

Workshop

Reduktion des Herbizideinsatzes – Auswirkungen auf die Entstehung von Resistenzen

Workshopleitung: Prof. Dr. Jan Petersen (TH Bingen) und Dr. Dagmar Rissel (Julius Kühn-Institut)

In einer kurzen einleitenden Präsentation in den Workshop zur Auswirkung einer Reduktion des Herbizideinsatzes auf die Entstehung von Resistenzen, wurde die Faktoren zusammengefasst, die die Resistenzentwicklung einer Unkrautart beeinflussen (Befruchtungsform, Menge, Lebensfähigkeit und Verbreitung gebildeter Samen, genetischen Plastizität und Ploidiegrad, Fruchtfolge, Einsatz ackerbaulicher Maßnahmen zur Unkrautkontrolle, Häufigkeit und Möglichkeiten des Herbizideinsatzes und Aufwandmenge des Herbizids). In dem Rahmen präsentierte Versuchsdaten zeigen, dass der wiederholte reduzierte Einsatz eines ACCase-Inhibitors über drei Jahre den Resistenzindex eines bereits resistenten Acker-Fuchsschwanz-Biotyps nur wenig steigert, den eines bisher nicht resistenten Acker-Fuchsschwanz-Biotyps aber vervierfacht. Die Anwendung reduzierter Aufwandmengen kann die Herbizidresistenzentwicklung also verstärken. Dies bestätigen auch weitere Studien (Neve & Powles, 2005a; b; Busi & Powles, 2009; Manalil et al., 2011; Belz, 2020). Die Resistenzentwicklung streitet zudem auch bei dikotylen Unkrautarten voran und die neuere Literatur zeigt viele Beispiele für Nicht-Zielort-Resistenzen. Dies gilt sowohl für Wirkstoffe und Wirkmechanismen, bei denen bisher ohnehin nur Nicht-Zielortresistenzen bekannt sind als auch für Wirkstoffe und Wirkmechanismen, für die Zielort- und Nicht-Zielortresistenzen bekannt sind (Rey-Caballero et al., 2017; Wang et al., 2022; Loubet et al., 2023; Nalin et al., 2023; Jones et al., 2023; Palma-Bautista et al., 2023a; Palma-Bautista et al., 2023b; Todd et al., 2024).

Im Anschluss an den Einleitungsvortrag diskutierte die Gruppe folgenden drei Szenarien, die aus einer Reduktion des Herbizideinsatzes resultieren können:

Szenario 1: Die Aufwandmenge wird auf der Gesamtfläche reduziert.

Diese Reduktion führt dazu, dass alle Unkrautindividuen auf der Fläche nur noch mit einer reduzierten Aufwandmenge behandelt werden. Dies war in der Vergangenheit häufig und ist zum Teil auch immer noch der Fall. Diese Reduktion der Herbizidaufwandmenge ist aber nicht immer auf eine bewusste Entscheidung des Landwirts zurückzuführen, sondern hat auch vermehrt zulassungsrechtliche Gründe. So wurden zugelassene Aufwandmengen bekannter Wirkstoff in den letzten Jahren abgesenkt.

Unkrautindividuen einer Population variieren natürlicherweise in ihrer Sensitivität gegenüber Herbiziden. Um als wirksam eingestuft zu werden, muss die zugelassene Aufwandmenge eines Herbizids höher sein als die natürliche Variation der Unkrautsensitivität. Eine Reduktion der Aufwandmenge kann nun dazu führen, dass die tatsächlich angewendete Aufwandmenge nicht mehr alle Individuen einer Population erfasst und kontrolliert. Diese Situation wird noch weiter dadurch verstärkt, dass die Wirksamkeit einer Herbizidbehandlung auch von der Größe und des Entwicklungsstadiums des Unkrautes abhängt. Es werden weniger sensitive Individuen selektiert. Damit ist die Reduktion der Herbizidaufwandmenge auf der Gesamtfläche keine geeignete Maßnahme, um den Herbizideinsatz zu reduzieren, da sie der Resistenzentwicklung Vorschub leistet.

Szenario 2: Es werden Behandlungen weggelassen.

Wenn keine Herbizidbehandlungen durchgeführt werden, wird auch kein Selektionsdruck ausgeübt. Das Risiko der Resistenzentwicklung sinkt. Andererseits steigt aber auch die Anzahl der Unkrautpflanzen auf der entsprechenden Fläche. Dies kann dazu führen, dass mehr Individuen einer (problematischen) Art auftreten. Damit steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass resistente Individuen

in der Population auftreten, da diese Individuen nicht durch Herbizide hervorgerufen werden, sondern natürlich vorkommen. Das Vorkommen von resistenten Individuen in einer Population ist umso höher, umso größer diese Population ist.

Das Weglassen einer Herbizidbehandlung kann aber eventuell auch zur Diversifizierung des Unkrautspektrums führen. Dies geschieht dadurch, dass Arten, die sonst durch die Herbizidbehandlung sicher bekämpft würden, sich jetzt entwickeln können. Um dies zu erreichen sind aber wahrscheinlich weitere unterstützende Maßnahmen wie eine Erweiterung der Fruchtfolge notwendig.

Szenario 3: Es werden teilflächenspezifische Applikationen, Bandapplikation oder punktuelle Applikationen durchgeführt.

Bei einer Teilapplikation werden einige Individuen wie bei Szenario 2 nicht mit Herbiziden behandelt. Andere werden allerdings mit der vollen Aufwandmenge behandelt. Allerdings entsteht bei einer teilflächenspezifischen Behandlung immer auch ein interner Rand, an dem wie in Szenario 1 nur eine verringerte Aufwandmenge ankommt. Damit wird bei diesem Verfahren sowohl mit der vollen als auch mit einer reduzierten Herbizidaufwandmenge selektiert. Daher ist es wichtig teilflächenspezifische Applikationen nicht nur auf die resistenzgefährdeten blattaktiven Herbizidwirkstoffe zu beschränken, sondern auch bodenaktive Voraufherbizide mit einzubeziehen. Dies könnte über die Nutzung von Unkrautverteilungskarten aus dem Vorjahr erfolgen. Eine weitere Möglichkeit wäre die Vorlage eines bodenaktiven Voraufherbizids im Herbst und eine teilflächenspezifische blattaktive Nachlage, sofern eine Nachbehandlung notwendig ist. Allerdings ist die Wirkung der weniger resistenzgefährdeten Wirkstoffgruppen oft von optimalen Umweltbedingungen abhängig. Zudem sind sie aus ökotoxikologischer Sicht problematischer und in vielen Fällen als „Candidate for Substitution“ eingestuft, was perspektivisch deren Verwendbarkeit einschränken dürfte.

Um das Risiko einer Resistenzentwicklung bei teilflächenspezifischen Herbizidbehandlungen zu verringern, wäre es auch wichtig die Erkenntnisse aus molekularbiologischen Untersuchungen in die Applikationskarte mit einzubeziehen. Da sich auch bei diesen Untersuchungen die Verfahren weiterentwickeln und kostengünstiger werden, ist eine solche Untersuchung auf der gesamten Fläche etwa im Rahmen der Bodenuntersuchung vermutlich bald realistisch.

Schlussfolgerungen

Abschließend kam die Gruppe zu dem Ergebnis, dass eine Selektion stattfindet, sobald Herbizide appliziert werden. Daher wird auch die Herbizidresistenzentwicklung weitergehen. Um dem entgegenzuwirken, ist es wichtig ein möglichst diverses Unkrautmanagement zu betreiben und dabei die gesamte Fruchtfolge und den gesamten Betrieb im Blick zu haben. Eine Reduktion des Herbizideinsatzes erscheint in diesem Zusammenhang, bei gleichzeitig notwendigem wirtschaftlich tragfähigem Pflanzenbau, unter den gegebenen Rahmenbedingungen schwierig.

Referenzen:

Belz, R.G., 2020: Low herbicide doses can change the responses of weeds to subsequent treatments in the next generation: metamitron exposed PSII-target-site resistant as a case study. *Pest Management Science* **76** (9), 3056-3065, DOI: 10.1002/ps.5856.

Busi, R., S.B. Powles, 2009: Evolution of glyphosate resistance in a population by glyphosate selection at sublethal doses. *Heredity* **103** (4), 318-325, DOI: 10.1038/hdy.2009.64.

Jones, E.A.L., R.J. Andres, J.C. Dunne, R.G. Leon, W.J. Everman, 2023: Confirmation and detection of novel acetolactate synthase- and protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicide-resistant redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) populations in North Carolina. *Weed Science* **71** (2), 84-94, DOI: PII S004317452300004810.1017/wsc.2023.4.

Loubet, I., L. Meyer, S. Michel, F. Pernin, S. Carrère, B. Barrès, V. Le Corre, C. Délye, 2023: A high diversity of non-target site resistance mechanisms to acetolactate-synthase (ALS) inhibiting herbicides has evolved within and among field populations of common ragweed (*L.*). *Bmc Plant Biology* **23** (1), DOI: ARTN 51010.1186/s12870-023-04524-0.

Manalil, S., R. Busi, M. Renton, S.B. Powles, 2011: Rapid Evolution of Herbicide Resistance by Low Herbicide Dosages. *Weed Science* **59** (2), 210-217, DOI: 10.1614/Ws-D-10-00111.1.

Nalin, D., G.V. Munhoz-Garcia, A.P.W. Witter, V. Takeshita, C. de Oliveira, F.S. Adegas, V.L. Tornisielo, R.S. de Oliveira, J. Constantin, 2023: Absorption, Translocation, and Metabolism of Glyphosate and Imazethapyr in Smooth Pigweed with Multiple Resistance. *Agronomy-Basel* **13** (7), DOI: ARTN 172010.3390/agronomy13071720.

Neve, P., S. Powles, 2005a: High survival frequencies at low herbicide use rates in populations of result in rapid evolution of herbicide resistance. *Heredity* **95** (6), 485-492, DOI: 10.1038/sj.hdy.6800751.

Neve, P., S. Powles, 2005b: Recurrent selection with reduced herbicide rates results in the rapid evolution of herbicide resistance in. *Theoretical and Applied Genetics* **110** (6), 1154-1166, DOI: 10.1007/s00122-005-1947-2.

Palma-Bautista, C., P. Belluccini, J.G. Vázquez-García, R. Alcantara-de La Cruz, F. Barro, J. Portugal, R. De Prado, 2023a: Target-site and non-target-site resistance mechanisms confer multiple resistance to glyphosate and 2,4-D in. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **191**, DOI: ARTN 10537110.1016/j.pestbp.2023.105371. **Palma-Bautista, C., J.G. Vázquez-García, G. Lopez-Valencia, J.A. Domínguez-Valenzuela, F. Barro, R. De Prado, 2023b:** Reduced Glyphosate Movement and Mutation of the EPSPS Gene (Pro106Ser) Endow Resistance in *Conyza canadensis* Harvested in Mexico. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **71** (11), 4477-4487, DOI: 10.1021/acs.jafc.2c078334477.

Rey-Caballero, J., J. Menéndez, M.D. Osuna, M. Salas, J. Torra, 2017: Target-site and non-target-site resistance mechanisms to ALS inhibiting herbicides in. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **138**, 57-65, DOI: 10.1016/j.pestbp.2017.03.001.

Todd, O.E., E.L. Patterson, E.P. Westra, S.J. Nissen, A.L.S. Araujo, W.B. Kramer, F.E. Dayan, T.A. Gaines, 2024: Enhanced metabolic detoxification is associated with fluroxypyr resistance in. *Plant Direct* **8** (1), DOI: ARTN e56010.1002/pld3.560.

Wang, N., S. Bai, F. Bei, N. Zhao, S.S. Jia, T. Jin, J.X. Wang, H.Z. Wang, W.T. Liu, 2022: Resistance to ALS inhibitors conferred by non-target-site resistance mechanisms in *Myosoton aquaticum* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **184**, DOI: ARTN 10506710.1016/j.pestbp.2022.105067.