

Bekämpfungsstrategien gegen das Erdmandelgras: Resultate aus dem Agridea-Projekt EMG 2016–2019

Alexandra Schröder¹, Jonathan Heyer², Markus Hochstrasser³, David Brugger⁴ und Judith Wirth⁵

¹Fachstelle Pflanzenschutz des Kantons Bern, 3052 Zollikofen, Schweiz

²Grangeneuve, 1725 Posieux, Schweiz

³Fachstelle Pflanzenschutz, Strickhof, 8315 Lindau, Schweiz

⁴Schweizer Bauernverband, 3007 Bern, Schweiz

⁵Agroscope, Produktionssysteme Pflanzen, Herbologie Ackerbau, 1260 Nyon, Schweiz

Auskünfte: Judith Wirth, E-Mail: judith.wirth@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs12-196> Publikationsdatum: 7. Dezember 2021



Erdmandelgras in Getreidestoppeln. (Foto: Carole Parodi, Agroscope)

Zusammenfassung

Die Bekämpfung des invasiven Unkrauts Erdmandelgras (*Cyperus esculentus*) auf einer befallenen Parzelle stellt eine grosse Herausforderung dar. Gegen die sich durch Knöllchen im Boden vermehrende Pflanze gibt es weder wirksame Herbizide noch andere effektive Kontrollmethoden. Nur eine Kombination verschiedener Massnahmen und eine Anpassung der Fruchtfolge kann zu einer erfolgreichen Kontrolle führen. In einem vierjährigen Projekt wurden auf 14 Betrieben (21 Parzellen) in sechs Schweizer Kantonen *on farm* unterschiedliche Bekämpfungsstrategien verglichen und die Entwicklung der Knöllchenzahlen im Boden

verfolgt. Die eingesetzten Kontrollmassnahmen wurden von den Landwirten zusammen mit der kantonalen Beratung erarbeitet und von den Landwirten eigenverantwortlich umgesetzt. Das Monitoring des Erdmandelgrasbefalls wurde von Agroscope durchgeführt. Am Ende des Projektes, im Herbst 2019, war keine der Parzellen frei von EMG. Allerdings gelang es fünf Betrieben die Knöllchendichte im Boden sehr stark zu reduzieren (bis >90%). Am erfolgreichsten waren die Landwirte, die das EMG vor der späten Maissaat (nach dem 20. Mai) wiederholt mechanisch bekämpft und zusätzlich im Voraufbau Dual Gold (S-Metolachlor) eingesetzt hatten. Getreideanbau kann ebenfalls empfohlen werden, um den EMG-Befall zu verringern bzw. konstant zu halten. Zudem ist es notwendig, dass die Landwirte gut über die Biologie von EMG Bescheid wissen, die einzusetzenden Massnahmen gut kennen und systematisch vorgehen (immer in Absprache mit der Beratung). Gegen EMG ist man nicht machtlos, effektive Massnahmen können ergriffen werden. Man muss aber bereit sein, in eine mehrjährige Bekämpfung zu investieren und während dieser Zeit einen Mehraufwand und geringere Erträge zu tolerieren.

Key words: Yellow nutsedge, control strategies, late sowing of maize.

Einleitung

Erdmandelgras (*Cyperus esculentus* ssp. *aurea* Ten.) ist ein invasives Unkraut, das im schweizerischen Acker- und Gemüsebau erhebliche Probleme bereitet. Erdmandelgras (EMG) vermehrt sich hauptsächlich durch Wurzelknöllchen (Mandeln) und kann zu erheblichen Ertragsausfällen führen (Keller *et al.* 2015). EMG hat ein sehr hohes Vermehrungspotential: Reproduktionsfaktoren von 1:746 (Bohren and Wirth 2015) und 1:638 (De Cauwer *et al.* 2017) wurden beobachtet. Ein Knöllchen kann bei der Keimung mehrere Triebe gleichzeitig bilden (Bohren and Wirth 2015) und es ist auch möglich dass ein Knöllchen zu unterschiedlichen Zeitpunkten keimt (Stoller and Sweet 1987). Ausgehend von ersten Vorkommen im Tessin, in Herzogenbuchsee (BE) und in Otelfingen (ZH) in den 1990er Jahren (Bohren and Wirth 2013; Schmitt and Sahli 1992), hat sich das EMG inzwischen in einem Grossteil der Schweiz teils stark verbreitet (Abb. 1).

Es ist daher dringend notwendig, erfolgreiche Bekämpfungsmethoden für befallene Flächen zu entwickeln und umzusetzen. Ausserdem ist es sehr wichtig, der Verschleppung grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Damit saubere Fläche geschützt werden, müssen Lohnunternehmer über das Vorhandensein von EMG informiert und alle Maschinen nach dem Einsatz auf einer verseuchten Fläche gereinigt werden. Darüber hinaus ist es wichtig, dass EMG Vorkommen gemeldet und kartiert werden. Eine Meldepflicht gibt es bereits in folgenden Kantonen: Jura, Solothurn, Basel-Stadt, Luzern, Aargau, Zug, Zürich und Thurgau (Abb. 1).

Agroscope beschäftigt sich seit circa 10 Jahren mit der Evaluierung verschiedener Bekämpfungsmethoden (Bohren 2016; Bohren and Wirth 2015; Keller *et al.* 2014; Keller *et al.* 2018). Nach dem aktuellen Wissenstand, wird eine späte Maissaat mit vormaliger wiederholter Bodenbearbeitung empfohlen. Zusätzlich sollte vor der Saat Dual Gold (S-Metolachlor) eingearbeitet und im Nachauflauf mit geeigneten Herbiziden behandelt werden (Bohren 2016).

Aufgrund der Problematik haben sich verschiedene Akteure zusammengeschlossen mit dem Ziel in einem vierjährigen Projekt verschiedene Bekämpfungsstrategien *on farm* zu evaluieren. Das Projekt wurde finanziell vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) unterstützt und von Agridea geleitet. Das Projekt «Bekämpfungsstrategien gegen das EMG» bestand aus zwei Teilen, einem administrativen und einem technischen. Im administrativen Teil des Projekts wurden Workshops zum Thema EMG mit den beteiligten Akteuren durchgeführt, um auf die Problematik aufmerksam zu machen, die Bedürfnisse der Praxis zu ermitteln, Ideen und Informationen zu sammeln und präventive Massnahmen zu identifizieren, um die weitere Ausbreitung zu verhindern. Der technische Teil bestand darin, ganzflächig befallene Felder durch ein vierjähriges Monitoring zu begleiten, um beurteilen zu können, welche Bekämpfungsstrategien erfolgversprechend sind. Für dieses Monitoring war die Forschungsgruppe «Herbologie Ackerbau» von Agroscope in Changins zuständig. Der nachfolgende

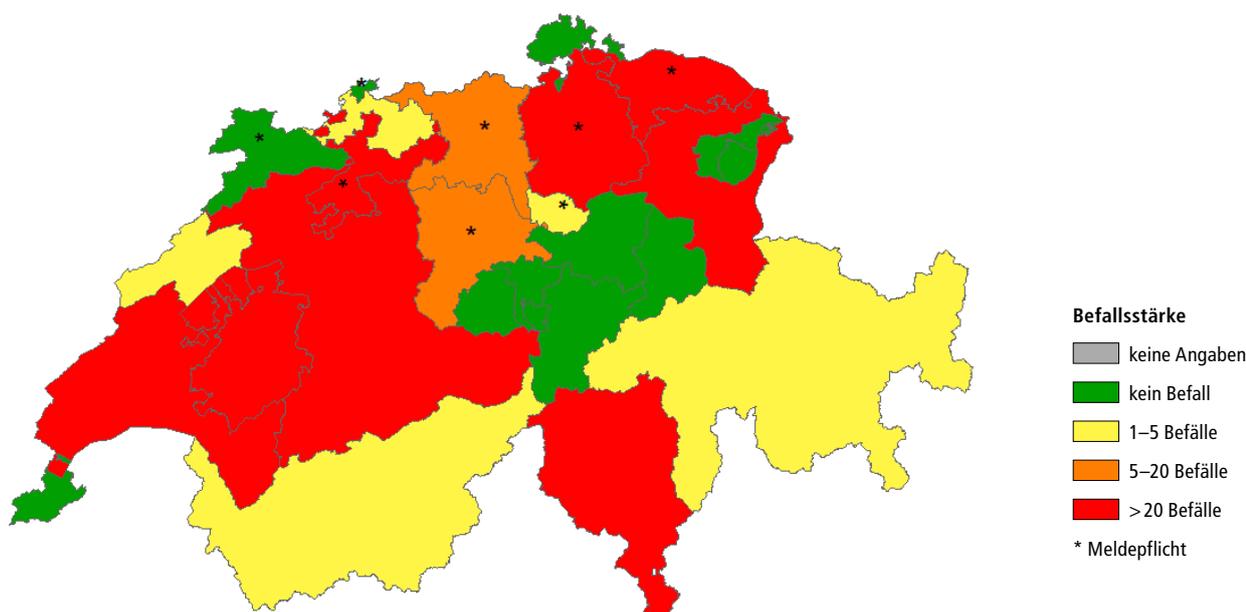


Abb. 1 | Aktuelle Verbreitung des EMG in der Schweiz. Quelle: Nationale Koordination Erdmandelgras, Alexandra Schröder (Stand 2021).

Artikel fasst die Ergebnisse des ausführlichen Schlussberichts des Projekts zusammen. https://www.souchet-comestible.ch/fileadmin/PDF/rapport_final_souchet/Rapport_final_projet_souchet_comestible.pdf

Material und Methoden

Teilnehmende Betriebe

14 Betriebe aus dem schweizerischen Mittelland aus den Kantonen Bern, Freiburg, St. Gallen, Tessin, Waadt und Zürich nahmen an dem Projekt teil. Teilweise wurden zwei Parzellen pro Betrieb untersucht, so dass insgesamt 21 befallene Flächen detailliert betrachtet wurden. Folgende Daten wurden für jede untersuchte Fläche über den gesamten Versuchszeitraum erfasst: angebaute Kultur (Saat- und Erntezeitpunkt), ausgebrachte Herbizide, Bodenbearbeitung (eingesetzte Maschinen und Datum der Bodenbearbeitung).

Probenahmen zur Bestimmung der Knöllchendichte

Pro Fläche (N=21) wurden mittels GPS (GEO 7x Trimble) vier Mikroparzellen (6 m × 6 m) zu Beginn des Versuchs vermessen. Die Mikroparzellen wurden so ausgewählt, dass sie sich im verseuchten Bereich der Flächen befanden (gemäss Auskunft Landwirt). Bei jeder Beprobung wurden pro Mikroparzelle sechs Erdproben (jeweils circa 1 Liter Erde) entnommen. Für jede Erdprobe wurden mit einem Bodenprobenehmer (10 cm Durchmesser) drei circa 15 cm tiefe Bodenproben entnommen. Die Erde dieser drei Proben wurde anschliessend vermischt. Ein Liter dieser Mischprobe wurde in Plastiksäcke eingefüllt und bis zum Auswaschen der Knöllchen bei 4 °C gelagert. Die Ausgangsverseuchung wurde im Frühjahr 2016 erhoben. Die weiteren Probenahmen fanden jeweils am Ende der Vegetationsperiode im Herbst 2016, 2017, 2018 und 2019 statt.

Auswaschen der Knöllchen

Die Erdproben wurden mit Wasser auf einem Sieb mit 1 mm Maschenweite ausgewaschen. Die Knöllchenanzahl pro Erdprobe wurde gezählt. Dabei wurde nicht zwischen keimfähigen und nicht keimfähigen Knöllchen unterschieden. Wenn man von einer durchschnittlichen Beprobungstiefe von 15 cm ausgeht, entspricht 1 m² Boden circa 150 Liter Erde, bzw. die ermittelte Knöllchenanzahl pro Liter Erde × 150 ergibt einen Schätzwert für die Knöllchenzahl pro m².

Statistische Auswertung

Die Knöllchenzahlen jeder Mikroparzelle wurden separat analysiert, da Unterschiede in den Knöllchenzahlen zwischen den Mikroparzellen einer Fläche meist grösser

waren als Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Zeitpunkten der Probenahme. Die Knöllchenverteilung in den Flächen war sehr inhomogen. Für jede Mikroparzelle wurde zunächst eine Anova und anschliessend ein Dunnett-Test durchgeführt, um zu testen, ob sich die Knöllchenzahlen im Vergleich zur Ausgangspopulation im Frühjahr 2016, signifikant verändert hatten. Probenahme, Auswaschen der Knöllchen und Analyse der Daten wurde von der Forschungsgruppe «Herbologie im Ackerbau» von Agroscope in Changins durchgeführt.

Betreuung der Betriebe

Die Landwirte der teilnehmenden Betriebe wurden jeweils von den kantonalen Fachstellen Pflanzenschutz beraten. Dabei wurden auf jeder Parzelle die Bekämpfungsmassnahmen den Möglichkeiten und der Fruchtfolge auf den Betrieben der teilnehmenden Landwirte angepasst. Die Durchführung der Arbeiten erfolgte durch die Landwirte.

Resultate

Im ausführlichen Bericht von Agridea (Rapport final relatif au projet OFAG, Stratégies de lutte contre le souchet comestible, AGRIDEA, 2020) ist die Entwicklung der Knöllchenzahlen für alle Mikroparzellen der 21 Flächen dokumentiert. In dieser Zusammenfassung werden die 14 teilnehmenden Betriebe in drei Gruppen unterteilt:

1. Betriebe, die bei der EMG-Bekämpfung erfolgreich waren (Abb. 2 A)
2. Betriebe bei denen der EMG-Befall unverändert blieb (Abb. 2 B) und
3. Betriebe, bei denen es zu einer starken Vermehrung des EMG kam (Abb. 2 C).

In Abbildung 2 sind jeweils die Fruchtfolgen (2016 bis 2019) und die Entwicklung der Knöllchenzahlen (EMG) beschrieben. Für jedes Jahr ist die angebaute Kultur mit Saatzeitpunkt angegeben. Die Zu- bzw. Abnahmen der Knöllchenzahlen sind folgendermassen gekennzeichnet: graue Felder = keine signifikante Veränderung der Knöllchenzahlen, grüne Felder = signifikante Abnahme der Knöllchenzahlen im Vergleich zur Ausgangsverseuchung im Frühjahr 2016 in mindestens einer der beprobten Mikroparzellen. rote Felder = signifikante Zunahme der Knöllchenzahlen im Vergleich zur Ausgangsverseuchung im Frühjahr 2016 in mindestens einer der beprobten Mikroparzellen. Die gelb unterlegten Felder bedeuten späte Mais Saat (nach dem 20. Mai), die braunen Felder frühe Mais Saat (vor dem 20. Mai).

	n°	2016	EMG	2017	EMG	2018	EMG	2019	EMG	
A	2	Salat/Fenchel/Nüssler	↓	Nüssler/Salat	↓	Kohlrabi	↓	Salat/Ruccola/Nüssler	↓	Rückgang von EMG-Befall
	4	Silomais (26.05.16)	↓	Weizen (01.11.16)	↓	Triticale (03.10.17)	↑	Silomais (14.06.19)	↓	
	7a	Silomais (27.05.16)	↓	Mais (18.05.17)	↓	Soja (26.05.18)	↓	Weizen (12.10.19) + Zwischenfutter (26.07.19)	↓↓	
	7b		↓		→		↓		↓↓	
	12a	Silomais (10.05.16)	×	Silomais (27.05.17)	↓	Silomais (09.05.18)	↓	Weizen (13.10.18)	↓	
	12b		×		↓		↓			
	13a	Silomais (30.04.16)	→	Weizen (01.11.16)	→	Gerste (28.09.17) + Zwischenfutter (07.08.18)	→	Zwischenfutter + Silomais (16.05.19)	→	
	13b	Silomais (01.06.16)	↓		↓		↓		↓↓	
	B	3	Silomais (09.05.16)	↑	Körnermais (24.04.17)	↑	Körnermais (27.04.18)	↑	Weizen (26.10.18)	
5		Körnermais (17.05.16)	↓	Sommerzwiebeln (09.03.17)	→	Gerste (23.10.17) / Weizen (16.11.17) + Phacelia (??)	↑	Weizen (15.11.18) + Phacelia (31.09.19)	↓	
8		Silomais (09.05.16)	↓	Körnermais (14.05.17)	→	Weizen (16.10.17) + Sareptasenf (?)	↑	Saatkartoffeln (12.04.19)	↑	
9		Silomais (06.05.16)	→	Gerste (27.09.16)	↑	Kunstwiese (12.07.17)	→	Kunstwiese	→	
10		Zucchini (20.04.16)	→	Silomais (06.05.17)	↓	Kartoffeln (08.03.18) + Zwiebeln (22.08.18)	↑	Knollensellerie (07.06.19)	↓	
14a		Weizen (05.11.15) + Grünschnittroggen (28.08.16)	↑	Silomais (13.05.17)	→	Weizen (18.10.17)	→	Gerste (03.10.18)	↓	
14b		×	→		→		→			
C	1a	Körnermais (11.05.16)	↑	Weizen (01.10.16)	→	Körnermais (28.04.18)	↑	Weizen (??)	↑↑	Zunahme von EMG-Befall
	1b		→		↓		↑		↑	
	6a	Mais (20.05.16)	→	Silomais (16.05.17)	↑	Mais (12.05.18)	↑	Schwarzbrache + Ölrettich (12.09.19)	↑	
	6b		→		→		→		→	
	11a	Soja (09.06.16) + Inkarnatklée (14.10.16)	↓	Mais Polenta (22.05.17)	↑	Weizen (02.11.17) + MST-330 (11.09.18)	↑	MST-330	↑↑	
	11b	Weizen (22.10.15) + Inkarnatklée (14.07.16)	→	Körnermais (10.05.17)	↓	Weizen (02.11.17) + MST-330 (11.09.18)	↑	MST-330	↑↑	

Abb. 2 | Zusammenfassung der Fruchtfolgen und Entwicklung der Knöllchenzahlen von 2016 bis 2019. Betriebe bei denen der EMG Befall zurückging (A), gleichblieb (B) und zunahm (C). n° = Nummer der Beprobungsfläche im Feld, 2016 bis 2019 = angebaute Kultur im jeweiligen Jahr (mit Saatzeitpunkt), alle **gelben Felder** bedeuten späte Maissaat nach dem 20. Mai, alle **braunen Felder** bedeuten frühe Maissaat vor dem 20. Mai, EMG: ↓ = Abnahme der Knöllchenzahlen, → gleichbleibende Knöllchenzahlen, ↑ = Zunahme der Knöllchenzahlen, **graue Felder** = keine signifikante Veränderung der Knöllchenzahlen, **grüne Felder** = signifikante Abnahme der Knöllchenzahlen im Vergleich zur Ausgangsverseuchung im Frühjahr 2016, **rote Felder** = signifikante Zunahme der Knöllchenzahlen im Vergleich zur Ausgangsverseuchung im Frühjahr 2016. × = auf dieser Teilfläche begann die Knöllchenprobenahme erst im Herbst 2016.

Betriebe, die bei der EMG Bekämpfung erfolgreich waren

Fünf Betriebe schafften es die Knöllchenzahlen im Versuchszeitraum signifikant zu reduzieren (Abb. 2A). Auf den Ackerbaubetrieben wurde der Mais in der Regel spät angebaut, was in allen Fällen zu einem signifikanten Rückgang der Knöllchenzahlen führte. Der vor dem 20. Mai gesäte Mais führte nur teilweise zu einem signifikanten Rückgang der Knöllchenzahlen. Der Weizenanbau führte ebenfalls durchgehend zu einem signifikanten Rückgang des EMG. Auf dem Gemüsebaubetrieb n°2 wurde das EMG ebenfalls sehr erfolgreich durch kurze Kulturen und viele Bodenbearbeitungsdurchgänge bekämpft.

Um zu veranschaulichen wie eine erfolgreiche Bekämpfung des EMG durchgeführt werden kann wird das Vorgehen auf Betrieb n°7 genauer erläutert. Die Parzelle war zweigeteilt (7a und 7b, Abb. 3).

Jeweils einen Tag vor der Mais- und Sojasaat wurde der Boden geeegt. In einer Hälfte des Feldes (7b) wurde vor der Mais Saat am 26.05.2016 und am 17.05.2017 Dual Gold (S-Metolachlor) eingearbeitet, in der anderen Hälfte (7a) Frontier X2 (Dimethenamid) (Tab.1). Im Nachauflauf im Mais wurde zusätzlich mit Equip Power (Foramsulfuron, Thiencarbazon, Iodosulfuron), Basagran (Bentazon) und Dasul (Nicosulfuron) behandelt. Vor der Sojasaat wurde am 25.05.2018 ebenfalls Dual Gold auf beiden Flächen eingearbeitet. Im Nachauflauf wur-



Abb. 3 | Aufnahme der Parzelle 7. 7a = mit Frontier X2 behandelte Hälfte, 7b = mit Dual Gold behandelte Hälfte, blau schraffierte Fläche = verseuchter Teil des Feldes in dem die Probenahmen erfolgten. (Foto: Martina Aeschbacher, Fachstelle Pflanzenschutz und Ackerbau, SG)

de Bolero (Imazamox) angewandt. Nach der Weizenernte 2019 wurde eine Stoppelbehandlung mit Glyphosat durchgeführt.

In allen acht Mikroparzellen war die EMG-Population im Herbst 2019 im Vergleich zur Ausgangsversuchung im Frühjahr 2016 signifikant zwischen 82 und 95 % reduziert (Tab. 2). Dabei ist zu beachten, dass eine durchschnittliche Knöllchenmenge von einem Knöllchen/Liter Erde geschätzt 150 Knöllchen pro m² entsprechen. Ein Rückgang der Ausgangsverseuchung 2016 von vier Knöll-

chen/Liter Erde in der Mikroparzelle 1 auf 0,2 Knöllchen/Liter Erde im Herbst 2019 entspricht geschätzt einem Rückgang von 600 Knöllchen/m² auf 30 Knöllchen/m². Achtung, es sind also immer noch Knöllchen im Boden vorhanden!

Betriebe bei denen der EMG Befall unverändert blieb

Auf sechs Betrieben blieb der EMG-Befall über den Untersuchungszeitraum trotz angewandter Massnahmen konstant, d.h. die Bekämpfung war nicht erfolgreich (Abb. 2B). Der EMG-Befall konnte lediglich stabil gehalten werden. Der Mais wurde durchgehend vor dem 20. Mai gesät was, bis auf eine Ausnahme (n° 3), nicht zu einer Veränderung der Knöllchenzahlen führte. Eine frühe Maissaat ist bei der EMG Bekämpfung nicht zu empfehlen. Der Anbau von Getreide, Sommerzwiebeln und Zucchetti, sowie eine zweijährige Kunstwiese führten ebenfalls zu keiner Veränderung des EMG-Befalls.



Abb. 4 | Dicht aufgelaufenes EMG auf einer Getreidestoppel (Parzelle n° 1 a). Nach der Weizenernte wurde keine Bodenbearbeitung gemacht und keine Zwischenfrucht gesät. (Foto: Alexandra Schröder, Fachstelle Pflanzenschutz BE, 26.09.2019)

Tab. 1 | Zusammenfassung Feldkalender Betrieb n°7. Die Herbizide die fett gedruckt sind, haben eine Wirkung gegenüber EMG. VS = Vorsaar, NA = Nachauflauf.

n°7a+b	Kultur (Saat/Ernte)	Herbizide	Bodenbearbeitung
2016	Silomais (27.05.16/11.10.16)	Dual Gold (2 l/ha, VS) oder Frontier X2 (1.4 l/ha, VS), Equip Power (1 l/ha), Basagran (1 kg/ha) + Dasul	Grubber 22.04.16, Pflug 11.05.16, Egge 26.05.16, Grubber 13.10. + 30.10.16
2017	Silomais (18.05.17/20.10.17)	Dual Gold (2 l/ha, VS) oder Frontier X2 (1.4 l/ha, VS), Equip Power (1 l/ha) + Frontier X2 (1 l/ha), Basagran (1 kg/ha) + Dasul	Pflug 08.04.17, Egge 17.05.17, Mulcher 20.10.17
2018	Soja (26.05.18/10.09.18)	Dual Gold (1 l/ha) VS, Bolero NA	Pflug 26.03.18, Grubber 10.04.18, Egge 25.05.18
2019	Weizen (12.10.18/19.07.19) + Zwischenfutter (26.07.19)	Refine Extra/Tomigan NA, Glyphosat 480 (8 l/ha, Stoppelbehandlung)	Grubber 09.10.18 + vor Saat Zwischenfutter, Egge 12.10.18

Tab. 2 | Durchschnittliche Knöllchenzahlen/Liter Erde (n=6) in den beprobten Zonen der Flächen 7a und 7b.

7a (Frontier)	Frühjahr 2016	Herbst 2016	Herbst 2017	Herbst 2018	Herbst 2019	Herbst 2019 im Vergleich zum Frühjahr 2016
	Knöllchen/L Erde					Rückgang (%)
MP 1	4,0	2,8	1,5	0,2**	0,2**	95
MP 2	5,5	3,5	2,3	0,7*	0,3**	95
MP 3	4,5	3,2	2,3	0,8*	0,7*	84
MP 4	18,5	15,2	8,8*	4,3**	2,7***	85

7b (Dual Gold)	Frühjahr 2016	Herbst 2016	Herbst 2017	Herbst 2018	Herbst 2019	Herbst 2019 im Vergleich zum Frühjahr 2016
	Knöllchen/L Erde					Rückgang (%)
MP 1	4,7	1,2*	1,8	1,7*	0,8**	83
MP 2	3,3	2,7	2,0	1,2	0,3*	91
MP 3	3,0	1,5	1,7	1,5	0,3**	90
MP 4	5,5	3,0	2,7	1,2**	1**	82

Frühjahr 2016 = Ausgangsverseuchung der jeweiligen Zone. Herbst 2016 bis Herbst 2019 = Knöllchenzahl im Herbst jeden Jahres. MP = Mikroparzelle. Mit * markierte Zahlen zeigen eine signifikante Abnahme zur Ausgangsverseuchung im Frühjahr 2016. *** = $p < 0,001$, ** = $p < 0,01$, * = $p < 0,5$.

Betriebe, bei denen es zu einer starken Vermehrung des EMG kam

Auf drei Betrieben kam es zu einer starken Vermehrung der Knöllchenzahlen (Abb. 2C). Die angewandten Massnahmen waren nicht erfolgreich. Mit zwei Ausnahmen wurde der Mais früh gesät. Bei früher Maissaat kann eine vorherige wiederholte mechanische Zerstörung der EMG-Pflanzen nicht durchgeführt werden. Die frühe Maissaat führte auf Parzelle n° 6a zu einer signifikanten Zunahme der Knöllchenzahlen in den Jahren 2017 und 2018. Ausserdem wurde auf dieser Parzelle im Jahr 2019 die Bodenbearbeitung auf der Brache-Fläche zwischen Ende Mai und Anfang August vergessen, was zu einem weiteren Anstieg des EMG-Befalls führte. Die starke EMG-Zunahme auf Parzelle n° 1a im Jahr 2019 ist auf die mangelnde Bodenbearbeitung nach der Weizenernte und das Fehlen einer Gründüngung zurückzuführen (Abb. 4). Auf den Parzellen n° 11a und 11b führte der Futteranbau 2018, aufgrund lückiger Bestände, zu einer sehr starken Vermehrung der Knöllchenzahlen im Jahr 2019.

Diskussion

Am Ende der Versuchsperiode, konnte das EMG auf keiner der 21 Parzellen vollständig ausgerottet werden. Die Landwirte müssen daher weiterhin wachsam sein und die Bekämpfung fortsetzen. Die erfolgreiche Bekämpfung ist in jedem Fall langwierig und erstreckt sich über mehrere Jahre. Eine schweizweit einheitliche Regelung zur Meldung und Kartierung wäre ein wichtiger Beitrag für die Sensibilisierung der Bewirtschafter, die erfolgreiche Früherkennung, die Verhinderung der Verschlep-

fung und letztendlich eine zielgerichtete systematische Bekämpfung von EMG in Zusammenarbeit mit den kantonalen Beratungsdiensten.

Basierend auf unseren Versuchen wissen wir nicht, mit welchen Massnahmen und nach wie vielen Jahren ein Feld EMG-frei sein kann. Felder mit einem grösserem Befall, wie sie in diesen Versuchen betrachtet wurden, können wahrscheinlich nicht mehr zu 100 % saniert werden. Das Ziel muss folglich ein Befall auf sehr niedrigem Niveau sein, was mit einem beachtlichen Mehraufwand verbunden ist. Wenn der EMG-Befall früh entdeckt wird und ein niedriges Niveau erreicht (max. 1 EMG pro Quadratmeter), dann ist der Anbau von allen Kulturen wieder möglich, sofern der Landwirt jährlich einige Stunden für die Kontrolle und das Jäten aufwendet. Das Ausreissen des EMG von Hand ist am effektivsten im 3- bis 5-Blatt-Stadium (Li *et al.* 2021). Bei kleinen Befallsherden ist der Aushub auch eine effektive Methode. Die Erfahrungen aus diesem Projekt zeigen, wie wichtig die Verhinderung der Verschleppung und die Früherkennung eines EMG-Befalls ist. Bei EMG-Befall (ab 1 Pflanze) muss der Befall an Lohnunternehmer etc. kommuniziert werden. Nachfolgend werden Faktoren diskutiert, die die EMG Bekämpfung beeinflussen.

Kulturen

Maisanbau

Mais eignet sich gut als Kultur in einer Fruchtfolge um das EMG zu bekämpfen, wenn der Maisanbau «richtig» erfolgt. Hierbei ist es enorm wichtig, dass vor der Maissaat das Feld wiederholt geggt oder gefräst wird, jeweils wenn das EMG im 2- bis 5-Blatt-Stadium ist. Kurz

vor der Maissaat wird Dual Gold eingearbeitet. Der Mais wird spät gesät (bis Mitte Juni). Der auflaufende Mais ist mit NA-Herbiziden mit Teilwirkung auf EMG zu behandeln (Bohren 2016; Hochstrasser *et al.* 2021).

Auf den erfolgreichen Betrieben (Abb. 2A) wurde der Mais in der Regel spät, nach dem 20. Mai, angebaut. Die Maissaat erfolgte nach wiederholter ganzflächiger Bodenbearbeitung, in der Regel durch Eggen. Ausserdem wurde vor der Maissaat Dual Gold (S-Metolachlor) bzw. Frontier X2 (Dimethenamid) eingearbeitet. Im Nachauflauf wurde zusätzlich mit Herbiziden behandelt. Diese Kombination führte in allen Fällen zu einer signifikanten Abnahme der Knöllchenzahlen. Bezüglich Frontier X2 kann keine verlässliche Aussage zur Wirkung gemacht werden, da das Herbizid nur auf einem Betrieb eingesetzt wurde. Eine gute Wirkung von Dimethenamid konnte allerdings in Topfversuchen, durch eine Kombination der Einarbeitung von Dimethenamid (Vorsaat) mit anschliessender Anwendung von Mesotrione (Callisto) im 5- bis 6-Blatt-Stadium des Mais und Pyridate (Lentagran) im 8- bis 9- Blatt-Stadium des Mais aufgezeigt werden (De Ryck *et al.* 2021). Früh gesäeter Mais (Abb. 2, braun unterlegte Felder) ist bei EMG-Befall nicht geeignet, weil das EMG noch nicht gekeimt hat. Die Bodenbearbeitung verteilt lediglich die Mandeln. Es kommt daher i.d.R. nicht zu einer Abnahme der Knöllchenzahlen. Eine frühe Maissaat ist bei EMG-Befall daher nicht zu empfehlen. In Belgien wird zur EMG-Bekämpfung in Mais folgende zweimalige Herbizid-Behandlung empfohlen: Tankmischung von Mesotrione (100–150 g a.i./ha) plus Pyridate (450 g a.i./ha) im Nachauflauf (3- bis 4- und 5- bis 6-Blatt-Stadium) (De Ryck *et al.* 2021).



Abb. 5 | EMG in Lücken einer Weizenkultur. (Foto: Alexandra Schröder, Fachstelle Pflanzenschutz BE, 21.06.2017)

Weizenanbau

Für den Weizenanbau kann keine abschliessende Aussage gemacht werden. In einigen Fällen führte der Weizenanbau zu einem starken Rückgang der Knöllchenzahlen (Abb. 2A). In anderen Fällen blieben die Knöllchenzahlen konstant. Es ist darauf zu achten, dass es in lückigen Beständen bereits zu Beginn der Abreife zum erneuten Austreiben von Mandeln (z.B. in den Fahrgassen) kommt und sich das EMG so stark vermehren kann (Abb. 5). Ausserdem sollte nach der Ernte unbedingt eine Stoppelbearbeitung durchgeführt und zeitnah ein dichter und sich rasch entwickelnder Zwischenfruchtbestand angesät werden. In Weizen gibt es ein Herbizid mit einer Wirkung auf das EMG (Monitor/Sulfosulfuron). Meistens wird dieses Mittel aber zu früh appliziert, wenn das EMG noch nicht ausgekeimt ist.

Kunstwiese

Kunstwiesen können EMG unterdrücken oder sogar reduzieren, solange eine intensive Nutzung d.h. hohe Anzahl Schnitte und entsprechende Düngung (mit Stickstoff zur Förderung der Gräser, 4–5 Schnitte) möglich ist. Das wurde im Kanton Zürich in den Jahren 2012 bis 2018 beobachtet, als auf mit EMG befallenen Flächen Kunstwiesen angelegt wurden. Ziel war es, in dieser Zeit keine unbelasteten Felder mit EMG, das an Maschinen haftet, zu verseuchen. Ein gänzliches Verschwinden des EMG durch die Ansaat von Kunstwiesen konnte nicht beobachtet werden. Kunstwiese ist aber geeignet, eine weitere Verschleppung der Mandeln zu verhindern. Wenig intensiv genutzte Wiesen, lückige Bestände sowie BFF-Flächen sind nicht geeignet, weil sie zu wenig intensiv bewirtschaftet werden und sich daher das EMG darin vermehrt. Bei Trockenheit und Lücken in Beständen kann es zu einer massiven Vermehrung von EMG kommen, da es in solchen Situationen konkurrenzfähiger ist als Gräser in Wiesenmischungen. Auf den Flächen n° 11a und 11b (Abb. 2C) hat sich die Kunstwiese im Herbst 2018 schlecht etabliert. In dem lückigen Bestand kam es in der Folge zu einer starken Vermehrung des EMG. Bei der Ansaat kann es wegen mangelnder Konkurrenz ebenfalls zu einer Vermehrung von EMG kommen (in Absprache mit Hans Ramseier, HAFL und Markus Hochstrasser).

Weitere Faktoren

Bodenbearbeitung

Wie bereits oben beim Maisanbau beschrieben, ist eine wiederholte Bodenbearbeitung im frühen Wachstumsstadium des EMG (2- bis 5-Blatt) sehr effektiv (Bangarwa

et al. 2012; Hershenhorn et al. 2015; Johnson et al. 2007). Dadurch werden die jungen EMG-Pflanzen zerschnitten und beschädigt oder an die Oberfläche geholt, wo sie anschliessend vertrocknen. Somit wird die Neubildung von Knöllchen verhindert. Durch jede Bodenbearbeitung werden weitere Knöllchen zur Keimung angeregt die in einem zweiten (bzw. dritten) Durchgang zerstört werden. Eine wiederholte Bodenbearbeitung ist auch bei der Stoppelbearbeitung nach Getreide zu empfehlen. Auf dem Gemüsebaubetrieb n°2 (Abb. 2A) konnte EMG durch viele Bodenbearbeitungsdurchgänge erfolgreich bekämpft werden.

Seit Frühjahr 2018 läuft ein mehrjähriger EMG-Bekämpfungsversuch auf vier Betrieben bei dem untersucht wird, wie stark eine wiederholte Bodenbearbeitung auf Schwarzbrache Flächen den EMG-Befall reduziert. Ergebnisse zur Veränderung der Knöllchenzahlen werden auf der Unkrauttagung 2022 in Braunschweig vorgestellt. Ein grosser Nachteil der wiederholten Bodenbearbeitung ist die veränderte Bodenstruktur, was zu verstärkter Erosion führen kann.

Glyphosat Stoppelbehandlung

Glyphosat hat nur auf junge EMG-Pflanzen eine gute Wirkung (bis 3-Blattstadium). Anwendung nur sinnvoll bei kleinen Befallsnestern, ansonsten ist Bodenbearbeitung vorzuziehen, mit der grossen Gefahr der Verschleppung.

Vernässte Bereiche

An verschiedenen Orten wurde beobachtet, dass die Bekämpfung von EMG in vernässten Bereichen besonders schwierig ist und eine zusätzliche Herausforderung darstellt. Zudem entwickelt sich EMG in vernässten Stellen besser als die Kulturpflanze. Idealerweise müssten diese Bereiche z.B. durch eine Drainage in Stand gesetzt werden, was aber praktisch oft nicht umsetzbar ist. Für die Bekämpfung von EMG in vernässten Bereichen gibt es aktuell keine Lösungsvorschläge ausser evtl. kurze Gemüsekulturen wie Salat oder Kunstwiese.

Boden

Der Boden ist ein wichtiger Einflussfaktor. Er beeinflusst die Umsetzbarkeit der Bekämpfungsmöglichkeiten wesentlich. Somit sind je nach Bodentyp die Möglichkeiten für Landwirte eingeschränkt. In leichten Böden z.B. sind mechanische Bearbeitungen effektiver, als in schweren Böden. Zudem ist die Wirkung von Bodenherbiziden (Dual Gold) in sehr humosen Böden deutlich vermindert.

Landwirte und Beratung

Arbeitsweise des Landwirts

Die kantonalen Pflanzenschutzfachstellen bestätigen, dass seitens der Landwirte folgende Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um bei der EMG Bekämpfung nachhaltig erfolgreich zu sein: hohe Eigeninitiative, Verständnis für Mehraufwand und tiefere Wirtschaftlichkeit, langfristiges Denken, die Bereitschaft weniger Ertrag zu tolerieren, etc. Die Arbeitsweise wurde im Rahmen dieser Versuchsreihe nicht speziell erfasst, jedoch kann man vermerken, dass bei erfolgreichen Betrieben tendenziell die Parzellendaten (Feldkalender) rascher und genauer übermittelt wurden.

Begleitung und Beratung der Landwirte

Die EMG-Bekämpfung ist sehr komplex, zeit- und kostenaufwendig. Um erfolgreich zu sein, müssen verschiedene Massnahmen kombiniert und exakt und professionell ausgeführt werden. Die Landwirte müssen über die Biologie von EMG und die einzusetzenden Massnahmen gut Bescheid wissen. Dabei ist eine regelmässige enge Begleitung und Beratung der Landwirte durch eine externe Beratung oder durch den kantonalen Pflanzenschutzdienst unabdingbar. In stark verseuchten Gebieten wäre es ausserdem empfehlenswert, Interessengruppen betroffener Landwirte zu bilden, die sich gegenseitig austauschen und gemeinsam beraten werden können. ■

Dank

Wir danken den 14 Landwirten, den beteiligten kantonalen Beratern, Jean François Vonnez von Agridea für die Projektleitung und Christian Bohren von Agroscope für ihre grossartige Arbeit im Projekt.

Literatur

- Bangarwa SK, Norsworthy JK, Gbur EE (2012) Effects of Shoot Clipping-Soil Disturbance Frequency and Tuber Size on Aboveground and Belowground Growth of Purple and Yellow Nutsedge (*Cyperus rotundus* and *Cyperus esculentus*). *Weed Technology* 26: 813–817. doi: Doi 10.1614/Wt-D-12.00041.1.
- Bohren C (2016) Erdmandelgras. *Cyperus esculentus* L. Agroscope Merkblatt, Nr 47.
- Bohren C, Wirth J (2013) Erdmandelgras (*Cyperus esculentus* L.): die aktuelle Situation in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz* 4: 460–467.
- Bohren C, Wirth J (2015) Die Verbreitung von Erdmandelgras (*Cyperus esculentus* L.) betrifft alle. *Agrarforschung Schweiz* 6: 384–391.
- De Cauwer B, De Ryck S, Claerhout S, Biesemans N, Reheul D (2017) Differences in growth and herbicide sensitivity among *Cyperus esculentus* clones found in Belgian maize fields. *Weed Res* 57: 234–246. doi: 10.1111/wre.12252.
- De Ryck S, Reheul D, De Cauwer B (2021) Impacts of herbicide sequences and vertical tuber distribution on the chemical control of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.). *Weed Res*. doi: 10.1111/wre.12502.
- Hershenhorn J, Zion B, Smirnov E, Weissblum A, Shamir N, Dor E, Achdari G, Ziadna H, Shilo A (2015) *Cyperus rotundus* control using a mechanical digger and solar radiation. *Weed Res* 55: 42–50. doi: 10.1111/wre.12115.
- Hochstrasser M, Sandrini F, Hufschmid T (2021) 2021 Pflanzenschutzmittel im Feldbau. In: F Pflanzenschutz (ed). Strickhof.
- Johnson WC, Davis RF, Mullinix BG (2007) An integrated system of summer solarization and fallow tillage for *Cyperus esculentus* and nematode management in the southeastern coastal plain. *Crop Protection* 26: 1660–1666. doi: DOI 10.1016/j.cropro.2007.02.005.
- Keller M, Krauss J, Neuweiler R, Total R (2014) Use of the crop maize to reduce yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.) pressure in highly infested fields in Switzerland. 26 Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv 2014 No. 443, Braunschweig, Germany.
- Keller M, Total R, Collet L (2015) Erdmandelgrasbefall – massive Ertragseinbussen in Kartoffeln und Zuckerrüben. 2 Nationale Ackerbautagung 2015. Plattform Ackerbau Grandes cultures, Muntelier-Löwenberg, Murten.
- Keller M, Total R, Krauss J, Neuweiler R (2018) Validation of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control strategies in maize in an on-farm, large-scale field trial. 28 Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv 2018 No. 458, Braunschweig, Germany.
- Li L, Sousek M, Reicher Z, Gaussoin R (2021) Strategies for increased yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control in turfgrass with halosulfuron, sulfentrazone and physical removal. *Weed Technology*. doi: 10.1017/wet.2021.43.
- Schmitt R, Sahli A (1992) Eine in der Schweiz als Unkraut neu auftretende Unterart des *Cyperus esculentus* L. . *Landwirtschaft Schweiz* 5: 273–278.
- Stoller EW, Sweet RD (1987) Biology and Life Cycle of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed Technology* 1: 66–73.