Plantentuin van België en Flo.Wer, 1007 S.

Marschall, F. (1973):
Die hirseartigen Unkräuter der Maisfelder. Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft 21 (6), 113–125.

Norris, R.F. (1992):
Relationship between inflorescence and seed production in Barnyardgrass (Echinochloa crus-galli). Weed Science 40, 74–78.

Rothmaler, W. (2005):
Exkursionsflora von Deutschland, Band 2 – Gefäßpflanzen: Grundband, 19. Bearb. Auflage, Spektrum, 640 S.

Partzsch, M. et al. (2006):
Acker- und Gartenunkäuter. AgriMedia GmbH, 303 S.

Peters, K. & Gerowitt, B. (2012):
Wie könnte der Klimawandel das Zusammenspiel von Unkräutern und Feldfrüchten verändern?
25th German Conference on Weed Biology and Weed Control, March 13–15, Braunschweig, 35-42.

Rompaey, E. van & Delvosalle, L. (1972):
Atlas de la Flore Belge et Luxembourgeoise – Pteridophytes et Spermatophytes, Bruxelles, Jardin Bot. Nat. de Belgique, 4 to. 16, 1530 maps.

Schaller, M. & Weigel, H.-J. (2007):
Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft 2007, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 316, 247 S.

Swanton, C.J. et al. (1999):
Effects of temperature and photoperiod on Setaria viridis. Weed Science 47, 446–453.

Stat. Bundesamt (2012):
Wachstum und Ernte – Feldfrüchte, Fachserie 3 Reihe 3.2.1

Vorderberg, K. (1967):
Zur Keimungsphysiologie von Hirsearten der Unkrautflora. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutz 21, 176–179.

Wihalm, T. (2001):
Verbreitung und Bestandsentwicklung unbeständiger und eingebürgerter Gräser in Südtirol. Gredleriana 1, 275–330.

BASF
The Chemical Company

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett- und Produktinformationen lesen.
Warnhinweise und -symbole beachten.

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

ServiceLand℠ **Tel.: 0 18 05 - 11 56 56** (14 Cent/Min. Festnetz · Mobilfunk max. 42 Cent/Min.) · **www.agrar.basf.de** · serviceland@basf.com