

Keimverhalten und Bekämpfung tropanalkaloidhaltiger Unkräuter

Germination and control of tropanalkaloid-containing weeds

Hans-Peter Söchting*, Saskia Pfundheller

Julius Kühn-Institut, Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig

*Korrespondierender Autor, hans-peter.soechting@julius-kuehn.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.071



Zusammenfassung

Tropanalkaloidhaltige Unkräuter können bei diversen Kulturen zur Verunreinigung des Erntegutes führen und sollten nicht geduldet werden. Um Erfahrungen mit diesen Unkrautarten zu sammeln wurden am JKI in Braunschweig im Frühjahr 2017 Untersuchungen zur Keimungsbiologie und Bekämpfung einiger tropanalkaloidhaltiger Arten durchgeführt. Das für die Versuche verwendete Saatgut stammte aus eigener Vermehrung aus dem Jahr 2016. Es wurde das Keimverhalten der Arten *Datura stramonium*, *Datura innoxia*, *Datura ferox*, *Hyoscyamus niger* und *Hyoscyamus albus* bei 15°C/10°C, 20°C/10°C und 25/10°C mit 14 Stunden Tageslicht und 10 Stunden Dunkelheit geprüft. Dazu wurden alle 3-4 Tage die gekeimten Samen gezählt und aussortiert. Der Ablauf der Arten war extrem unterschiedlich wobei einheitlich von allen Arten die höchste Temperaturstufe bevorzugt wurde. *Hyoscyamus niger* und *Datura ferox* verfügen vermutlich über eine ausgeprägte Dormanz, da bei diesen Arten nur ein Ablauf von wenigen Pflanzen aus dem frischen Saatgut beobachtet werden konnte.

Neben der Keimung wurden in einem Biotest die Bekämpfungsmöglichkeiten der Arten *Datura stramonium* und *Hyoscyamus albus* mit verschiedenen in Mais zugelassenen Herbiziden geprüft. Die Unkrautarten wurden im Keimblatt-, 2-Blatt- und 4-6-Blattstadium mit der jeweils höchsten zugelassenen Aufwandmenge der Herbizide behandelt. Es zeigte sich, dass sich die im Keimblatt befindlichen Pflanzen mit den Herbiziden aus den Wirkgruppen der Photosynthesehemmer, Wuchsstoffe, Zellteilungshemmer und ALS-Hemmer ausreichend bis gut bekämpfen ließen. Größere *Datura*- und *Hyoscyamus*-Pflanzen waren dagegen fast nicht mehr mit den verwendeten Wirkstoffen zu bekämpfen.

Stichwörter: Bekämpfung, Herbizid, Keimverhalten, Tropanalkaloide, Unkräuter

Abstract

Tropanalkaloid-containing weeds can lead to contamination of the yield in various crops and should not be tolerated. In this context, studies on germination biology and the control of selected tropanalkaloid-containing weed species were carried out in spring 2017. The seed used was from its own propagation from the year 2016. The germination of the species *Datura stramonium*, *Datura innoxia*, *Datura ferox*, *Hyoscyamus niger* and *Hyoscyamus albus* was tested at 15°C/10°C, 20°C/10°C and 25/10°C. For this purpose the germinated seeds were counted and sorted out every 3-4 days. All species preferred the highest temperature stage for germination. *Hyoscyamus niger* and *Datura ferox* presumably have a pronounced dormancy, since in these species only a germination of few plants could be observed. Beside the germination, the control of the species *Datura stramonium* and *Hyoscyamus albus* was tested in a biotest with various herbicides approved in maize. Both weed species were treated in the cotyledon, 2-leaf and 4-6 leaf stage with the highest permitted application rate of the tested herbicides. It was found that the plants of the two species with the herbicides from the active groups of the photosynthesis inhibitors, synthetic auxins, cell division inhibitors and ALS inhibitors were at least sufficiently controlled. Larger *Datura* and *Hyoscyamus* plants, on the other hand, could not be completely controlled.

Keywords: Control, germination, herbicide, tropanalkaloid, weed

Einleitung

Tropanalkaloide sind sekundäre Pflanzenstoffe, die in Nachtschattengewächsen wie dem Weißen Stechapfel (*Datura stramonium*) und dem Schwarzen Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*) vorkommen. Ein sporadisches Auftreten findet man auch in einigen Winden-, Rotholz-, Silberbaum-, Rhizophora- und Wolfsmilchgewächsen sowie Kreuzblütlern. Tropanalkaloide werden in den Wurzeln gebildet und mit dem Flüssigkeitsstrom über die Pflanze verteilt. Die Konzentrationen sind in der Regel am höchsten in den Wurzeln und Samen, wo sie als Schutz gegen Fraßfeinde dienen. Die Gruppe der Tropanalkaloide umfasst mehr als 200 unterschiedliche Alkaloide. Die bekanntesten sind das

Hyoscyamin und Scopolamin (LINDENMANN, 1961). Bereits im Mittelalter waren Tropanalkaloide als Arzneimittel bzw. Drogen im Umlauf (MÜLLER-EBELING et al., 1999). Gelangen Pflanzenbestandteile dieser Arten über das Erntegut in Nahrungs- oder Futtermittel kann es zu Vergiftungssymptomen kommen. Beispielsweise vergifteten sich in Österreich im Jahr 2006 mehrere Personen durch den Verzehr eines mit Stechapfelsamen verunreinigten Hirsegerichts (AGES, 2017).

In Deutschland kam es im Jahr 2015 vermehrt zu Rückrufaktionen des Handels, als bei der Untersuchung verschiedener Getreideprodukte, insbesondere Rispenhirse-Produkte (*Panicum miliaceum*) vielfach erhöhte Tropanalkaloidgehalte ermittelt wurden (BfR, 2013). Generell sind Sommerungen wie Hirse-Arten, Mais, Buchweizen und Sonnenblumen mehr von der Problematik betroffen als Winterungen, da die tropanalkaloidhaltigen Unkräuter wärmeliebend sind und erst relativ spät im Jahr auflaufen. Samen tropanalkaloidhaltiger Unkräuter sind nicht immer gut aus dem Erntegut heraus zu reinigen, hinzu kommt eine mögliche Kontamination durch andere Pflanzenteile wie Blattstückchen oder Pflanzensäfte (SÖCHTING, 2016). In Deutschland sind der Weiße Stechapfel (*Datura stramonium*) und das Schwarze Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*) die wichtigsten tropanalkaloidhaltigen Acker-Unkräuter. Laut MEHRTENS (2005) liegen die Stetigkeiten für den weißen Stechapfel in Maisschlägen bei 0,3 % und für das Schwarze Bilsenkraut bei 0,4 %. Somit ist ein Auftreten der Arten in Kulturpflanzenbeständen zwar weniger häufig festzustellen, kann aber nach eigenen Erfahrungen schlagspezifisch massiv sein. Die Bedeutung von verunreinigten Futter- oder Nahrungsmitteln mit Tropanalkaloiden könnte zunehmen, da sich durch Klimaveränderung und veränderte Anbaustrukturen die betroffenen tropanalkaloidhaltigen Arten auch in Deutschland weiter ausbreiten werden. Am JKI wurden mit mehreren tropanalkaloidhaltigen Unkräutern Keimtests und Untersuchungen zu herbiziden Kontrollmöglichkeiten durchgeführt, um weitere Erfahrungen mit diesen Arten zu gewinnen.

Material und Methoden

Keimversuch im Labor

Die Keimtests im Labor wurden auf Nährlösungsbasis durchgeführt. Bei der verwendeten Nährlösung handelte es sich um eine 2,0 mM Ca (NO₃)₂ + 0,1%ige Previcur Energy Lösung, um die Keimung anzuregen und Pilzwachstum zu verhindern. Zur Ermittlung der Keimfähigkeit sollten die Samen bei definierten Temperaturbedingungen in Petrischalen mittels Nährlösung zur Keimung gebracht werden. Zur Temperaturregulierung wurden Klimaschränke der Firma Rumed eingesetzt. Wie in der Einleitung erwähnt, sollte der Temperaturbereich für eine optimale Keimung ermittelt werden. Jede Petrischale wurde zuvor mit 2 Filterpapieren ausgelegt, dann wurden 5 ml der oben beschriebenen Nährlösung ausgebracht. Nachfolgend wurden jeweils 25 Samen der 5 Arten (Tab. 1) gleichmäßig in den Petrischalen verteilt. Das Saatgut stammte aus dem Jahr 2016 aus eigener Vermehrung. Je nach Variante mussten die Petrischalen täglich oder in Abstand von mehreren Tagen nachgewässert werden, damit die Samen nicht austrockneten.

Im Klimaschrank wurden drei Temperaturvarianten für die Keimtests eingestellt und zwar

1. 15/10 °C Wechseltemperatur
2. 20/10 °C Wechseltemperatur
3. 25/10 °C Wechseltemperatur

Die Beleuchtung war 14 Stunden hell und 10 Stunden dunkel eingestellt. Die Versuche wurden wöchentlich bonitiert und galten als beendet, wenn nach zwei Zählterminen keine weitere Keimung mehr beobachtet werden konnte.

Tab. 1 Im Keimversuch verwendete Unkrautarten.

Tab. 1 *Weeds used in the experiment.*

	Art	Deutscher Name	Eppo-Code
1	<i>Datura stramonium</i>	Weißer Stechapfel	DATST
2	<i>Datura innoxia</i>	Großblütiger Stechapfel	DATIN
3	<i>Datura ferox</i>	Furchtbarer Stechapfel	DATFE
4	<i>Hyoscyamus niger</i>	Schwarzes Bilsenkraut	HSYNI
5	<i>Hyoscyamus albus</i>	Weißes Bilsenkraut	HSYAL

Die gekeimten Samen wurden gezählt und mit einer Pinzette aus der Petrischale entfernt. Als gekeimt galten jene Samen, bei denen die gesunde Keimwurzel deutlich erkennbar war. Die Werte pro Schale bildeten eine Wiederholung. Aus den Wiederholungen wurden der Mittelwert mit Standardabweichung sowie die Keimfähigkeit in Prozent errechnet.

Biotest

In einem Biotest wurde die Möglichkeit geprüft, *Hyoscyamus albus* und *Datura stramonium* mit Herbiziden zu bekämpfen. Dazu wurden die beiden Arten ausgesät und Pflanzen angezogen, die dann in entsprechende Töpfe pikiert wurden. Die Keimpflanzen wurden (4 Pflanzen/Topf) in vier Wiederholungen pikiert. Es wurde ein JKI Standardboden verwendet (gesiebt auf 2,5 mm, sterilisiert, ca. 6 % Ton; pH-Wert 6,4; C_{org} 0,9 %). Nach dem Pikieren wurden die Versuchsgefäße für zwei Wochen im Gewächshaus aufgestellt (Tagphase: 20 °C +14 h Beleuchtung, Nachtphase: 10 °C). Danach erfolgte das Wachstum in Klimaschränken (Tagphase 20 °C + 14 h Beleuchtung mit 14000 Lux, Nachtphase: 10 °C). Die Bewässerung erfolgte mit Leitungswasser von oben. Die Herbizidapplikation erfolgte als on-Top-Applikation mit einer stationären Applikationsanlage der Firma Schachtner. Verwendet wurde eine Flachstrahldüse (Teejet 8003 EVS) mit einem Systemdruck von 7 bar und einem Düsendruck von 2,1 bar. Die Spritzgeschwindigkeit betrug 2 km/h und die Spritzhöhe 45 cm (Düse bis Gefäßoberfläche). Zur Versuchsauswertung wurden Wirkungsbonituren (Wirkungsgrad im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle) durchgeführt und die oberirdische Pflanzenfrischmasse pro Gefäß jeweils 21 Tage nach Versuchsansatz ermittelt. Die Unkrautarten wurden in jeweils 3 Entwicklungsstadien bekämpft (Tab. 2).

Tab. 2 Unkrautarten und BBCH zur Applikation der im Biotest behandelten Pflanzen.

Tab. 2 *Weed species and BBCH at application of the plants of the biotest.*

	Art	BBCH zur Applikation
1	<i>Datura stramonium</i>	12
2	<i>Datura stramonium</i>	14 - 16
3	<i>Hyoscyamus albus</i>	Keimblatt
4	<i>Hyoscyamus albus</i>	12
5	<i>Hyoscyamus albus</i>	14 -16

Die im Versuch eingesetzten Herbizide (Tab. 3) werden im Mais verwendet und könnten unter Berücksichtigung der Selektivität (bezogen auf die Kulturpflanze), bis auf Callisto und Dual Gold auch in *Panicum miliaceum* eingesetzt werden.

Tab. 3 Im Biotest verwendete Herbizide.

Tab. 3 In the experiment used herbicides.

	Herbizid	Wirkstoff (g/l, kg)	Aufwandmenge
1	Kontrolle		
2	Click	Terbuthylazin (500)	1,5 l/ha
3	Buctril	Bromoxynil (225)	1,5 l/ha
4	Dual Gold	S-Metolachlor (960)	1,25 l/ha
5	Callisto	Mesotrione (100)	1,5 l/ha
6	U 46 M-Fluid	MCPA (500)	1 l/ha
7	Basagran	Bentazon (480)	2 l/ha
8	Harmony SX	Thifensulfuron (500)	15 g/ha
9	Biathlon + Mero	Tritosulfuron (714)	70 g/ha + 1 l/ha
10	Mais Banvel WG	Dicamba (700)	0,5 kg/ha

Ergebnisse

Keimversuch im Labor

Den besten Auflauf der Stechapfel-Arten zeigte *Datura stramonium* mit 88 % der ausgelegten Samen bei 30 °C nach 10 Tagen. Bei 20 °C lag die maximale Keimfähigkeit der Art nach 10 Tagen mit 84 % nur geringfügig darunter. Schlechter war die Keimfähigkeit bei 15 °C mit 79 %. Dieser Wert wurde erst nach 28 Tagen erreicht.

Die Keimfähigkeit von *Datura innoxia* war insgesamt deutlich schlechter. Die höchste Keimrate wurde mit 54 % bei 20 °C erzielt. Die Keimfähigkeit insgesamt war damit vergleichbar mit der 25 °C-Variante, in der 50 % der Samen aufliefen. Bei 25 °C erfolgte die Keimung allerdings zügiger und bereits nach 10 Tagen waren 38 % der Samen gekeimt, wohingegen bei 20 °C noch kein Keimling zu finden war. Bei 15 °C wurde auch nach 44 Tagen nur eine Keimfähigkeit von 12 % festgestellt.

Datura ferox zeigte das schlechteste Keimverhalten der drei geprüften Stechapfel-Arten. Bei dieser Art erfolgte keine Keimung bei 15 °C, bei 20 °C keimten 2 % und bei 25 °C 12 % der Samen.

Auch die beiden Bilsenkraut-Arten zeigten große Unterschiede bezüglich der Keimfähigkeit. Keine Keimung wurde bei *Hyoscyamus niger* ermittelt. Bei *Hyoscyamus albus* keimten dagegen bei 30 °C 95 % der Samen. Bei 20 °C konnten nach 55 Tagen immerhin 88 % der Samen zur Keimung gebracht werden. Dagegen keimten bei 15 °C nur noch 5 % der Samen. Insgesamt zeigten die fünf geprüften Arten ein völlig unterschiedliches Keimverhalten (Abb. 1 und 2).

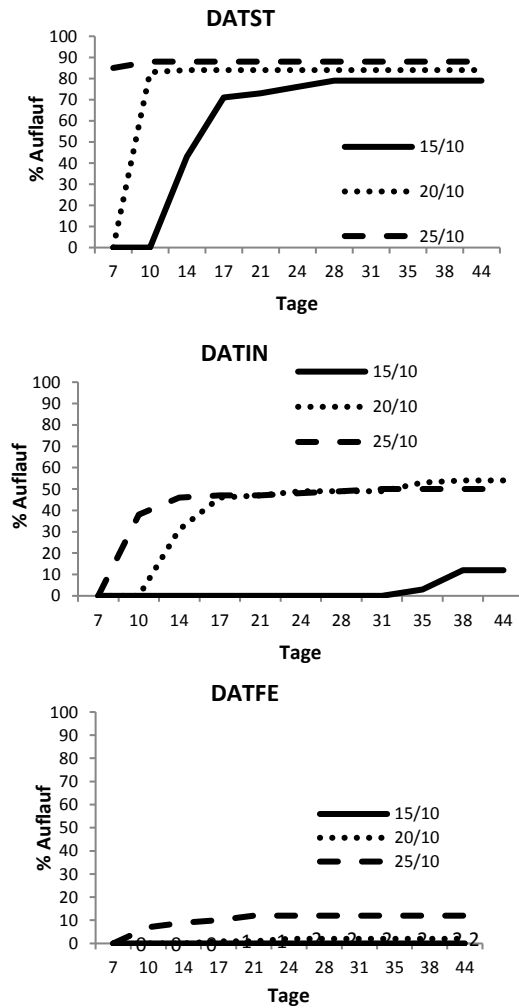


Abb. 1 Keimverhalten von *Datura stramonium*, *Datura innoxia* und *Datura ferox*.

Fig. 1 Germination behavior of *Datura stramonium*, *Datura innoxia* and *Datura ferox*.

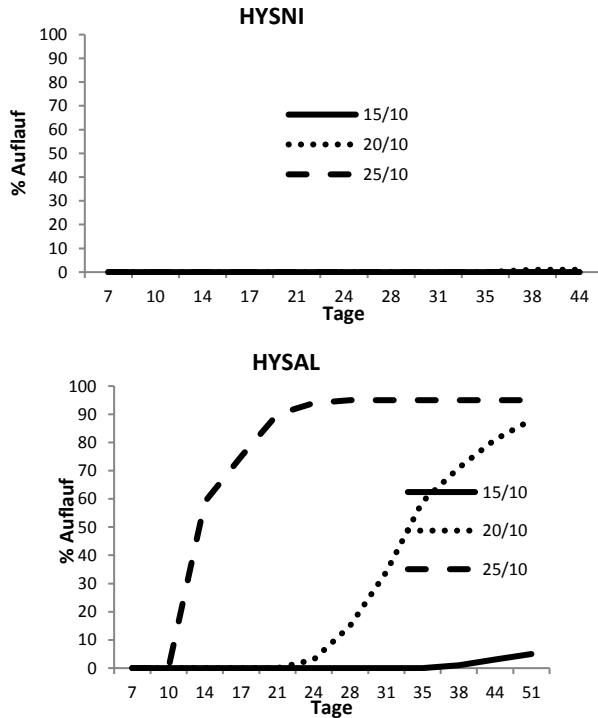


Abb. 2 Keimverhalten von *Hyoscyamus niger* und *Hyoscyamus albus*.

Fig. 2 Germination behaviour of *Hyoscyamus niger* und *Hyoscyamus albus*.

Biotest

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, erfolgten die Herbizidbehandlungen von *Hyoscyamus albus* im Keimblatt (KB), 2-Blatt und 4-6-Blattstadium, während *Datura stramonium* im 2-Blatt und 4-6-Blattstadium behandelt wurde. Auch letztere Art sollte im Keimblattstadium behandelt werden, jedoch kamen nicht ausreichend Samen zur Keimung, so dass diese Variante verworfen werden musste.

Datura stramonium im 2-Blattstadium ließ sich lediglich mit Bucril (Bromoxynil) hinreichend bekämpfen (Tab. 4). Basagran DP und Mais Banvel WG zeigten noch Wirkungsgrade um 30 % bezogen auf die Frischmassegehalte, während die anderen Herbizide kaum noch eine Wirkung zeigten.

Hyoscyamus albus wurde im Keimblattstadium gut bekämpft (Ausnahme Dual Gold). Im 2-Blattstadium nahm die Wirkung bei Dual Gold weiter ab und auch U 46 M-fluid, Harmony SX, Biathlon und Mais Banvel WG zeigten zurückgehende Wirkungsgrade. Im 4-6-Blattstadium von *Hyoscyamus albus* war kein Herbizid mehr vollständig wirksam.

Tab. 4 Wirkung der Herbizide gegen *Datura stramonium* / Frischmasse in g und Frischmasse in % zur unbehandelten Kontrolle.

Tab. 4 *Herbicide efficacy against Datura stramonium / fresh weight in g and fresh weight in % to untreated control.*

Herbizid	Aufwandmenge	BBCH 12		BBCH 14- 16	
		FM g (SD)	FM %	FM g (SD)	FM %
Kontrolle		4,8 (0,2)	100	6,9 (0,8)	100
Click	1,5 l/ha	4,6 (0,6)	96,1	6,5 (0,3)	96,1
Buctril	1,5 l/ha	0 (0)	0,0	3,5 (0,5)	0,0
Dual Gold	1,25 l/ha	4,6 (0,3)	95,8	6,4 (0,2)	95,8
Callisto	1,5 l/ha	4,9 (0,4)	103,3	7,2 (0,3)	103,3
U 46 M-fluid	1 l/ha	5,1 (0)	106,5	7,6 (0,1)	106,5
Basagran DP	2 l/ha	3,1 (0,4)	65,5	5,6 (0,3)	65,5
Harmony	15 g/ha	4,6 (0,2)	97,4	6,0 (0,4)	97,4
Biathlon + Mero	70 g/ha + 1 l/ha	3,8 (0,1)	80,4	3,6 (0,2)	80,4
Mais Banvel	0,5 l/ha	3,5 (0,7)	72,8	5,3 (0,5)	72,8

FM = Sprossfrischmasse; SD = standard deviation

Tab. 5 Wirkung der Herbizide gegen *Hyoscyamus albus* / Frischmasse in g und Frischmasse in % zur unbehandelten Kontrolle.

Tab. 5 *Herbicide efficacy against Hyoscyamus albus / fresh weight in g and fresh weight in % to untreated control.*

Herbizid	Aufwand- menge	KB	BBCH 12		BBCH 14- 16			
			FM g (SD)	FM %	FM g (SD)	FM %		
Kontrolle			3,5 (1)	100	4,5 (0,6)	100	3,7 (0,3)	100
Click	1,5 l/ha	0 (0)	0	0	0,1 (0,1)	2,1	5,5 (1,3)	150,5
Buctril	1,5 l/ha	0 (0)	0	0	0,1 (0)	2,7	1,8 (0,5)	47,8
Dual Gold	1,25 l/ha	0,8 (0,7)	22,1	4,6 (0,5)	101,5	4,5 (0,1)	121,3	
Callisto	1,5 l/ha	0 (0)	0,0	0,2 (0,5)	5,3	4,5 (0,3)	121,2	
U 46	1 l/ha	0,3(0,1)	0	3,9 (1,4)	86,8	5,7 (0,6)	154,8	
Basagran	2 l/ha	0 (0)	8	0,0 (0)	0,0	3,3 (0,4)	88,9	
Harmony	15 g/ha	0,2 (0)	5	2,6(0,4)	56,7	4,3 (0,5)	117,6	
Biathlon + Mero	70 g/ha + 1 l/ha	0,1 (0)	3	2,1 (1,4)	46,5	4,9 (0,4)	132,0	
Mais Banvel	0,5 l/ha		0,1 (0,1)	3	1,7 (0,3)	37,2	4,6 (0,5)	126,2

KB = Keimblatt; FM = Sprossfrischmasse; SD = standard deviation

Diskussion

Keimtest im Labor

Bevor man die Ergebnisse des Keimtests genauer betrachtet, gilt es festzustellen, dass die Arten *Datura ferox* und *Datura innoxia* in Deutschland nur sporadisch auftreten und als Ackerunkräuter keine Bedeutung besitzen. Da sie in den Versuchen deutlich schlechter keimten als *Datura stramonium* und auch noch wärmeliebender sind, ist auf absehbare Zeit auch nicht mit diesen Arten als ernstzunehmendes Ackerunkraut zu rechnen. In anderen Regionen der Welt spielen die Arten dagegen sehr wohl eine Rolle.

Der genetisch fixierte Zeitpunkt einer Unkrautkeimung wird je nach Art durch Umwelteinflüsse mehr oder weniger stark beeinflusst. In dem oben durchgeführten Keimtest wurde frisches Saatgut verwendet und die Keimung sollte unter einem Temperaturwechsel bei ebenfalls wechselnden Lichtverhältnissen stattfinden. Die bei uns häufige Stechapfelart *Datura stramonium* sprach gut auf diese Bedingungen an und zeigte schon bei 15 °C eine gute Keimfähigkeit, was für eine weiteres Verbreitungspotential dieser Art in Deutschland spricht. Die extrem schlechte Keimfähigkeit von *Datura ferox* könnte auf eine ausgeprägtere Samenruhe zurückzuführen sein im Vergleich zu den anderen beiden Arten. Vermutlich braucht der Embryo im Samenkorn wesentlich

längere Entwicklungszeiten oder spezielle Keimhemmstoffe müssen deaktiviert werden. Ähnliches könnte für die bei uns weitverbreitete Art *Hyoscyamus niger* gelten, die partout keine Keimlinge hervorbrachte. Eventuell benötigen die Samen dieser einheimischen Art eine Frostperiode, um die Keimruhe zu brechen. Gegensätzlich dazu keimte die bei uns selten auftretende und eher in südeuropäischen Klimaten verbreitete Art *Hyoscyamus albus* bei 25 °C nahezu vollständig. Die Wärmebedürftigkeit dieser Art zeigt sich aber durch eine reduzierte Keimung der Samen bei 15 °C. Die nur bei hohen Temperaturen gleichmäßige und gute Keimung der hier geprüften Arten zeigt, dass in Kulturpflanzenbeständen in Deutschland damit gerechnet werden muss, dass die übliche Herbizidapplikation vor der Keimung der hier untersuchten Arten durchgeführt wird und somit keine ausreichende Bekämpfung mehr gewährleistet werden kann. Dieses dürfte besonders für im April ausgesäte Kulturen wie den Mais zutreffen.

Biotest

Verunreinigungen mit Tropanalkaloiden traten in der Vergangenheit besonders in der Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) auf. Daher wurden die für den Biotest herangezogenen Herbizide auch hinsichtlich einer möglichen Selektivität gegenüber *Panicum miliaceum* ausgewählt. Hier sind nach eigenen Erfahrungen die Wirkstoffe Terbuthylazin, Bromoxynil, Thifensulfuron und Tritosulfuron geeignet. Die Bekämpfung von *Datura stramonium* und *Hyoscyamus albus* mit Herbiziden zeigte sich im Versuch sehr abhängig vom Stadium der Unkräuter. Mit zunehmenden Entwicklungsstadien wurde eine Bekämpfung immer schwieriger und war im 4-6-Blattstadium gar nicht mehr möglich. Ursprünglich war für den Biotest die Bilsenkräuter *Hyoscyamus niger* vorgesehen. Da die Art aber keine Keimlinge hervorbrachte wurde auf *Hyoscyamus albus* zurückgegriffen. Diese Art ist eher in Südeuropa beheimatet. Im Keimblattstadium war bei *Hyoscyamus albus* mit fast allen Herbiziden (ausgenommen Dual Gold) noch eine sichere Bekämpfung möglich. Im Großen und Ganzen kann man die beiden geprüften Arten hinsichtlich der Wirkung der geprüften Herbizide mit anderen Nachtschattengewächsen vergleichen, die im Ackerbau eine Rolle spielen, wie etwa dem Schwarzen Nachtschatten (*Solanum nigrum*). Laut Gebrauchsanleitungen der Herbizide Dual Gold, Biathlon, U46 M-fluid und Mais Banvel WG ist diese Art weniger gut zu bekämpfen. Als Fazit für die Bekämpfung mit Herbiziden bleibt stehen, dass die Arten in Kulturen wie *Panicum mileaceum*, in denen der Einsatz nur weniger Herbizide möglich ist, nicht gut zu bekämpfen sind und weiterhin zu Problemen führen können. Es muss weiterhin beachtet werden, dass sich unter Umständen *Hyoscyamus niger*, auch wenn es *Hyoscyamus albus* phänotypisch sehr ähnelt unter Umständen doch ganz anders verhält und gegen diese Art eine andere Wirkung erzielt wird.

Literatur

- BFR, 2013: Hohe Tropanalkaloidgehalte in Getreideprodukten. Stellungnahme Nr. 035/2014.
- LINDENMANN, A., 1961: Chemie der Tropan-Verbindungen. *Planta Medica* **9**(4), 317-339.
- MEHRTENS, J., M. SCHULTE und K. HURLE, 2005: Unkrautflora in Mais. *Gesunde Pflanzen* **57**, 206-2018.
- MÜLLER-EBELING, C., C. RÄTSCH und W.-D. STORL, 1999: Hexenmedizin. 2. Auflage, AT Verlag, Aarau, Schweiz.
- AGES (ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT), 2017: Tropanalkaloide. 14.09.2017 (www.ages.at/themen/rueckstaende-kontaminanten/tropanalkaloide/); Abruf vom 14.09.2017.
- SÖCHTING, H.-P., 2016: Probleme mit tropanalkaloidhaltigen Unkräutern im Ackerbau. *Julius-Kühn-Archiv* **454**, 83-184.