

Wasser-Kreuzkraut keimt schnell und zahlreich

Matthias Suter^{1,2}, Bruno Arnold^{1,2}, Jonas Küng¹, Rebecca Nagel¹, Annamarie Zollinger² und Andreas Lüscher¹

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

²Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus AGFF, 8046 Zürich

Auskünfte: Matthias Suter, E-Mail: matthias.suter@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 75 90



Abb. 1 | Mähwiese mit grosser *Senecio aquaticus*-Population. Unter solchen Bedingungen muss mit einer grossen Samenbank von *S. aquaticus* im Boden gerechnet werden. (Foto: ART)

Einleitung

In der Schweiz und dem nahen Ausland wird das Wasser-Kreuzkraut (*Senecio aquaticus* Hill; auch Wasser-Greiskraut genannt) in den letzten Jahren vermehrt im landwirtschaftlich genutzten Grasland festgestellt (Bosshard et al. 2003). Obwohl in manchen Europäischen Regionen eine seltene und geschützte Art, kann *S. aquaticus* im Landwirtschaftsland lokal in grosser Häufigkeit auftreten, Dichten von mehr als zehn Pflanzen pro Quadratmeter aufweisen (Abb. 1) und zu einer Bedrohung für die Nutztiere werden, da sie giftige Pyrrolizidin-Alkaloide enthält (Röder et al. 1990).

Nach Sebald et al. (1999) wächst *S. aquaticus* oft in drainierten, feuchten Flächen, die leicht gedüngt und pro Jahr ein- oder zweimal genutzt werden. Die Art kann aber auch in Wiesen mittlerer und hoher Nutzungsintensität stark vertreten sein (Suter und Lüscher 2011). *S. aquaticus* wird als zweijährige Art beschrieben (Hess et al. 1977), und jede Pflanze produziert jährlich mehrere hundert Samen mit einem Pappus, welcher die Windverbreitung ermöglicht (Abb. 2). Wo die Art während mehrerer Jahre vorkommt, führt die Samenproduktion zu einer grossen Bodensamenbank mit bis zu 1000 Samen pro Quadratmeter (Suter und Lüscher 2012). Lücken im Bestand scheinen die Ausbreitung und das Etablieren

von neuen Populationen zu fördern (Suter und Lüscher 2008), was darauf hindeutet, dass die Verfügbarkeit von Licht für die Samenkeimung wichtig sein könnte.

S. aquaticus kann mit Herbiziden reguliert werden (Forbes 1977); wenn jedoch eine grosse Bodensamenbank vorhanden ist, wird die Art durch Keimung aus der Samenbank den Behandlungserfolg wieder zunichtemachen (Suter und Lüscher 2011). Die schlechte Langzeitwirkung von Herbizideinsätzen macht klar, dass eine effiziente und nachhaltige Regulierung die ökologischen Eigenschaften von *S. aquaticus* berücksichtigen muss. Dazu gehören auch die Keimeigenschaften, die für *S. aquaticus* jedoch weitgehend unbekannt sind.

In dieser Arbeit wird das Keimverhalten und die Lebensdauer der Samen von *S. aquaticus* untersucht. Eine schnelle und hohe Keimung der Art könnte teilweise erklären, warum sie sich so erfolgreich im landwirtschaftlichen Grasland ausbreitet, denn eine schnelle Keimung erhöht den Konkurrenzenerfolg einer Art gegenüber andern (Howard und Goldberg 2001). Hat sich *S. aquaticus* in Wiesen und Weiden einmal etabliert und eine Bodensamenbank aufgebaut, würde eine lange Lebensdauer der Samen bedeuten, dass *S. aquaticus* aus der Samenbank immer wieder keimen könnte und deshalb über mehrere Jahre angegangen werden muss, bis die Samenbank erschöpft ist.

Material und Methoden

Keimungsversuche mit Wasser-Kreuzkraut

Um die Keimeigenschaften der Samen von *S. aquaticus* aufzuzeigen, wurden gezielt Keimungsversuche durchgeführt. Dazu wurden drei Standorte im Zentrum der geografischen Verbreitung der Art in der Schweiz ausgewählt: Kriens I (810 m ü. M.), Kriens II (800 m ü. M.) und Rothenthurm (910 m ü. M.). An den drei Standorten >



Abb. 2 | *Senecio aquaticus* bildet pro Jahr mehrere hundert Samen mit einem Pappus, der die Windverbreitung ermöglicht. (Foto: ART)

Zusammenfassung

Senecio aquaticus (Wasser-Kreuzkraut), giftig für Nutztiere, wird seit einigen Jahren vermehrt im landwirtschaftlichen Grasland festgestellt. Um die Regulierung der Art zu verbessern, wurde in einer Serie standardisierter Versuche das Keimverhalten und die Lebensdauer von *Senecio* Samen untersucht. Die Keimprozentage frischer, reifer Samen von *S. aquaticus* lagen im Jahre 2008 im Mittel bei 68 %, im Jahre 2010 jedoch nur bei 45 %, was auf jährliche Schwankungen der Keimfähigkeit hinweist. Zehn Tage nach Beginn der Versuche waren meist mehr als 45 % aller Samen gekeimt; nach acht Wochen hingegen konnte nur selten eine weitere Keimung beobachtet werden. Samen, die für ein oder zwei Jahre in der Erde vergraben wurden, zeigten mit 78 % eine signifikant höhere Keimung als frische, reife Samen, was einen stimulierenden Stratifizierungseffekt durch die feucht-kalten Winterbedingungen und eine lange Lebensdauer der Samen im Boden impliziert.

Aus der schnellen und hohen Keimung von *S. aquaticus* lässt sich ableiten, dass eine wirksame Regulierungsstrategie für das landwirtschaftliche Grasland zuerst die Samenproduktion und -verbreitung verhindern sollte. Wenn *S. aquaticus* in grossen Populationen vorhanden ist, wird die Art eine grosse und dauerhafte Bodensamenbank aufgebaut haben. In diesem Fall wird eine erfolgreiche Regulierung mehrere Jahre dauern bis die Bodensamenbank erschöpft ist.



Abb. 3 | Untersuchung der Keimeigenschaften von *Senecio aquaticus*. Die Samen wurden mit einer Schicht Substrat zur Keimung gebracht, das durch ein Vlies mit einem Wasserpool verbunden war. Dadurch konnten während der ganzen Versuchsdauer gleichmässig feuchte Bedingungen gewährleistet werden. (Foto: ART)

wurde wiederum eine von Landwirten bewirtschaftete Dauerviese ausgewählt, auf der *S. aquaticus* seit mindestens fünf Jahren und in einer Population von mehr als 5000 Individuen pro Hektar vorkam. Die Nutzungs- und Düngeintensitäten und die Bodeneigenschaften der drei Wiesen deckten eine grosse Bandbreite an Bewirtschaftungsbedingungen ab (3–5 Nutzungen pro Jahr, gedüngter verfügbarer Stickstoff 30 bis 130 kg pro Hektar und Jahr, weitere Informationen siehe Suter und Lüscher 2011).

Für die Beurteilung der Keimeigenschaften von frischen, reifen Samen wurden auf den drei Dauerviesen im August 2008 und Juli 2010 ganze Pflanzen von *S. aquaticus* im Abschluss ihrer Anthese gesammelt, inklusive Stängel, Blätter und Blüten. Das Pflanzenmaterial wurde bei Raumtemperatur während mindestens drei Wochen getrocknet, bevor die Samen von Hüllblättern und Pappus gereinigt wurden. Die mittlere Samenmasse von 6000 Samen betrug im Jahre 2008 0,326 mg, im Jahre 2010 jedoch nur 0,225 mg (Stichprobe von je 2000 Samen aus den drei Populationen). Die Keimversuche wurden in einem beschatteten Gewächshaus durchgeführt, das zwischen 06:00 und 22:00 zusätzlich beleuchtet wurde. Die Tag/Nacht Temperaturen waren auf 24/18 °C eingestellt; die mittlere Luftfeuchtigkeit lag bei 65 %.

Das frische, reife Samenmaterial wurde in Replikationen von 200 Samen aufgeteilt, welche mit 0,16 Liter Substrat vermischt wurden (37 % Torf, 32 % Kompost, 18 % Blähton, 3 % Ton, 10 % Sand). Zur Keimung wurde dieses Substrat-Samen Gemisch in Quadraten von 18 cm x 18 cm auf ein Vlies aufgetragen, wodurch eine Schichtdi-

cke von 5 mm erreicht wurde. Substratschicht und Vlies waren mit einem Wasserpool einer verzinkten Stahlwanne verbunden, die regelmässig aufgefüllt wurde (Abb. 3); dadurch konnten während der ganzen Versuchsdauer gleichmässig feuchte Bedingungen gewährleistet werden. Wenn nicht anders erwähnt, wurde die Substratschicht während der Testphase zweimal gründlich aufgekratzt, um alle Samen ans Licht zu bringen. Alle Versuche dauerten sieben bis acht Wochen, danach wurde keine oder nur noch vereinzelt Keimung festgestellt.

Serie I: Keimung von frischen, reifen Samen und Lichteffekt

FrISCHE, reife Samen der drei Populationen wurden im Oktober 2008 zur Keimung gebracht, und die Keimprozente wurden am Tag 10 und 56 festgehalten. Dieser Versuch wurde mit Samen aus dem Jahre 2010 wiederholt; diesmal wurde jedoch die Keimung jeden zweiten oder dritten Tag aufgenommen, um die Dynamik über die Zeit aufzuzeigen. Im Jahre 2010 wurde zusätzlich zur Standardbehandlung, bei der Samen mit Substrat vermischt und dieses zweimal aufgekratzt wurde, eine zweite Behandlung angesetzt, bei der die Samen *auf* die Substratschicht gelegt wurden. Schliesslich wurde ein dritter Versuch angesetzt, bei dem die Samen permanent mit 5 mm Substrat bedeckt waren, ohne dieses während des Keimverlaufs je aufzukratzen.

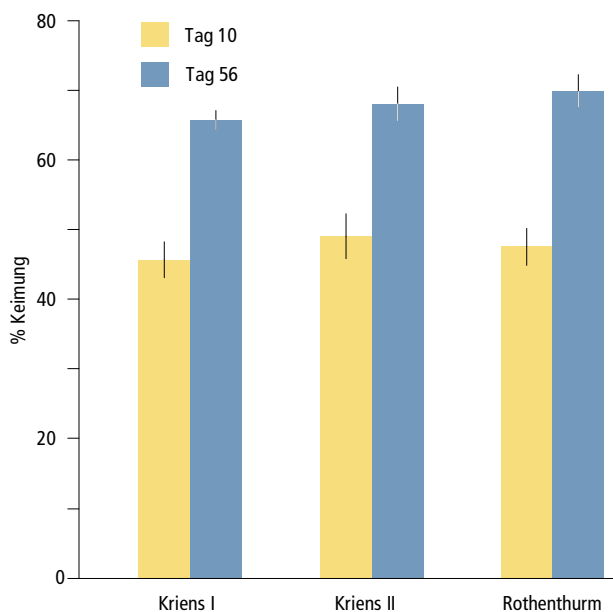
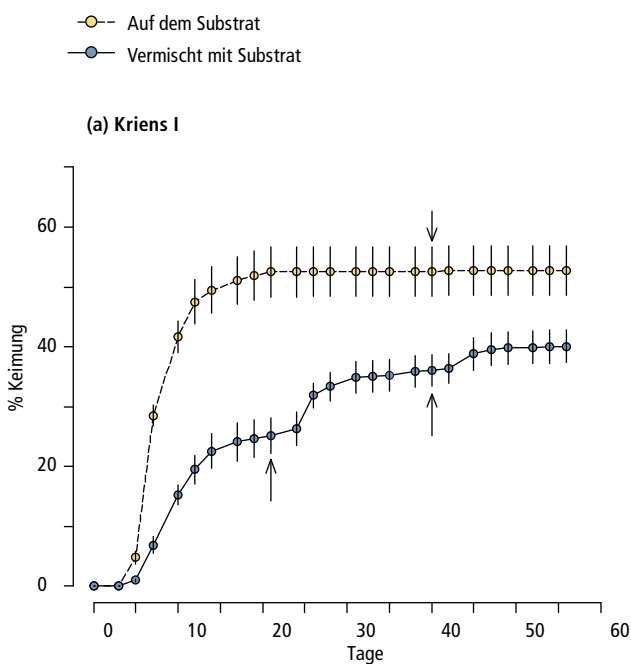


Abb. 4 | Keimprozente frischer, reifer Samen von *Senecio aquaticus* aus dem Jahre 2008. Gezeigt sind Mittelwerte \pm 1 Standardfehler ($n = 10$) am Tag 10 und 56 einer achtwöchigen Keimungsperiode. Die Samen waren mit einer 5 mm dicken Substratschicht vermischt, welche zweimal aufgekratzt wurde um alle Samen ans Licht zu bringen.

Serie II: Keimung und Lebensdauer von im Boden vergrabenen Samen

Im Jahre 2008 gesammelte Samen wurden mit Substrat vermischt und in Polyesterbeutel abgefüllt (Volumen 0,18 Liter, Maschenweite 190 µm, Lanz-Anliker AG, Schweiz). Im November 2008 wurden an den drei Standorten auf den Dauerwiesen zwanzig dieser Beutel in gleichmässiger Verteilung und einer Tiefe von 18 cm vergraben und präzise markiert. Alle weiteren Samen wurden in einem Kühlraum bei 6 °C gelagert. Im Oktober 2009 wurden zehn Beutel pro Standort ausgegraben und mit zehn Replikationen der im Kühler gelagerten Samen zur Keimung gebracht. Dieses Prozedere wurde im Oktober 2010 mit den restlichen vergrabenen Beuteln und weiteren zehn Replikationen der im Kühler gelagerten Samen wiederholt. Damit konnte der Effekt einer feucht-kalten Stratifizierung auf die Keimung und die Lebensdauer der Samen unter natürlichen Bodenbedingungen untersucht werden, da die Böden aller drei Standorte während des Winters feucht und schneebedeckt waren.

Alle Keimdaten wurden mit generalisierten linearen Modellen ausgewertet, welche das Testen der Behandlungen gegeneinander erlaubten.



Resultate

Serie I: Schnelle und hohe Keimung frischer Samen und deutlicher Lichteffect

Die Keimraten der im Jahre 2008 gesammelten Samen von *S. aquaticus* waren hoch: Die ersten Keimlinge konnten nach fünf Tagen beobachtet werden und nach zehn Tagen waren mindestens 45 % der Samen aller drei Standorte gekeimt (Abb. 4). Die abschliessenden Keimwerte lagen im Durchschnitt bei 68 % (Standardfehler ± 1 %; die Samen dieses Versuches waren mit Substrat vermischt). Zwischen den Standorten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, weder am Tag 10 ($P = 0,694$), noch am Schluss des Versuches ($P = 0,392$). Für Samen, die 2010 gesammelt und mit Substrat vermischt wurden, waren die abschliessenden Keimwerte 45 % (± 2 %; Abb. 5), was auf jährliche Varia-

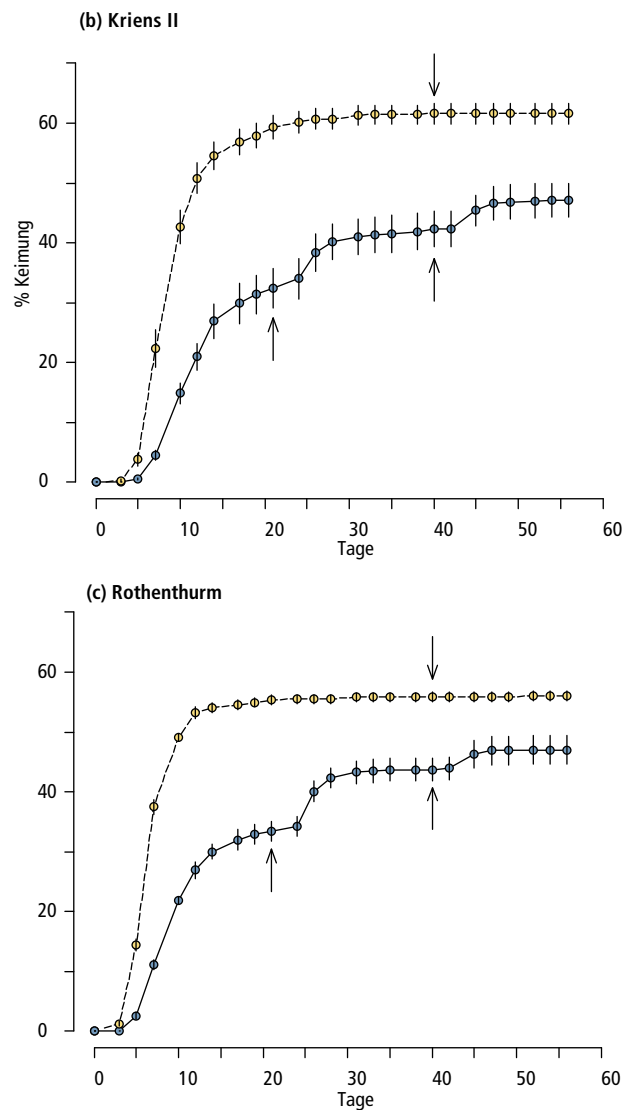


Abb. 5 | Keimprozente frischer Samen von *Senecio aquaticus* aus dem Jahre 2010; gezeigt sind Mittelwerte ± 1 Standardfehler ($n = 5$). Die Samen lagen entweder auf dem Substrat oder waren mit einer 5 mm dicken Substratschicht vermischt. An den bezeichneten Tagen (\uparrow , \downarrow) wurde das Substrat aufgekrazt um alle Samen ans Licht zu bringen.

tion in der Keimung schliessen lässt (Abb. 4 und 5). Diese geringeren Keimwerte waren in Übereinstimmung mit den tieferen Samenmassen im Jahre 2010 im Vergleich zu 2008 (siehe Material und Methoden).

Wenn die Samen von 2010 auf dem Substrat ausgebreitet wurden und im vollen Licht keimten, lagen die mittleren Werte bei 58 % (± 2 %; Abb. 5); die Differenz zu mit Substrat vermischten Samen war hoch signifikant ($P < 0,001$). Zudem keimten die Samen auf dem Substrat schneller: Am Tag 10 des Versuches waren im vollen Licht 44 % (± 1 %) der Samen gekeimt, bei mit Substrat vermischten Samen jedoch nur 17 % (± 1 %; $P < 0,001$ für die Differenz). Dieses Resultat deutet darauf hin, dass *S. aquaticus* in der Abwesenheit von Licht eine deutlich geringere Keimung aufweisen sollte. Diese Hypothese wurde mit der Behandlung getestet, bei der Samen permanent mit einer Substratschicht von 5 mm bedeckt wurden. In diesem Versuch keimten die vollständig bedeckten Samen im Mittel mit 16 % (± 2 %), wohingegen Samen im vollen Licht mit 63 % keimten (± 5 %; $P < 0,001$ für die Differenz; keine Abb. gezeigt).

Serie II: Erfolgreiches Überleben von im Boden vergrabenen Samen

Samen von *S. aquaticus*, die 2008 gesammelt und für ein Jahr im Boden vergraben wurden, keimten im Mittel mit 78 % (± 1 %; Abb. 6a–c). Dieser Wert war signifikant höher als für im Kühler gelagerte Samen (73 % ± 1 %; $P = 0,008$ für die Differenz) und für frische, reife Samen ($P = 0,001$; Abb. 4 und 6). Ein ähnliches Resultat konnte für Samen gezeigt werden, die für zwei Jahre im Boden vergraben (79 % ± 2 %), bzw. im Kühler gelagert wurden (74 % ± 1 %; Abb. 6d–f). Samen, die für zwei Jahre im Boden vergraben wurden, keimten auch sehr schnell: Am Tag 10 des Versuches lagen die durchschnittlichen Keimwerte bereits 58 % (± 2 %).

Diskussion

Keimung frischer Samen

S. aquaticus keimte schnell und der Keimerfolg war gross: Nach zehn Tagen keimten mehr als 45 % der Samen, nach acht Wochen lag der Wert bei fast 70 %. Eine schnelle Keimung erhöht die Chancen einer Art, sich in der asymmetrischen Konkurrenz um Licht gegenüber anderen durchzusetzen. Anfängliche Grössenunterschiede zwischen Keimlingen können mit asymmetrischer Konkurrenz über die Zeit verstärkt werden. *S. aquaticus*, die oft in Lücken bestehender Vegetation aufwächst (Suter und Lüscher 2008), könnte von anfänglichen Grössenunterschieden profitieren, indem sie

Raum und Ressourcen auf Kosten von Keimlingen anderer Arten beansprucht. Solche Konkurrenzvorteile in frühen Wachstumsstadien können sich direkt auf die Abundanz einer Art in der Vegetation auswirken (Howard und Goldberg 2001).

Die Keimprozentage von *S. aquaticus* waren generell grösser als die Werte anderer Graslandarten, besonders wenn sie mit Arten feuchter Wiesen verglichen werden (Grime *et al.* 1981; Opitz v. Boberfeld *et al.* 2001). Zudem zeigten in unseren Versuchen frische, reife Samen von *S. aquaticus* erhöhte Keimung, wenn sie in vollem Licht keimten, wohingegen eine Substratschicht von wenigen Millimetern die meisten Samen an der Keimung hinderte. Hohe und schnelle Keimung in vollem Licht ist ein Merkmal von Arten, die Lücken und Störungen bevorzugen. Dies könnte den Erfolg von *S. aquaticus* erklären, sich in Lücken des Graslandes auszubreiten. Kombiniert mit einer grossen Zahl an Pappus tragenden Samen fördern die gezeigten Keimeigenschaften die Ausbreitung und das Überdauern von *S. aquaticus* in regelmässig genutztem Grasland.

Lebensdauer im Boden

Die Überlebenskurven von Samen im Boden folgen oft einer negativ exponentiellen Funktion (Baskin und Baskin 1998, S. 149), was bedeutet, dass Samen eine konstante Sterberate zeigen. Basierend auf diesem Zusammenhang wurde für Samen des bekannten Jakobs-Kreuzkrauts (*Senecio jacobaea* L.) eine jährliche Sterberate von 30 % errechnet; daraus konnte geschlossen werden, dass Samen dieser Art mehr als zehn Jahre lebensfähig wären (Thompson und Makepeace 1983). In unserer Untersuchung wurde nach zwei Jahren jedoch keine Abnahme, sondern eine Zunahme der Keimwerte festgestellt. Dies lässt erstens auf einen positiven Effekt der feucht-kalten Stratifizierung auf die Keimung von *S. aquaticus* schliessen, da die für den Versuch benutzten Böden während des Winters Temperaturen um den Gefrierpunkt aufwiesen. Ähnliche Bedingungen wurden in Experimenten verwendet, die den positiven Effekt einer feucht-kalten Stratifizierung auf die Keimung von Feuchtgebietsarten zeigten (Budelsky und Galatowitsch 1999). Zweitens – und wohl wichtiger – ist die anhaltend hohe Keimung ein starker Hinweis auf eine lange Lebensdauer der Samen im Boden; *S. aquaticus* zeigte nach zwei Jahren immer noch mittlere Keimwerte um 80 %. Es kann angenommen werden, dass auch bei diesen Samen nach drei oder vier Jahren der Absterbeprozess einsetzt. Wenn der Keimwert nach zwei Jahren (80 %) als Ausgangspunkt genommen und eine negativ exponentielle Abnahme der Keimung vorausgesetzt wird, kann mit einer (wahrscheinlich zu hohen) Sterbe-

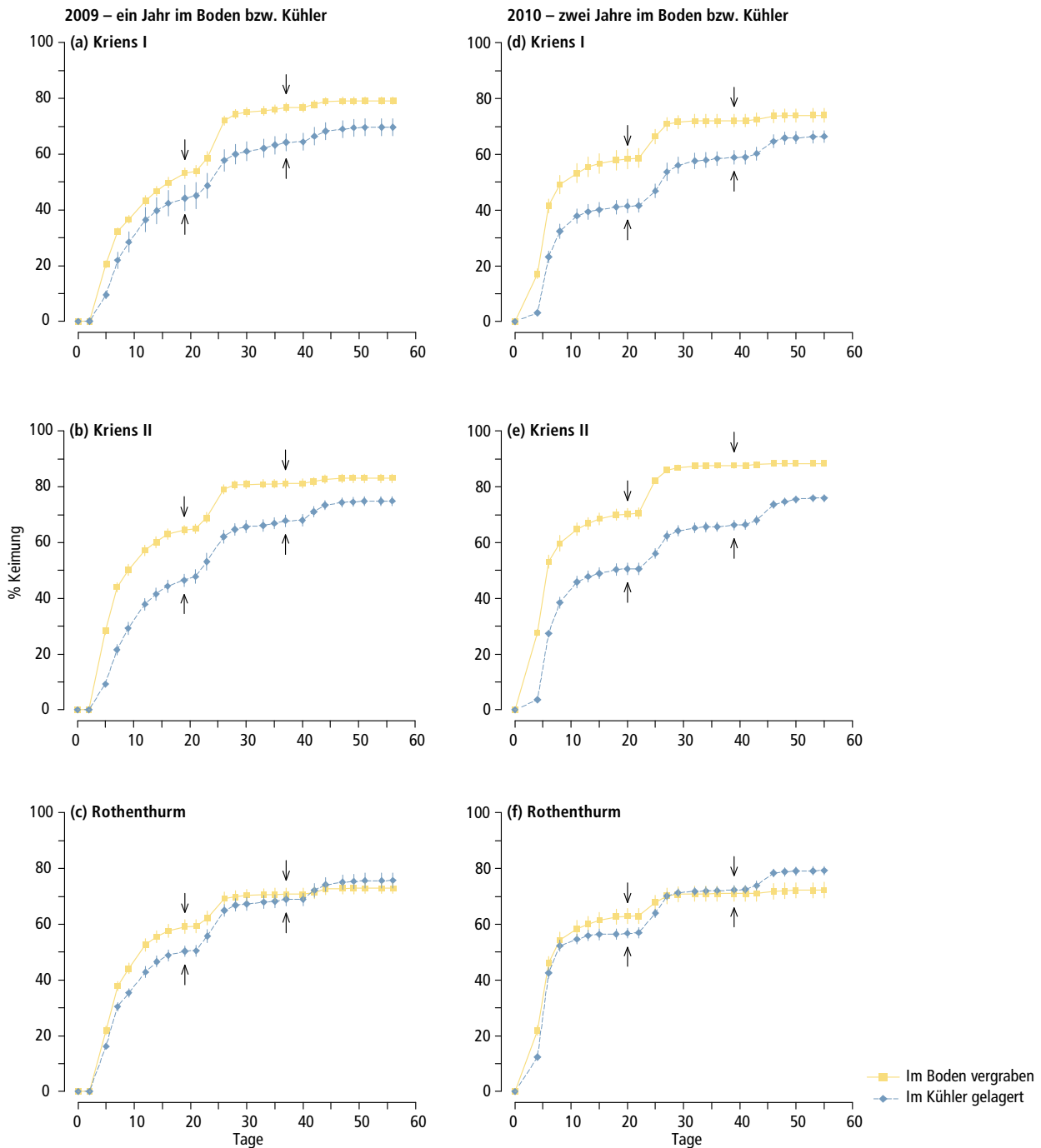


Abb. 6 | Keimprozente von *Senecio aquaticus* Samen, die für 1 und 2 Jahre im Kühler gelagert bzw. in natürlichem Boden vergraben wurden; gezeigt sind Mittelwerte \pm 1 Standardfehler ($n = 10$). Die Samen wurden für den Versuch mit einer 5 mm dicken Substratschicht vermischt; an den bezeichneten Tagen (\uparrow , \downarrow) wurde das Substrat aufgekratzt um alle Samen ans Licht zu bringen.

rate von jährlich 20% bei *S. aquaticus* eine ähnliche Lebensdauer angenommen werden wie bei *S. jacobaea*, also etwa zehn Jahre.

Suter und Lüscher (2012) fanden im Oberboden (0–10 cm) von Dauerwiesen mit grossen *S. aquaticus* Populationen mehr als 1000 keimfähige Samen der Art pro Quadratmeter. Dieser Befund deckt sich mit der hohen Keimfähigkeit der für zwei Jahre vergrabenen

Samen (Abb. 6) und der deutlichen Reduktion der Keimung beim Fehlen von Licht (Abb. 5). Suter und Lüscher (2012) argumentierten, dass *S. aquaticus* in etablierten Populationen grosse, permanente Samenbanken im Boden bilden muss. Die hohen und schnellen Keimwerte von frischen, reifen Samen und die Langlebigkeit der Samen in einer Bodensamenbank scheinen nicht vereinbare Eigenschaften zu sein. Dieser Widerspruch kann

jedoch mit der Reaktion der Keimung von *S. aquaticus* auf Licht erklärt werden. Die Art wächst meistens in etabliertem Grasland feuchter Flächen; unter diesen Bedingungen wird nur ein Teil der jährlich gebildeten Samen zur Keimung kommen, da infolge der bestehenden Vegetation nur wenig Licht direkt auf den Boden fällt. Die Mehrheit der Samen wird von Pflanzenstreu bedeckt und von Mäusen oder Regenwürmern in den Boden verfrachtet werden (Baskin und Baskin 1998, S. 137). Beim Fehlen von Licht werden diese Samen dormant und tragen zur Bildung einer Bodensamenbank bei; ein Mechanismus, der für mehrere Arten der gemässigten Feuchtgebiete gezeigt wurde (Jensen 2004). Trotz der hohen Keimfähigkeit von frischen Samen kann so eine grosse Bodensamenbank aufgebaut werden, vor allem bei alten und grossen Populationen, wie sie bei *S. aquaticus* auch beobachtet werden.

Schlussfolgerungen

Senecio aquaticus ist eine zweijährige Art; somit muss jedes Jahr etwa die Hälfte der Pflanzen aus Samen regenerieren, um die Populationsgrösse zu erhalten. Unsere Resultate zeigen, dass die Keimeigenschaften von *S. aquaticus* diesen Lebenszyklus unterstützen: Die Keimung frischer, reifer Samen war hoch, und im Boden vergrabene Samen wurden dormant und keimten auch

nach zwei Jahren sehr erfolgreich, wenn sie zurück ans Licht gebracht wurden. Mit dieser Lichtabhängigkeit kann die Pflanze schnelles Keimen in Lücken und langes Überleben im Boden vereinen.

Strategien, um die Verbreitung von *S. aquaticus* im Landwirtschaftsland zu unterbinden, sollten deshalb bei der Samenbildung und -verbreitung ansetzen. Wenn *S. aquaticus* auf einer Fläche neu auftritt und noch mit wenigen Individuen vorhanden ist, können Ausreissen oder Ausstechen die Samenbildung und die weitere Verbreitung effektiv verhindern. Die Samenökologie der Art lässt jedoch den Schluss zu, dass eine Regulierung sehr aufwändig wird, wenn sich bereits grosse Populationen gebildet haben. Solch grosse Populationen von *S. aquaticus* sind mit grossen Bodensamenbanken der Art verbunden. Zusammen mit der Langlebigkeit der Samen und ihrer Fähigkeit zur schnellen und hohen Keimung führt dies dazu, dass die Art bei Störungen des Bodens immer wieder keimen und aufwachsen kann. Gerade geneigte Parzellen am Alpennordhang, wo *S. aquaticus* in der Schweiz, Deutschland und Österreich oft gedeiht, stellen Risikoflächen dar, da sich hier Grasnarbeschäden durch Beweidung oder mechanische Ernte nicht verhindern lassen. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die Regulierung von grossen Populationen von *S. aquaticus* mehrere Jahre dauern wird, bis sich die Samenbank der Art erschöpft hat. ■

Literatur

- Baskin C. C. & Baskin J. M., 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, New York, US. 666 S.
- Bosshard A., Joshi J., Lüscher A. & Schaffner U., 2003. Jakobs- und andere Kreuzkraut-Arten: eine Standortbestimmung. *Agrarforschung* 10 (6), 231–235.
- Budelsky R. A. & Galatowitsch S. M., 1999. Effects of moisture, temperature, and time on seed germination of five wetland Carices: implications for restoration. *Restoration Ecology* 7 (1), 86–97.
- Forbes J. C., 1977. Chemical control of marsh ragwort (*Senecio aquaticus* Huds.) in established grasslands. *Weed Research* 17, 247–250.
- Grime J. P. et al., 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology* 69 (3), 1017–1059.
- Hess H. E., Landolt E. & Hirzel R., 1977. Flora der Schweiz, 2. Ed., Birkhäuser, Basel, Schweiz.
- Howard T. G. & Goldberg D. E., 2001. Competitive response hierarchies for germination, growth, and survival and their influence on abundance. *Ecology* 82 (4), 979–990.
- Jensen K., 2004. Dormancy patterns, germination ecology, and seed-bank types of twenty temperate fen grassland species. *Wetlands* 24 (1), 152–166.
- Opitz v. Boberfeld W., Knödler C. & Ziron C., 2001. Keimungsstrategien von Arten verschiedener Grünland-Pflanzengesellschaften. *Pflanzenbauwissenschaften* 5, 87–95.
- Röder E., Wiedenfeld H. & Kersten R., 1990. The Pyrrolizidine Alkaloids of *Senecio aquaticus* Huds. *Scientia Pharmaceutica* 58, 1–8.
- Sebald O., Seybold S., Philippi G. & Wörz A. (eds.), 1999. Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- Suter M. & Lüscher A., 2008. Occurrence of *Senecio aquaticus* in relation to grassland management. *Applied Vegetation Science* 11 (3), 317–324.
- Suter M. & Lüscher A., 2011. Measures for the control of *Senecio aquaticus* in managed grassland. *Weed Research* 51, 601–611.
- Suter M. & Lüscher A., 2012. Rapid and high seed germination and large soil seed bank of *Senecio aquaticus* in managed grassland. *TheScientificWorldJOURNAL*, DOI:10.1100/2012/723808.
- Thompson A. & Makepeace W., 1983. Longevity of buried ragwort (*Senecio jacobaea* L.) seed. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 11 (1), 89–90.

Riassunto**Il senecio acquatico germoglia velocemente e in grande quantità**

Da alcuni anni il *Senecio aquaticus* (senecio acquatico), tossico per gli animali da reddito, è in aumento nelle superfici inerbite agricole. Per migliorarne la regolazione, ART ha esaminato in una serie di esperimenti standard la germinazione e la durata di vita del seme di *Senecio*.

La percentuale di germinazione di semi freschi e maturi di *S. aquaticus* nel 2008 si situava, in media, al 68 %, mentre nel 2010 raggiungeva solo il 45 %, indicando così delle fluttuazioni annuali della germinabilità. Dieci giorni dopo l'inizio dell'esperimento era germogliato generalmente più del 45 % di tutti i semi; dopo otto settimane, si osservava solo raramente un'ulteriore germinazione. I semi, sotterrati per uno o due anni, mostravano, con il 78 %, un tasso di germinazione significativamente superiore rispetto a semi freschi e maturi, fatto che implica un effetto di stratificazione stimolante in condizioni invernali freddo-umide e una lunga durata di vita dei semi nel suolo.

Dalla veloce e elevata germinazione del *S. aquaticus* si deduce che un'efficace strategia di regolazione per le superfici inerbite agricole dovrebbe in primo luogo impedire la produzione e la diffusione di semi. Se lo *S. aquaticus* è presente in grandi popolazioni, la specie avrà creato un'importante e durevole banca di semi nel suolo. In questo caso una regolazione di successo impiegherà diversi anni finché la banca di semi nel suolo sarà esaurita.

Summary***Senecio aquaticus* shows rapid and high seed germination**

Senecio aquaticus (marsh ragwort), poisonous to livestock, has become increasingly abundant in agricultural grassland. In this study, the germination and seed survival of *S. aquaticus* were investigated in a series of standardised tests with the aim to improve the species' control in managed grassland.

Germination percentages of fresh ripe seeds of *S. aquaticus* were on average 68 % in 2008, but only 45 % in 2010, indicating yearly variation. In many cases, over 45 % of all the seeds had germinated ten days after the start of testing with almost no germination occurring after eight weeks. Seeds buried in the soil for one and two years had a germination of 78 % – significantly higher than that of fresh ripe seeds – suggesting that cold-wet stratification had a stimulating effect on germination and indicating long-term seed survival in the soil.

The rapid and high germination of *S. aquaticus* suggests that strategies to control the species in agricultural grassland should initially focus on the prevention of seed production and dispersal. Once the species is present in large numbers, it will already have established a large and permanent soil seed bank. In such cases, successful reduction of *S. aquaticus* may take several years until the soil seed bank is depleted.

Key words: germination percentage, germination rate, light, soil cover.