

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising – München

Biologische, ökologische und pflanzenbauliche Einflüsse auf Entwicklung und Verbreitung des Ackerunkrautes Rauhaariger Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.)

Biological, oecological and cultural influences on the development and the distribution of Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.)

Von G. Bachthaler, A. Ullsperger und H. Kees

Zusammenfassung

In der Abhandlung wird über den Einfluß verschiedener ökologischer Faktoren und der pflanzlichen Produktionstechnik auf die Entwicklung und Verbreitung des Rauhaarigen Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.) als Ackerunkraut in der Bundesrepublik Deutschland berichtet. Das ursprünglich auf die wärmeren Anbaulagen Süddeutschlands begrenzte Vorkommen dieser Unkrautart hat sich mit der Ausdehnung des Maisanbaus nach Norddeutschland ausgeweitet. Diese Ausbreitungstendenz des vorwiegend in Hackfruchtbeständen und Maisschlägen aufwachsenden thermophilen Amarants wird seit einigen Jahren durch die standörtliche Entwicklung triazinresistenter Biotypen verstärkt. *Amaranthus retroflexus* ist Spätkeimer und aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung im Kulturpflanzenbestand auf volle Belichtung angewiesen. Er gedeiht vornehmlich auf lockeren, nährstoffreichen Böden in gutem Garezustand und stellt als nitrophile Art besonders an die Stickstoffversorgung hohe Ansprüche. Ein hohes Samenpotential und die lange Lebensfähigkeit der Samen von *Amaranthus retroflexus* führen zu einer nachhaltigen Bodenverseuchung. Die C4-Amarantpflanze verträgt auch anhaltende Trockenheit gut.

Abstract

The paper reports about the influence of different oecological factors and plant production on the development and the distribution of Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) as weed in the Federal Republic of Germany. This weed species originally limited on warm locations of Southern Germany, has extended with in the expansion of maize cultivation to northern regions of Germany. The spreading of *Amaranthus retroflexus* mostly in root crops and maize has intensified since some years because of local selections of triazin-resistant biotypes. *Amaranthus retroflexus* is a late germinating weed and needs a full exposure to light during its slow juvenile growth in crop formation. *Amaranthus retroflexus* grows especially well on fertile soils and as a nitrophil weed species it demands a high level of nitrogen content in the soil. The seed formation potential and the longevity of the seeds of *Amaranthus retroflexus* lead to an enduring infestation of the soil. The C4-Amarant-plant well endures continuous draught.

Seit einigen Jahren gewinnt, vorrangig im süddeutschen Anbaureaum, der Rauhaarige Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.) als Ackerunkraut zunehmend wirtschaftliche Bedeutung. Zwar ist das erst Ende des 18. Jahrhunderts aus

Nordamerika eingeschleppte dikotyle Unkraut in Mitteleuropa schon lange als Begleitpflanze der Ackerkulturen, insbesondere der Hackfrüchte bekannt, doch blieb es lange als Standortkonkurrent in Kulturpflanzenbeständen unbeachtet. Die im vergangenen Vierteljahrhundert eingetretene Veränderung und Intensivierung der pflanzlichen Produktionstechnik zeigte in der Folge deutliche Auswirkungen auf die Unkrautflora. Dabei verursachte die starke Ausweitung des Maisanbaus in der Bundesrepublik Deutschland eine Massenvermehrung spezifisch angepaßter Arten unter anderem auch von *Amaranthus retroflexus* unter gleichzeitiger regionaler Ausbreitung nach Norden in bislang unbelastete Gebiete (HANF, 1984). Förderlich war dieser Entwicklung die seit ca. 1977 beobachtete Selektion triazinresistenter Biotypen des Amarants nach jahrzehntelangem einförmigem Einsatz von triazinhaltigen Herbiziden zu Mais. In Verbindung mit der außergewöhnlich hohen Samenproduktivität, der extremen Widerstandsfähigkeit der Samen gegenüber nachteiligen Einflüssen und der großen ökologischen Anpassungsfähigkeit dieser Unkrautart (FEINE et al., 1979, HOLZNER, 1981, HANF, 1984) bewirkte die herbizide Wirkungslücke, daß der Amarant heute in verschiedenen Ackerlagen ein Problemunkraut darstellt.

1. Herkunft und geographische Verbreitung

Amaranthus retroflexus hat wegen der eigenartig zurückgebo-genen Wuchsform des Blütenstandes die deutsche Bezeichnung Zurückgekrümmter Fuchsschwanz. Außerdem sind im deutschen Sprachraum die Bezeichnungen Amarant, Rauhaariger Amarant, Bogenamarant, Wilder Amarant, Rotfüßler, Hakenfuchsschwanz und Gemeiner Fuchsschwanz gebräuchlich. Die Schreibweise „Amaranthus“ wurde von Linné eingeführt und hat sich seither eingebürgert (BRENAN, 1961).

Bezüglich der Heimat von *Amaranthus retroflexus* gibt es viele Hinweise. HOCK (1896 zit. bei HEINISCH, 1932) hält ebenso wie WEHSARG (1918) Mexiko für das Heimatland, wo „die typische Flußuferpionierpflanze in Mittel- und Ostamerika und den benachbarten Teilen Südostkanadas und Nordostmexikos als Unkraut verbreitet war“ (SAUER, 1967).

Die Übersiedlung auf den europäischen Kontinent geschah erst relativ spät. Ende des 18. Jahrhunderts schickte ein Peter

Kahn Amarantsamen aus Pennsylvania an Linné in Schweden, der diesen unter anderem in verschiedenen Botanischen Gärten aussäte. Auf diese Weise inokulierte er Europa mit dieser neuen Pflanzenspezies, wofür Linné von THELLUNG (1914 zit. in SAUER, 1967) getadelt wurde. Etwa gleichzeitig fand LA TOUVETTE 1783 den Amarant erstmals in Frankreich (HELLWIG, 1886, HOLZNER, 1981). BRENAN (1961) nennt als Grund für das Auftauchen dieser Pflanze in England den Import von „wool manure“ aus Übersee, der oft mit Amarant-Samen kontaminiert war.

Weitere Einschleppung durch den sich immer mehr ausdehnenden Handel und Verkehr zwischen den Kontinenten (HELLWIG, 1885; OESAU, 1979) führte zur Verbreitung der Art vor allem in der Umgebung der Häfen (BRENAN, 1961) und Bahnhöfe (MAYENBERG, 1875), wo die Pflanze als Kulturfolger die vom Menschen in Kultur genommenen Böden sowie Schutthalden und Ruderalstandorte rasch besiedeln konnte. Es folgte eine schnelle Ausbreitung auf dem Kontinent nach Süden und Osten bis in den Nahen Osten und Nordafrika (PRISZTER, 1951, zit. in SAUER, 1967), wobei besonders sommerwarme Klimate den Ansprüchen der Pflanze entgegenkamen. Daher ging die Ausdehnung nach Norden recht schleppend und nur in geschützten Lagen (Flußtäler) vor sich. So war er 1820 in Schlesien noch selten (HELLWIG, 1885), wurde in Wien 1831 erstmals beobachtet (HOLZNER, 1981) und erst 1846 von SCHULTZ (1846) in der „Flora der Pfalz“ erwähnt. Des weiteren schrieb MAYENBERG im Jahr 1875 über Amarantvorkommen auf Fluß- und Bahndämmen, Schutzplätzen, Bahnhöfen und Wegrändern im Raum Passau.

Erst nach der enormen Ausdehnung des Maisanbaus in den letzten Jahrzehnten nach Mittel- und Nordeuropa konnte ein verstärktes Auftreten des Amarant in Deutschland beobachtet werden (HANF, 1984). BROD (1953) gibt als nördliche Verbreitungsgrenze in Europa den 56.–57. Grad nördlicher Breite an, was heute wohl aus den erwähnten Gründen nicht mehr zutreffen dürfte.

In Nordamerika kommt *Amaranthus retroflexus* auch noch im Nordosten der USA (CHU et al., 1978) und in allen Provinzen Kanadas außer Neufundland vor, wobei er ungefähr bis zum 60. Grad nördlicher Breite vordringt. OBERDORFER (1983) siedelt den Amarant vor allem in wärmeren Tieflagen an, erwähnt aber auch eine kontinental-mediterrane Ausbreitungstendenz in Europa. Der Rauhaare Amarant kommt normalerweise bis an die Eichengrenze in der montanen Höhenstufe (– 800 m über NN) vor (ELLENBERG, 1974), in weiter südlich gelegenen Regionen wie beispielsweise im Aostatal kann er vereinzelt bis in hochmontane Lagen (– 1000 m über NN) vordringen (KUTSCHERA, 1960).

Die Familie der *Amaranthaceae* (Fuchsschwanzgewächse) gehört nach FROHNE und JENSEN (1985) zur Ordnung der *Caryophyllales* und umfaßt 65 Gattungen, von denen in Europa jedoch nur die Gattung *Amaranthus* mit 30 ihrer ca. 100 Arten von Bedeutung ist (HANF, 1984).

2. Soziologie

Nach OBERDORFER (1949) gilt *Amaranthus retroflexus* als Charakterart der *Panico-Chenopodietum polyspermi*, einer auf nährstoffreichen, lockeren Böden weitverbreiteten Hackfrucht- und Gartenunkrautgesellschaft der wärmeren Lagen. Auch in Beständen des *Mercurialetum annuae* ist der Amarant zusammen mit dem *Amaranthus lividus*, *Portulaca oleracea* und *Panicum sanguinale* des öfteren anzutreffen.

Im Verbund mit *Setaria viridis*, *Setaria glauca*, *Panicum sanguinale* sowie anderen Thermophilen sieht TÜXEN (1950)

auch *Amaranthus retroflexus* als Verbandskenntart des *Panico-Setarion*-Verbandes, der vorwiegend im Südosten Mitteleuropas verbreitet ist und im Nordwesten zurücktritt. ELLENBERG (1974) rechnet ihn der Klasse „*Chenopodieta*“, einer Gesellschaft von nitrophilen und thermophilen Hackfruchtunkräutern und Ruderalpflanzen, zu. In der Ordnung „*Eragrostietalia*“ unterstellt er ihn wie TÜXEN dem Verband „*Panico-Setarion*“ („*Amarantion*“).

Die nahe Verwandtschaft zu den *Chenopodiaceae* ist bekannt. BROUWER und STÄHLIN (1955) gehen sogar so weit, daß sie angeben, „die Trennung in zwei Familien sei fast eine Konvenienzsache“.

Neuerdings jedoch tritt *Amaranthus retroflexus* durch die Ausbildung triazinresistenter Biotypen zunehmend in der Flora der triazinresistenten Ackerunkräuter, also mit *Chenopodium*-Arten, *Senecio vulgaris*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*, *Galinsoga ciliata* und *Polygonum*-Arten auf (KEES, 1985). Außerhalb des Ackerlandes ist er bisweilen häufig auf Schutzplätzen, Wegrändern und anderen Ruderalstandorten in Gesellschaft mit *Artemisietalia*-Arten anzutreffen (BROD, 1953).

3. Bedeutung als Schadpflanze

Als Unkraut kann der Amarant die Erträge der Kulturpflanzen durch Konkurrenz um die Wachstumsfaktoren wesentlich beeinträchtigen und dadurch wirtschaftlichen Schaden verursachen (FROST und CAVERS, 1975). Hackfrüchte bevorzugt er deshalb, weil diese spät angebaut werden und daher auch spät den Bestand schließen, was den ökologischen Ansprüchen des Amarant nach voller Belichtung und hoher Keimtemperatur (LAUER, 1953) entgegenkommt. Besonders durch den in den letzten Jahrzehnten drastisch ausgeweiteten Maisanbau (Silomais) konnte das Unkraut sich auf Gebiete ausdehnen, in denen es vorher nahezu unbekannt war, so zum Beispiel in Nordeuropa (HANF, 1984). Durch intensiven Maisanbau bis hin zur Monokultur kam es durch die fortgesetzte Anwendung von Atrazin zur Selektion resistenter Biotypen auch bei *Amaranthus retroflexus* mit all ihren wirtschaftlichen Konsequenzen für den Landwirt. Die inzwischen aus sehr vielen Ländern gemeldeten resistenten Populationen müssen mit im Vergleich zur billigen Atrazinapplikation aufwendigen und teuren Methoden bekämpft werden (Herbizidmischungen, zusätzliche Nachauflaufbehandlungen mit Kontaktmitteln, mechanische Unkrautbekämpfung).

Wenig Bedeutung hat der Rauhaare Amarant dagegen als Unkraut in Getreide, vor allem in der Winterung. Schon LAUER (1953) fand heraus, daß Unkräuter mit niedrigen Ansprüchen an die Keimtemperatur bevorzugt in Wintergetreide, solche mit hohem Keimminimum dagegen vermehrt in Hackfrüchten vorkommen. Zwar wächst er nach FRUWIRTH-KRAFFT (1919) sowie SCHWAER et al. (1976) vereinzelt auch im Winterweizen. HEINISCH (1932) schränkte sein Vorkommen jedoch auf Fehlstellen im Getreide ein, wo er wie in der Hackfrucht hervorragend gedeiht. Dies gilt auch für den Anbau von Kräutern (ENGEL, 1973) (Abb. 2).

Größte Bedeutung hat *Amaranthus retroflexus* seit längerem in Nordamerika, wo er in manchen Regionen zu den Hauptunkräutern gehört. Schon 1968 waren nach Angaben des US Dept. Agric. (1972) in den USA 302 000 ha der Zuckerrübenfläche mit *Amaranthus*-Arten belastet. Dabei bestand der größte Anteil aus *Amaranthus retroflexus* oder „Redroot Pigweed“, wie er dort genannt wird.

FROST und CAVERS (1975) fanden ihn auf 78 % der untersuchten Flächen in Ontario. Im Verein mit *Amaranthus*



Abb. 1. Massenbesatz mit atrazinresistentem Amaranth in Mais.



Abb. 2. Seltenes Beispiel eines Amaranthbesatzes in einem Haferbestand.

Abb. 3. Durch seinen beachtlichen Höhenwuchs stellt der Amaranth einen gefährlichen Standortkonkurrenten in Mais dar.



powellii senkte er dort den Zuckerrüben-ertrag um bis zu 49 % (HENDRICK et al., 1974). Auf rumänischen Schwarzerdeböden beeinträchtigen Unkrautgesellschaften mit dem Amaranth als Hauptunkraut den Rüben-ertrag um bis zu 35 % (SARPE und TORGE, 1980).

SZITH (1978) bestätigte in Versuchen in der Steiermark, daß der Amaranth dort im Körnermaisanbau Ertragseinbußen bis zu 80 % verursachen kann. Unter geeigneten Bedingungen ist seine Konkurrenzstärke im Vergleich zur Kulturpflanze bezüglich Licht, Wasser und Nährstoffen enorm, und so kann es durch den beachtlichen Höhenwuchs (bis 2 m) zu einem regelrechten Überwuchern der Kulturart kommen, die dadurch ertraglich schwer geschädigt wird.

Die Konkurrenzstärke des Amaranth geht einher mit der Fähigkeit, ungeheuer viele Samen zu produzieren. HOLZNER (1981) berichtet von Pflanzen mit mehr als 1 Million Samen. Dies führt bei Verunkrautung mit Amaranth zu einer hohen Kontamination des Bodens mit Unkrautsamen, was bei der Langlebigkeit der hartschaligen Samen auf Dauer Probleme bereiten kann.

Bezüglich der Nährstoffkonkurrenz mit Kulturpflanzen weist *Amaranthus retroflexus* verglichen mit anderen Unkräutern eine Besonderheit auf; er kann Stickstoff in Form von Nitrat speichern, was vor allem in Stengel und Zweigen geschieht (WOD, 1919). So entzieht die Pflanze dem Boden über den eigentlichen Bedarf hinaus Stickstoff, der der Kulturpflanze nicht mehr zur Verfügung steht. Das Nitrat kann Konzentrationen erreichen, die bei Verzehr giftig für das Vieh sein können (STUART et al., 1975, zit. in WEAVER und WILLIAMS, 1980; FEINE et al., 1979). Auch Oxalat wird in der Pflanze in hohem Maße gespeichert (NUSS und LOEWUS, 1978; FEINE et al., 1979). Dies kann nach dem Verzehr dazu führen, daß sich schwer lösliche Kalziumoxalate bilden, die die Kalziumresorption behindern.

Eine indirekte, aber durchaus bedeutende Schädigung des Amaranth liegt in seiner Eigenschaft, Organismen als Wirt oder als Nahrungsquelle zu dienen, die auch bestimmte Kulturpflanzenarten befallen. So galt *Amaranthus retroflexus* bislang als Wirtspflanze des Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii*), das den heimischen Zuckerrübenanbau in den Befallsgebieten erheblich schädigen kann (VESELY, 1970 a).

Neuere Untersuchungen von GLEISSL (1987) ergaben jedoch, daß Zysten-Neubildungen bei Amaranthpflanzen auf wenige Exemplare beschränkt blieben und bei einer Feldverunkrautung mit *Amaranthus retroflexus* die Anzahl an Eiern und Larven in verseuchten Böden nur leicht erhöht wurden.

Schließlich stellen WEBER et al. (1987, zit. in WEAVER und MCWILLIAMS, 1980) fest, daß *Amaranthus*-Arten beim Menschen unter Umständen Allergien hervorrufen können.

4. Physiologie

Physiologisch weist *Amaranthus retroflexus* eine Besonderheit auf: Er ist eine C₄-Pflanze mit der dafür typischen Kranz-anatomie der Leitbündel mit chlorenchymatischen Leitbündelscheiden und strahlenförmig angeordnetem Mesophyllgewebe (GALLAHER et al., 1975; WEAVER und MCWILLIAMS, 1980). Dies hat einen niedrigen CO₂-Kompensationspunkt und eine hohe Transpirationseffizienz, also rationellen Umgang mit Wasser, zur Folge. GALLAHER et al. fanden 1975 heraus, daß der Amaranth eine größere Transportkapazität hat als *Glycine max*, bedingt durch eine höhere Anzahl von Gefäßbündeln pro Einheit Blattfläche. Bezüglich *Lotus corniculatus* und *Sida spinosa* war *Amaranthus retroflexus* nach Versuchen von OLIVER und SCHREIBER (1974) wettbewerbsstärker, weil er eine höhere Nettoassimilationsrate erzielte, was sich in einer hohen Photosyntheseleistung und schneller Zunahme der Blattfläche äußerte. Nach SINGH et al. (1974) ist die maximale Photosyntheserate bei ca. 60 mg CO₂/dm² h unter einer Bestrahlung mit 1,0 × 10⁵ Lux erreicht.

Des weiteren hat der Amaranth die physiologische Eigenschaft, Nitrat und Oxalat zu speichern.

Wie KINZEL (1982) angibt, gehören die *Amaranthaceen* zu den calciophoben Physiotypen (Oxalat-Typen), die versuchen,

im Inneren den Spiegel an gelöstem Ca^{2+} möglichst niedrig zu halten. Dies gelingt ihnen auch auf kalkreichen Standorten durch Ausfällen von Calciumoxalat.

Eine Mykorrhiza-Symbiose wurde für den Amarant bisher noch nicht festgestellt, wogegen bei *Amaranthus oleraceus*, *Amaranthus spinosus* und *Amaranthus gangeticus* in Stengel und Wurzeln knötchenförmige Gewebe vorkommen, die aus Kolonien von Mikroorganismen bestehen und von denen angenommen wird, daß sie am Stickstoffwechsel teilhaben (SAMPATH und MISHRA, 1971, zit. in WEAVER und MCWILLIAMS, 1980).

5. Samenbiologie und -verbreitung

Die Früchte des *Amaranthus retroflexus* bestehen aus einsamigen Deckelkapseln (KORSMO, 1935). Die darin befindlichen Samen sind diskusförmig abgeflacht, scharfrandig und hochglänzend schwarz gefärbt, wogegen nicht vollständig ausgereifte Samen je nach Reifegrad rötlich bis dunkelbraun sind (HEINISCH, 1932). So gefärbte Samen weisen nach FROST und CAVERS (1975) eine geringe Lebensfähigkeit auf. Der Durchmesser der Samen beträgt etwa 1 mm (HEINISCH, 1932; KORSMO, 1935), kann aber bis 1,3 mm erreichen (LAMPETER, 1962). Das Tausendkorngewicht (TKG) ist in Abhängigkeit von einigen ökologischen Faktoren sehr variabel und beträgt 0,27 (MCWILLIAMS et al., 1968) bis 0,65 g (BROD, 1953), zumeist jedoch 0,4–0,5 g.

So bestimmt die Temperatur während der Samenreife neben dem Genotyp maßgeblich das TKG, wobei tiefere Temperaturen das Samengewicht ansteigen lassen. Auch die geographische Breite des Standortes hat insofern einen Einfluß. Hinsichtlich der Samenproduktion des Therophyten *Amaranthus retroflexus* schwanken die Literaturangaben in weiten Grenzen. Nach der Schering-Unkrautfibul (1977) beträgt die Samenzahl 1000–5000 je Pflanze. WEHSARG (1918) berichtet von durchschnittlich 18 400 Samen, PRISZTER (1950, zit. in SAUER, 1967) gibt 10–50 000 Samen je Pflanze an, und HOLZNER (1981) hält gar mehr als 1 Million Samen für möglich. Der Amarant ist also in der Tat fähig, extrem hohe Samenmengen zu erzeugen, so daß eine einzige absamende

Pflanze die Art in hohem Maße stabilisieren kann. Dazu ist es notwendig, daß die Samen eine Lagerung im Boden längere Zeit überstehen, um bei günstigen Bedingungen dann zu keimen. BEAL sowie DUVEL (zit. bei KOCH, 1969) fanden dabei jeweils für *Amaranthus retroflexus* mit 40 bzw. 10 Jahren außergewöhnlich lange Lebensfähigkeit im Boden.

Dies führt dazu, daß sich sehr lange Zeit ein hohes Samenpotential im Boden halten kann, wie dies auch für *Chenopodium album* bekannt ist. Die hohe Samenproduktivität und die nachgewiesene Zeitdauer der Lebensfähigkeit der Samen sind sicher wesentliche Ursachen für die vielerorts beobachtete rasche Besatzzunahme von *Amaranthus retroflexus*.

Dagegen stellten EGLEY und CHANDLER (1978) nach 30 Monaten eine rapide Abnahme der Zahl lebensfähiger Samen im Boden fest, und zwar unabhängig von der Eingrabetiefe. Trockene Lagerung dagegen konserviert die volle Keimfähigkeit.

Für den Amarant hat laut KING (1966) die Samenverschleppung durch den Wind große Bedeutung, weshalb, wie MORLEY und KATZNELSON (1965 zit. in MCWILLIAMS et al., 1968) anmerken, nördlicher gelegene Populationen mit ihrem größeren Samengewicht diesbezüglich etwas benachteiligt sind. BROUWER und STÄHLIN (1955) dagegen verneinen den Samentransport des Amarant durch den Wind. Eigene Beobachtungen bestätigen die Verblasung der Samen beim Erntevorgang, was zu nesterweiser Ausstreueung führen kann. Des weiteren nehmen Tiere die Samen mit der Nahrung auf und verbreiten die Art mit ihrem Kot (WEAVER und MCWILLIAMS, 1980). In Form von Gülle oder Mist könnte so eine weitere Kontamination der Äcker stattfinden. RIEDER (1966) untersuchte die Lebensfähigkeit von Unkrautsamen in Gülle, wobei die meisten Samen nach kurzer Zeit abgestorben waren. Um speziell für *Amaranthus retroflexus* diesbezüglich eine Aussage machen zu können, haben wir in eine Versuchsreihe im Sommer 1986 Amarantsamen für 5 bzw. 10 Wochen in eine Güllegrube gegeben. Anschließend wurde ein Keimtest durchgeführt; zur Kontrolle diente Saatgut des gleichen Erntetermins (September 1985), das trocken bei Zimmertemperatur gelagert worden war. Die erzielten Ergebnisse sind graphisch in den Abb. 4 und 5 dargestellt.

Abb. 4. Lichtkeimung von *Amaranthus retroflexus* nach fünfwöchiger Lagerung der Samen in Rindergülle. Mittel aus 5×100 Samen; Temperatur: 18–20 °C; Versuchsbeginn: 04. Sept. 1986; Versuchsende: 22. Sept. 1986.

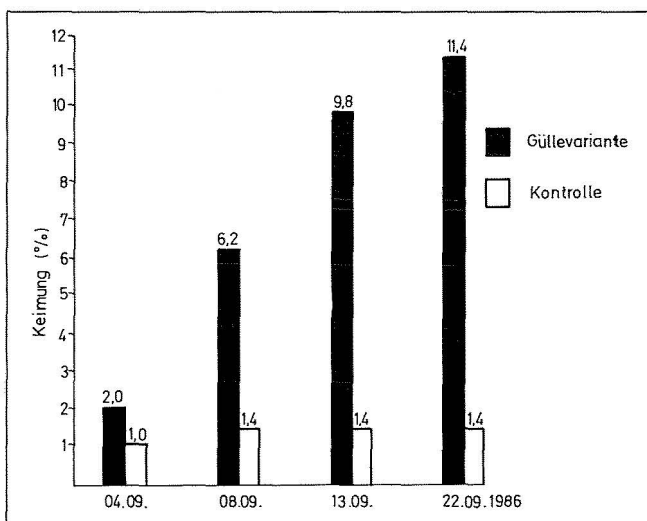
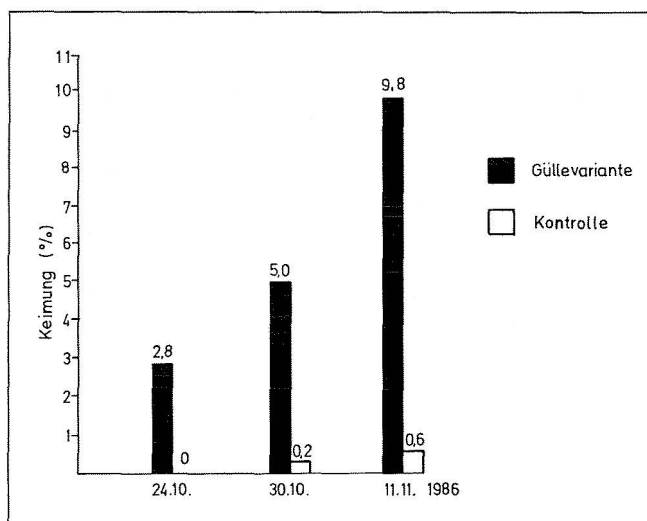


Abb. 5. Lichtkeimung von *Amaranthus retroflexus* nach zehnwöchiger Lagerung der Samen in Rindergülle. Mittel aus 5×100 Samen; Temperatur: Tag 1–24 18–20 °C, Tag 25–43 ca. 25 °C; Versuchsbeginn: 04. Sept. 1986; Versuchsende: 11. Nov. 1986.



Überraschenderweise wurden die Samen also nicht abgetötet, sondern erfuhren in der Gülle sogar eine gewisse Förderung der Keimung.

Das Versuchsergebnis bestätigt also die Möglichkeit der Samenverbreitung durch Gülleausbringung. Inwieweit Amaranthensamen allerdings die Silierung des Mais und den Verdauungstrakt des Rindes überstehen, bleibt dahingestellt, da hierüber keinerlei Literaturhinweise zu finden waren.

Die insgesamt relativ niedrigen erzielten Keimraten bei Zimmertemperatur stimmen sehr gut mit Ergebnissen von TAYLORSON und HENDRICKS (1969) überein, die unter 30 °C durchweg geringe Keimprozentage auch bei verlängerten Keimzeiten ermittelten.

Eine zusätzliche Möglichkeit der Samenverbreitung besteht durch Erdtransporte und verschmutzte Schlepperreifen (KEES münd. Mitt. 1985) sowie kontaminierte Landmaschinen (WEAVER und MCWILLIAMS, 1980).

Für das Körnermaisgebiet der Steiermark konnte SZITH (1978) den Mährescher als Hauptverbreiter des Amaranthensamens ausmachen, was dort die resistente Form zu einem großen Problem werden ließ. Außerdem bewirkte die Einführung des Mähreschers in der Landwirtschaft eine Ernteverzögerung, die allgemein ein verstärktes Absamen von Ackerunkräutern ermöglicht (EGGERS, 1984).

Auch unvollständig gereinigtes Saatgut vor allem von kleinsamigen Pflanzenarten (Klee) kann zu Inokulation von Flächen mit dem Amaranth beitragen (KORSMO, 1935; LAMPETER, 1962; WEAVER und MCWILLIAMS, 1980). Die Zunahme des Reise- und Güterverkehrs schließlich kann Samentransport über weite Strecken ermöglichen (OESAU, 1979). So erscheint es verständlich, daß die Pflanze sich in einer Region oftmals zuerst an diesen Verkehrswegen stabilisieren kann: in Hafennähe (BRENNAN, 1961) oder auf Bahnhofsanlagen, Bahndämmen, Flußufern und Straßenrändern (MAYENBERG, 1875). Hauptursache für den zahlenmäßig geringen Auflauf lebensfähiger Unkrautsamen im Boden ist die sogenannte Dormanz oder Keimruhe (KOCH, 1969).

Für *Amaranthus retroflexus* ist der die Dormanz bedingende Effekt vor allem mechanischer Natur, hervorgerufen durch die hohe Bruchfestigkeit der Samenschale im Vergleich zu dem sich ausdehnenden Embryo (EVANS, 1922). Frisch geerntete Samenkörner von *Amaranthus retroflexus* keimen nur in einem sehr engen, relativ hohen Temperaturbereich, was für gewöhnlich eine Keimung im Spätsommer oder Herbst des Absamungsjahres unterbindet (FROST, 1971, zit. in WEAVER und MCWILLIAMS, 1980). STOKES (1965, zit. in SCHONBECK und EGLEY, 1980) nennt dieses Phänomen „relative Dormanz“. Sie verschwindet zunehmend bei Lagerung, so daß in den ersten Monaten die Keimkapazität stufenweise ansteigt. BRODS Versuche (1953) bestätigen, daß nach ungefähr 2 Monaten die Keimprozentage rasch zunehmen und in den Monaten Januar und Februar die maximale Keimrate erzielt wird.

Nach Lagerung keimten die Samen am besten, die nach der Ernte die höchste Dormanz aufwiesen. Dabei wirkt sich die Deponierung der Samen im Boden stärker dormanzbrechend aus als die Lagerung unter trockenen Bedingungen, wie CHADOEF-HANNEL und BARRALIS (1982 c) herausfanden.

Des weiteren hat auch die Wasserversorgung der Pflanze Einfluß auf die Dormanz ihrer Samen. Trockene Verhältnisse bedingen größere Samen, deren Keimruhe kürzer ist als bei Samen von Pflanzen mit guter Wasserversorgung (CHADOEF-HANNEL und BARRALIS, 1982 a).

Wesentlich beeinflußt der Wärmefaktor die Keimung. Nach der von ELLENBERG (1950) eingeführten Einteilung über

die Temperaturansprüche von Wildkräutern bei der Keimung ist *Amaranthus retroflexus* der Gruppe TK 4 zuzuordnen, also den Arten mit einem großen Keimtemperaturbereich, aber hohem Keimoptimum (LAUER, 1953). Trotz des hohen Keimoptimums von 35–40 °C und dem Keimungsmaximum von > 40 °C vermag der Amaranth auch bei relativ niedrigen Temperaturen noch zu keimen (LAUER, 1953; HOLZNER, 1981; KOCH, 1969; FEINE et al., 1979) und ist somit kein obligater Wärmekeimer. So beträgt das Keiminimum 7 °C (LAUER, 1953; KLEIN, 1956), nach HOLZNER (1981) nur 6 °C. Im Vergleich zu *Chenopodium album* keimte der Amaranth in Versuchen von CHU et al. (1978) bei höheren Temperaturen viel besser, wogegen der Weiße Gänsefuß bei tieferen Temperaturen überlegen war.

Diese spezifischen Ansprüche des Rauhaarigen Amaranth an die zur Keimung nötigen Temperaturen beeinflussen natürlich sehr das Vorkommen der Pflanze in verschiedenen Klimazonen sowie Kulturpflanzenbeständen. LAUER (1953) bestätigt, daß der Schwerpunkt der Keimung für Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimtemperatur, wozu zweifellos der Amaranth zu rechnen ist, in der Hackfrucht liegt. Laut KOCH (1969) ist er daher ein Spätfrühjahrskeimer, der in der Steiermark später als der Mais aufläuft. Dies läßt sich durch eigene Beobachtungen im süddeutschen Raum bestätigen.

BROD (1953) stellte fest, daß der Keimvorgang in unseren Breiten erst stattfindet, wenn die nächtlichen Tiefstwerte 9–10 °C im Boden nicht mehr viel unterschreiten und das Temperaturtagesmittel nur wenig unter 15 °C liegt. Weiteres Absinken der Temperatur führt zur Unterbrechung des Keimvorganges. Sind im Spätfrühjahr erst einmal die erforderlichen Wärmegrade erreicht, keimt *Amaranthus retroflexus* bei ausreichender Bodenfeuchte praktisch den ganzen Sommer hindurch bis in den Herbst hinein (WEAVER und MCWILLIAMS, 1980).

Interessant ist die Feststellung von GASQUEZ et al. (1981), daß Samen des inzwischen sehr verbreiteten triazinresistenten Amaranth leichter bei niedrigen Temperaturen keimen als die des sensiblen Typs. Dies würde eine bessere Anpassung dieser Biotypen an klimatisch ungünstigere Standorte und einen weiteren Selektionsvorteil im Vergleich zum sensiblen Amaranth bedeuten.

Der Einfluß des Lichtes auf die Keimung von Amaranthensamen wird in der Literatur sehr kontrovers diskutiert.

Ältere Veröffentlichungen bezeichnen *Amaranthus retroflexus* als eine Pflanze, die bei Lichtzutritt eine deutliche Keimhemmung erfährt (AXENTJEFF, 1929; KLEIN, 1956). BROD (1953) bestätigt dies in seinen Versuchen, wobei er feststellt, daß die Lichtempfindlichkeit mit zunehmender Höhe der Keimtemperatur fast proportional abnimmt.

HOLZNER (1981) bezeichnet den Amaranth als Lichtkeimer, was bedeuten würde, daß gequollene Samen der Pflanze einen Lichtreiz erhalten müssen, um überhaupt keimen zu können (positiv photoblastische Samen), wie ZIEGLER (1983, in STRASBURGER, 1983) angibt.

SCHONBECK und EGLEY (1980) fanden heraus, daß bei der Keimung Lichteinfluß ebenso wirkte wie eine Temperaturerhöhung um 3 °C.

Die gegensätzlichen Meinungen bezüglich des Lichteinflusses auf die Keimung rühren wohl daher, daß es wiederholt zu Verwechslungen zwischen *A. retroflexus* und *A. powellii* kam.

HEINISCH (1932) fand keine Unterschiede in den Keimungsraten bei Lichtzutritt und Dunkelheit.

Amaranthus retroflexus stellt an den Feuchtegehalt des Keimsubstrates nur geringe Ansprüche. Die von ELLENBERG (1974) konstatierte Feuchtezahl 4 für die Pflanze liegt zwi-

schen Frischezeiger und Trockenzeiger und läßt sich auf die Ansprüche des Samens übertragen. Selbst auf ausgesprochen trockenen, nur mit 30 % der nutzbaren Feldkapazität gesättigten Böden keimte der Amarant in Versuchen von BROD (1953) noch mit hohen Prozentzahlen. SCHIMPF (1977) fand heraus, daß Amarantpflanzen unter trockeneren Bedingungen größere Samen produzieren, die dann infolge ihrer größeren Reserven auf tieferen Bodenschichten mit mehr verfügbarem Wasser auflaufen können.

Einen merklichen Einfluß übt auch die Bodenazidität aus. In der von BROD (1953) angestellten Versuchsreihe ergab sich ein ausgeprägtes Keimoptimum im sauren Bereich, wobei die höchsten Keimraten bei pH 4,1–4,6 erreicht wurden. Wesentlich empfindlicher bezüglich des Säuregrades verhalten sich jedoch die jungen Keimpflänzchen. BROD ermittelte an ihnen typischen Kümmerwuchs bei einem pH-Wert < 5,5; ebenso wie BUCHANAN et al. (1975), die das Wachstum der Pflanzen bei pH 5,2 als „ernsthaft beeinträchtigt“ bezeichnen. Viele der Jungpflanzen starben ab oder zeigten typische Chlorosen und Nekrosen. Diese Untersuchungsergebnisse belegen die praktische Erfahrung eines bevorzugten Aufwuchses von *Amaranthus retroflexus* auf basisch gut versorgten Ackerböden.

Die Auswirkungen der Bodenart auf die Keimung beruhen in erster Linie auf dem Durchlüftungsvermögen und dem Wasserhaushalt eines Bodens. Nach HANF (1984) benötigt *Amaranthus retroflexus* „lockere, durchlässige, höchstens zeitweise austrocknende, aber niemals vernäßte nährstoffreiche Böden mit guter Gare“. Dies ist vor allem auf den recht hohen Wärmeanspruch bei der Keimung des Unkrauts zurückzuführen, dem ein lockerer, schnell erwärmbare Boden mit einem gewissen Anteil organischer Substanz (dunkle Färbung) am ehesten entspricht, wogegen feuchte, schwere und dadurch kalte Böden eher gemieden werden (ENGEL, 1973). Deshalb ist auch der Auflauf auf einem grobkrümeligen Boden besser als auf einem fein bearbeiteten, wobei auf diesen nach Verschlammung die geringsten Keimraten zu erwarten sind (WIESE und DAVIS, 1967).

Hinzu kommt der Effekt einer mechanischen Hemmung der Keimpflanzen durch die Bodenteilchen, der vor allem für so kleinsamige Arten wie *Amaranthus retroflexus* nicht ohne Bedeutung ist.

CHEPIL (1946 a) ermittelte für den Amarant auf verschiedenen Böden über mehrere Jahre hinweg folgende Auflaufraten (Tab. 1).

Für den Amarant speziell untersuchte BROD (1953) das Verhältnis zwischen Samengewicht und durchschnittlicher Keimtiefe und kam zu dem Ergebnis, daß *Amaranthus retroflexus* trotz der Kleinheit seines Samens nicht zu den Oberflächenkeimern zählt, sondern als optimale Auflauftiefe je nach Bodenart 0,5–3 cm bevorzugt. Die maximale Keimtiefe betrug 7 cm. JACHETTA et al. (1979) kamen zu einem ähnlichen Ergebnis.

Tab. 1. Samenaufbau von *Amaranthus retroflexus* in % in verschiedenen Feldfrüchten und Böden (nach CHEPIL, 1946 a)

Bodenart	1938 (Brache, Bearbeitung bis 7,5 cm Tiefe)	1939 (Weizen)	1940 (Brache)	lebensfähige Samen im Boden
T	53,8	2,0	4,2	40,0
L	30,3	0,4	13,7	55,6
sL	71,1	0,4	12,1	16,4

Versuche von KOCH (1969) und MÜLLVERSTEDT (1961) mit verschiedenen Unkrautsamen erbrachten unter Laborbedingungen bei den geprüften Unkrautarten differenzierte Ansprüche an den Sauerstoffgehalt der Luft.

Während beispielsweise bei *Galium aparine* der Beginn der Keimung bei 5 % O₂ lag und 70–80 % der vollen Keimung bei 16 % O₂ erreicht wurde, lauten die entsprechenden Zahlen bei *Amaranthus retroflexus* 2,5 % O₂ bzw. 5–6 % O₂.

Die Theorie einer keimstimulierenden Wirkung von Ca(NO₃)₂ auf die Samen des Amarant, die auf einer Erhöhung der Sauerstoffpermeabilität der Samenschale beruhen sollte, konnte von AXENTIEFF (1929) widerlegt werden. Bei einem CO₂-Gehalt von 3,7 % erfolgte keine Keimung mehr.

7. Ökologische Ansprüche

Standortfaktor Klima

Der Rauhaarige Fuchsschwanz ist ein Unkraut des sommerwarmen, trockenen Klimas und gilt nach OBERDORFER (1983) als Wärmezeiger. ELLENBERG (1974) zählt ihn gar wie auch HOLZNER (1981) zu den extremen Wärmeanzeigern, weshalb er bei uns besonders in heißen Sommern verstärkt auftritt. Obwohl FEINE et al. (1979) den Amarantarten eine weite klimatische Anpassungsfähigkeit bescheinigen, fehlt der Zurückgekrümmte Fuchsschwanz in kälteren Gegenden völlig (BROD 1953). Als nördliche Grenze der Verbreitung bezeichnet er den 56.–57. Grad nördl. Breite, was für Europa gelten mag. In Nordamerika kann er dagegen in noch weiter nördlich gelegenen Regionen vordringen, was wohl mit dem dortigen kontinentalen Klima (heiße Sommer) begründet werden kann.

ELLENBERG (1974) ermittelt für ihn die Kontinentalitätszahl 7 (kontinental bis subkontinental) mit Schwerpunkt im östlichen Mitteleuropa.

Bezüglich der Lichtansprüche bezeichnet ELLENBERG (1974) das Unkraut als Vollichtpflanze, die „nur an vollbesonnten Plätzen und selten bei weniger als 50 % relativer Belichtung vorkommt“. LUNDEGARDH (1954, zit. in KUTSCHERA 1960) zählt *Amaranthus retroflexus* wie auch *Chenopodium album* zu den „extrem lichtbedürftigen Arten“.

Als C4-Pflanze kann der Amarant hohe Lichtintensitäten bei gleichzeitig hoher Temperatur rationell nutzen. CHU et al. (1978) verglichen in ihrem Versuch das Wachstum des Amarant (C4) mit dem von *Chenopodium album* (C3) bei verschiedenen Temperaturen elf Wochen nach dem Auflaufen. Während bei *Chenopodium album* die höchste CO₂-Austauschrates je Blattflächeneinheit mit etwa 20 °C eintrat, war der entsprechende Spitzenwert bei *Amaranthus retroflexus* unter vergleichbaren Belichtungsbedingungen erst bei Temperaturen zwischen 30–35 °C erreicht. Diese erstaunliche Photosyntheseleistung erklärt die hohe Wuchsleistung.

Bei vermindertem Lichtgenuß dagegen reagiert die Pflanze mit stark spindeligen Wuchs (LINSER und FROHNER, 1954). Im Umgang mit Wasser verhalten sich C4-Pflanzen allgemein ökonomischer als C3-Pflanzen. Dies trifft auch für den Amarant zu, der außerdem durch sein reich verzweigtes, tiefreichendes Wurzelwerk unempfindlich gegen Trockenheit ist (LAMPETER, 1962; HOLZNER, 1981). ELLENBERG (1974) ordnet ihn entsprechend als Pflanze ein, die auf trockenen bis frischen Standorten gedeiht (Feuchtezahl 4).

Im Herbst stirbt *Amaranthus retroflexus* meist vor den ersten Frösten ab und überdauert in der Samenphase. Unter den maritimen Klimabedingungen Großbritanniens dagegen zeigt der Thermophyt Tendenz zur Überwinterung (BRENAN 1961).

Standortfaktor Boden

TÜXEN (1950) rechnet *Amaranthus retroflexus* der *Solanum-nigrum*-Gruppe zu, nitrophilen Hackfruchtunkräutern und Ruderalpflanzen, die wärmeliebend sind und nur auf sehr nährstoffreichen Standorten gedeihen. Besonders bei unzureichender Stickstoffernährung kümmern sie und zeigen die typischen Mangelsymptome. Diese Ruderalarten leiden Mangel, wenn andere Wildkrautarten noch üppiges Wachstum zeigen. ELLENBERG (1974) schätzt den Amaranth ebenfalls als „hoch nitrophil“ ein (Stickstoffzahl 9).

Feldversuche von MAYSER (1955) bestätigen diese hohen Ansprüche.

Welch immense Stickstoffmengen der Amaranth auch in Ertragszuwachs umsetzen kann, zeigt Abb. 6, wobei nach Nitratdüngung erst bei 740 kg N, nach Ammoniumdüngung gar bei 1460 kg N/ha der Höchstertag erreicht war. Der Amaranth erweist sich damit nitrophiler als die Unkräuter der *Urtica-dioica*-Gruppe. Tatsächlich konnte HEGEWALD (1982) bei *Amaranthus retroflexus* einen N-Gehalt von 2,34 % in der TM, im Vergleich zu *Chenopodium album* mit 1,70 % und *Galinsoga ciliata* mit 2,06 % ermitteln.

Was die Ansprüche der Pflanze an die Versorgung mit den Hauptnährstoffen Phosphor und Kali betrifft, sei auf das Kapitel 7 verwiesen.

Der Amaranth liebt lockere Böden mit genügend Tiefgründigkeit (KORSMO, 1935; HOLZNER, 1981; HANF, 1984). An die Bodenart stellt er außer den genannten keine besonderen Ansprüche, jedoch sollte eine gewisse Gare vorhanden sein (BROD, 1953). Humose Böden kommen seinen ökologischen Besonderheiten sehr entgegen (WEHSARG, 1954) (Abb. 7). Feuchte und staunasse Standorte verträgt er dagegen nicht. Insbesondere die Keimpflänzchen erweisen sich Nässe gegenüber als recht empfindlich und reagieren mit Pilzbefall. So stellte BROD (1953) mit zunehmender Bindigkeit beziehungsweise geringerer Durchlüftung im Oberboden einen Rückgang von *Amaranthus retroflexus* fest, wogegen oberflächlich rasch abtrocknende Böden mit ausgewogener Porenverteilung ein günstiges Substrat darstellen. Auf die hohe Salzverträglichkeit des Unkrautes weisen ELLENBERG (1974) und OBERDORFER (1983) hin. BROWNELL und CROSSLAND (1972) stellten in Versuchen mit *Amaranthus tricolor* fest, daß Pflanzen mit dem C4-Stoffwechsel ein Minimum an Natrium benötigen.

Amaranthus retroflexus verhält sich weitgehend indifferent bezüglich der Azidität eines Boden (ELLENBERG, 1974). BROD (1953) fand ihn im Landkreis Mannheim auf sauren (pH 4,7) bis neutralen (pH 6,7) Standorten, und FELTNER (1970) ermittelte den Amaranth gar als einziges Unkraut, das im weiten pH-Bereich von 4,2–9,1 gedieh. Allerdings ist ein Wachstum im sauren Bereich stark gehemmt (BUCHANAN et al., 1975).

8. Krankheits- und Schädlingsbefall

Pilzkrankheiten

SCHINZ (1934) verwies hinsichtlich pilzlicher Krankheiten an Amaranth u. a. auf das Auftreten von *Ascochyta amaranthi* Allesch., *Cercospora brachiata* Ell. et Ev., *Fusarium roseum* Link. und *Phoma amaranthicola* Brun. Bei CONNERS (zit. in WEAVERS und MCWILLIAMS 1980) wird für Kanada der Befall mit *Albugo bliti* Kuntze, *Alternaria amaranthi* von Hook, *Alternaria solani* Jones und Grant, *Fusarium oxysporum* de Bary und *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary angegeben. Zusätzlich wurden u. a. in den USA an *Amaranthus retroflexus* gefunden (WEAVER und MCWILLIAMS, 1980) *Aphanomyces*

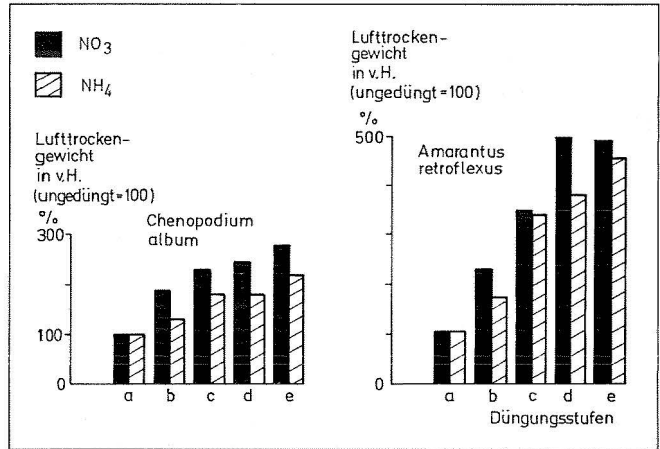


Abb. 6. Entwicklung von *Amaranthus retroflexus* und *Chenopodium album* bei verschiedenen Düngungsstufen mit NO₃ bzw. NH₄ (aus MAYSER 1955); Grunddüngg.: 60 kg P, 120 kg K. N-Düngungsmengen in kg Rein-N/ha.

	a	b	c	d	e
Vor der Saat:	–	80	190	380	580
1. Kopfdüng.:	–	25	70	180	500
2. Kopfdüng.:	–	–	80	180	380
Insgesamt:	–	105	340	740	1460 kg N

cochlioides Drechs., *Peronospora amaranthi* Gaum., *Puccinia aristidae* Tracy, *Ramularia* spp. und *Rhizoctonia solani* Kuehn. In einem dreijährigen Versuch von VESELEY (1970 b.) ergab sich dagegen keine nachgewiesene Abhängigkeit des Vorkommens von *Cercospora beticola* an Zuckerrüben vom Besatz mit Unkräutern, wobei der Amaranth mit einbezogen war.

Eigene Beobachtungen im Sommer 1985 an *Amaranthus retroflexus*-Pflanzen in Gefäßversuchen ergaben einen starken Befall mit *Albugo bliti*.

Viruskrankheiten

An Virose wurde im einzelnen das Auftreten des Gurkenmosaikvirus (WEAVER und MCWILLIAMS, 1980) und des *Hydrangea ringspot-virus* festgestellt. Auf letzteres reagiert der Amaranth mit der Ausbildung chlorotischer Ringe auf der Blattoberseite (BRIERLY und LORENTZ, 1957).

Abb. 7. Von Amaranth völlig überwucherter Kartoffelbestand auf einem humosen Boden.





Abb. 8. Starker Aufwuchs von Amaranth in Zuckerrüben bei einer Mais-Weizen-Zuckerrüben-Folge.

Tierische Schädlinge

Die Ypsilon-Eule (*Agrotis ipsilon*) an Getreide lebt und verpuppt sich in den USA an *Amaranthus retroflexus* (WEAVER und MCWILLIAMS, 1980). Auch die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) als gefürchteter Virusüberträger befällt den Amaranth (TAMAKI, 1975). Ein Larvenstadium der Wanze *Lygus lineolaris* wurde in den USA am Amaranth beobachtet. Der Rauhaarige Amaranth ist in den USA (CLANCY, 1969) und in der Bundesrepublik Deutschland (ENGEL, 1973) als Wirtspflanze des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* ermittelt worden. Er bohrt sich in die Pflanze ein, wo er sich entwickelt und das zum Überleben erforderliche Stadium L5 erreicht. Dabei ist bislang unklar, ob er die *Amaranthus retroflexus*-Pflanze auch mit Eier belegt (ENGEL, 1973). KORSMO (1930) fand an *Amaranthus retroflexus* die Bohnenerdlaus *Tullgrenia phaseoli*. Eigene Beobachtungen ergaben einen Befall mit der Schwarzen Bohnenlaus *Aphis fabae*, was auch von BROD (1953) bestätigt wird. Aus der Reihe der Nematodenarten parasitieren den Amaranth Vertreter der Gattungen *Meloidogyne*, *Heterodera* und *Pratylenchus*. Bezüglich der Wirtspflanzenrolle für das Rübenzystenälchen *Heterodera schachtii* wird auf Kap. 3 verwiesen.

9. Vergesellschaftung mit Kulturpflanzen

Wegen seiner besonderen Ansprüche an die Keimungsbedingungen und der daher spät stattfindenden Keimung, der eine sehr langsame Jugendentwicklung folgt, erweist sich *Amaranthus retroflexus* als ein typisches Unkraut der spätgebaute und spät den Bestand schließenden Kulturen, also hauptsächlich der Hackfrüchte (HEINISCH, 1932).

So kann es zu Massenauftritten in Mais, Rüben, Kartoffeln, Wein und Gemüsekulturen kommen, wogegen im Getreide und besonders in der Winterung der Amaranth kaum oder nur auf Fehlstellen vorkommt, weil er dort als Spätkeimer gegenüber den dichten Getreidebeständen nicht mehr konkurrenzfähig ist und unterdrückt wird (WEHSARG, 1918; HEINISCH, 1932; LAMPETER, 1962; SCHWAER, 1976; HANF, 1984). HEINISCH (1932) fand ihn besonders oft in Tagelöhnergärten, wo er

optimale Verhältnisse bezüglich Nährstoffversorgung und Belichtung vorfand. WEHSARG (1918) bemerkt, daß er auch bei Grünfütterabau bzw. Getreidebau schnell verschwindet. Ebenso wurde er in den Walliser Weinbergen schnellstens verdrängt, wenn zum sogenannten „begrünten Weinberg“ übergegangen wurde (STALDER, 1979). BROD (1953) glaubt, daß allein schon die Wahl einer blattreichen Kartoffelsorte eine stärkere Ausbreitung des Fuchsschwanzes unterbindet, wogegen er eine mehrjährige Hackfruchtperiode, wie sie gegen *Galinsoga parviflora* empfohlen wird, wegen der langen Lebensfähigkeit der Amaranthensamen im Boden für unnützlich hält. Nur vereinzelt kann er in Sommergetreide zum Problem werden. Abbildung 2 zeigt eine relativ selten vorkommende Verunkrautung eines Haferbestandes mit *Amaranthus retroflexus*.

Besonders mit der Ausweitung des Maisanbaus nach Mittel- und Nordeuropa breitet sich der Amaranth rasch aus, da die Maiskultur ihm besonders gute Wachstumsbedingungen (ANONYM, 1984) bietet: relativ hohe Düngung, späte Saat und später Reihenschluß auf meist lockeren, humosen Böden, was die hohen Lichtansprüche des Unkrautes befriedigt, und eine späte Ernte, bei der die Pflanze bereits abgesamt hat. Bezüglich der Belichtung bieten auch ähnlich gute Voraussetzungen Kartoffeln und Rüben (RADEMACHER, 1950).

Allein das Einengen der Fruchtfolge hat nach NEURURER (1965) schon eine Akkumulation bestimmter Unkrautarten zur Folge, die zu Problemunkräutern werden können. Deshalb sollten Kulturen, die dem Fuchsschwanz günstige Wachstumsbedingungen bieten, in der Fruchtfolge möglichst einen geringen Anteil haben. Wegen der fördernden Wachstumsbedingungen für den Amaranth stellt in fruchtfolgemäßiger Sicht der Mais eine besondere Gefahr dar, da er selbstverträglich ist und oft in Monokultur angebaut wird. Hinzu kommt die sich ausbreitende Resistenz des Amaranth gegen das Atrazin als Hauptherbizid in Mais. HARTMANN (1979) fand eine direkte Abhängigkeit des Anteils resistenter Biotypen (R) von *Amaranthus retroflexus* von der Dauer der Maismonokultur. Bei 3–6 Jahren Nacheinanderanbau von Mais waren im Durchschnitt 42 % R-Typen, wogegen 7–10 Jahre Maismonokultur schon 70 % und 10 Jahre sogar 100 % Anteil des resistenten Amaranth an der Gesamtpopulation bewirkten. Bayerische Feldversuche ergaben 1986 und 1987 auf einem Standort bei München nach 12jähriger Mais-Monokultur einen 100%igen Aufwuchs atrazinresistenter Amaranthpflanzen. Einschlägige Untersuchungen von SOLYMOSSI und KOSTYAL (1985) auf Flächen mit unterschiedlich lang andauerndem Maisanbau in Ungarn bestätigen eindeutig diese Tendenz.

Grundsätzlich sollte man einen Nachbau der Zuckerrübe nach Vorfrucht Mais vermeiden, da eine Verunkrautung mit Amaranth im Mais nach einschlägigen Praxiserfahrungen in Südostbayern und in Österreich (NEURURER, 1965) zu einer großen Belastung des nachgebaute Zuckerrübenbestandes führen kann (Abb. 8). Günstig erweist sich hierbei ein Fruchtwechsel von Mais und Getreidebau, wobei im Maisschlag mechanische Unkrautbekämpfung oder Wirkstoffwechsel empfohlen wird, um einer Herbizidresistenzbildung vorzubeugen (AMMON, 1977).

Eine Intensivierung der Stickstoffdüngung führt zu einer partiellen Umschichtung der Ackerunkrautbestände, wobei nitrophile Arten, zu denen zweifellos der Amaranth zu zählen ist, eine Förderung erfahren. Ein Grund für die hohen Ansprüche der Pflanze an die Stickstoffversorgung dürfte ihre Fähigkeit sein, Stickstoff in größerem Ausmaß zu speichern (WOD, 1919). RADEMACHER (1950) meint zwar, daß eine reichliche Düngung besonders bei düngedürftigen Kultur-

pflanzen deren Beschattungskraft steigert und dadurch Unkrautwuchs unterdrückt. Für *Amaranthus retroflexus* trifft dies sicherlich nicht zu. Dieser reagiert auf reichliche Nährstoffversorgung mit stärkerem Wachstum, wenn einmal die schwachwüchsige Keimpflanzenphase überwunden ist.

Die Nitratstickstoffbildung durch Mineralisierung im Boden wirkt auf den Amaranth wuchsfördernd, weshalb er gerade humose Bodenstandorte besiedelt (WEHSARG, 1954). HOVELAND et al. (1976) ermittelten für den Rauhaarigen Fuchschwanz einen hohen Bedarf an Kalium und Phosphat, der sich aber oftmals daraus ergibt, daß auf stickstoffreichen Ruderalstandorten diese Nährstoffe relativ in den Mangelbereich geraten. Eine positive Reaktion auf eine Kaligabe, die BROD (1953) feststellt, erwächst aus der Notwendigkeit, daß das Unkraut als Pflanze der leichten und trockeneren Böden zur Regulation des Wasserhaushaltes relativ viel K^+ benötigt. Nach HEGEWALD (1982) liegt beim Amaranth der ermittelte Gehalt an P mit 0,48 % in der TM niedriger als bei *Galinsoga ciliata* und doppelt so hoch wie bei *Chenopodium album*. Demgegenüber erwies sich der prozentuale K-Anteil bei den drei Unkrautarten nicht differenziert.

10. Bodenbearbeitung und Bodenbedeckung

Der Grund für verstärktes Keimen der Ackerunkräuter nach Pflugfurche liegt in der Verlagerung keimfähiger Samen nach oben sowie in der verbesserten Bodendurchlüftung. Nach MÜLLVERSTEDT (1963) haben die Unkräuter artspezifische Ansprüche an den Sauerstoffgehalt der Bodenluft bei der Keimung. Da dieser in frisch bearbeiteten Böden maximal ist, bieten solche Böden für die Samenkeimung beste Voraussetzungen. *Amaranthus retroflexus* keimt ab 2,5 % O_2 in der Bodenluft (KOCH, 1969).

FROST und CAVERS (1975) versuchten in ihrem Versuch Lichtverhältnisse zu simulieren, die jenen beim Vergraben beziehungsweise Herausgraben von Amaranthensamen bei der Bodenbearbeitung entsprechen. Danach erreichte durch die von der Bearbeitung herrührende Belichtung vormals vergrabener Samen hohe Keimraten, wogegen dauernd in Dunkelheit gehaltene Samen signifikant weniger gut keimten. Schon WESSON und WAREING (1961) hatten herausgefunden, daß vergrabene Samen im Laufe der Zeit so photosensitiv werden können, daß kurzzeitige Lichteinwirkung, hervorgerufen durch Bodenbearbeitung, genügen kann, eine sofortige Keimung auszulösen. Auch der mechanische Reiz, den die Bodenbearbeitung auf gequollene, dormante Amaranthensamen ausüben kann, ist laut CROCKER und BARTON (1945) geeignet, eine Keimung herbeizuführen.

Literatur

AMMON, H. U., 1977: Kombinationen chemischer, mechanischer und biologischer Methoden zur Unkrautbekämpfung im mehrjährigen Maisanbau und erste Resultate über die Beeinflussung bodenphysikalischer Kennwerte. – Proc. EWR Symposium on the Different Methods of Weed Control and Their Integration. Vol. 1, 243–255.
Anonym, 1984: *Amaranthus retroflexus* L. – Rev. suisse Viticult., Arboricult., Hortic. 16 (2), 96–97.
AXENTJEFF, B. N., 1929: Über den Einfluß einiger Salze auf die Keimung der Samen von *Amaranthus retroflexus* L. – Biochem. Zeitschrift 211, 454–466.
BACHTHALER, G., 1968: Die Entwicklung der Ackerunkrautflora in Abhängigkeit von den veränderten Feldbaumethoden. – Z. Acker- und Pflanzenbau 127, 149–170.
BACHTHALER, G., H. KEES, und B. DINZENHOFER, 1983: Die Ausbildung resistenter Linien von Ackerunkrautarten nach fortgesetzter Anwendung von Herbiziden, insbesondere Triazin – Gegenwärtiger

Kenntnisstand über Ursachen und praktische Auswirkungen. – Nachrichtenbl. d. Dt. Pflanzenschutzdienstes 35 (11), 161–168.
BRENNAN, J. P. M., 1961: *Amaranthus* in Britain. – Watsonia 4, 261–280.
BROD, G., 1953: Untersuchungen zur Biologie, Ökologie und Bekämpfung einiger wärmeliebender Ackerunkräuter. – Diss. Univ. Hohenheim.
BRIERLEY, P., und P. LORENTZ, 1957: *Hydrangea* ringspot virus, the probable cause of "Running out" of the florist's *Hydrangea*. – Phytopath. 47, 39–43.
BROWNELL, P. F., und C. J. CROSSLAND, 1972: The Requirement for Sodium as a Micronutrient by Species Having the C4 Dicarboxylic Photosynthetic Pathway. – Plant Physiol. 49, 794–797.
BROUWER, W., und A. STÄHLIN, 1955: Handbuch der Samenkunde für Landwirtschaft, Gartenbau und Forst. – DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
BUCHANAN, G. A., C. S. HOVELAND und M. C. HARRIS, 1975: Response of Weeds to Soil pH. – Weed Sci. 23 (6), 473–477.
CHADÉUF-HANNEL, R., und G. BARRALIS, 1982a: Influence de différents régimes hydriques sur la croissance végétative, le poids et la germination des graines d'une mauve herbe cultivée en serre: *Amaranthus retroflexus* L. – Agronomie 2 (9), 835–841.
CHADÉUF-HANNEL, R., und G. BARRALIS, 1982c: Recolte conservation et germination d'*Amaranthus retroflexus* L. – Weed Res. 22, 109–117.
CHEPIL, W. S., 1946a: Germination of Weed Seeds: I. Longevity, periodicity of germination and vitality of seeds in cultivated soil. – Scientific Agriculture 26, 307–346.
CHEPIL, W. S., 1946b: Germination of Weed Seeds: II. The influence of tillage treatments on germination. – Scientific Agriculture 26, 347–357.
CLANCY, D. W., 1969: Parasitization of cabbage and alfalfaloopers in Southern California. – J. Econ. Entomol. 62, 1078–1083.
CHU, C., P. M. LUDFORD, J. L. OZBUN, und R. D. SWEET, 1978: Effects of Temperature and Competition on the Establishment and Growth of Redroot Pigweed and Common Lambsquarters. – Crop Sci. 18, 308–310.
CROCKER and BARTON, 1945: Longevity of seeds. – N. Y. Bot. Gard. J. 46, 26–35.
EGGERS, T., 1984: Wandel der Unkrautvegetation der Äcker. – Schweiz. Landw. Forsch. 23 (1/2), 47–61.
EGLEY, G. H., und J. M. CHANDLER, 1978: Germination and viability of weed seeds after 2,5 years in a 50 years buried seed study. – Weed Sci. 26, 230–239.
ELLENBERG, H., 1950: Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie I: Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. – Stuttgart.
ELLENBERG, H., 1974: Zeigerwert der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobot. Bd. IX, 97 S.
ENGEL, H., 1973: Der Einfluß der Massenvermehrung von Amaranth- und Wildhirsearten im Mais- und Gemüsebau auf die Biozönose. – Gesunde Pflanzen 25 (5), 88–94.
EVANS, C. R., 1922: Effect of temperature on germination of *Amaranthus retroflexus* ssp. – Bot. Gazette 73, 213–225.
FEINE, L. B., R. R. HARWOOD, C. S. KAUFFMAN und J. P. SENFT, 1979: Amaranth: Gentle giant of the past and future. – AAAS Symp. No. 38, 41–63.
FELTNER, K. C., 1970: The ten worst weeds of field crops: 5. Pigweed. – Crop Soils 23, 13–14.
FROHNE, D., und U. JENSEN, 1985: Systematik des Pflanzenreiches. – Stuttgart, New York, 3. Auflage.
FROST, R. A., und P. B. CAVERS, 1975: The ecology of Pigweeds (*Amaranthus*) in Ontario I: Interspecific and intraspecific variation in seed germination among local collections of *Amaranthus powellii* and *Amaranthus retroflexus*. – Can. Journ. of Bot. 53, 1276–1284.
FRUHWIRTH-KRAFFT, 1919: Pflanzenbaulehre. – Berlin.
GALLAHER, R. N., D. H. ASHLEY, und R. H. BROWN, 1975: ^{14}C -Photosynthese Translocation in C3 and C4 plants as related to leaf Anatomy. – Crop Sci. 15 (1/2), 55–59.
GASQUEZ, J., H. DARMENCY und J. P. COMPOINT, 1981: Germination of croissance comparees chez les mauves herbes resistant et sensibles aux triazines. – Weed Res. 21, 219–225.
GLEISSL, W., 1987: Untersuchungen über Wirt-Parasit-Beziehungen zwischen Ackerunkräutern und *Heterodera schachtii* Schmidt sowie den Einfluß der Unkrautflora auf die Populationsdynamik des Rüben-nematoden in Zuckerrüben-Fruchtfolgen. Dissertation Technische Universität München-Weihenstephan.
HANF, M., 1984: Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. BLV-Verlagsgesellschaft mbH, München, 2. Auflage.
HARTMANN, F., 1979: Az. *Amaranthus retroflexus* atrazinresistenzens biotipusanak elterjedese Agyarorszagon. – Növényvedelem 15, 491–495.

- HEGEWALD, H. B., 1982: Artenzusammensetzung und Nährstoffgehalt des Unkrautes im Körnermais 1977. *Angew. Botanik* **56**, 279–281.
- HEINISCH, O., 1932: Der Bogenamarant, ein wenig beachtetes Unkraut. – Fortschritte der Landw. **7**, 344–347.
- HELLWIG, F., 1885: Über den Ursprung der Ackerunkräuter und der Ruderalflora Deutschlands I. – Bot. Jahrb. **7**, 343–434.
- HELLWIG, F., 1886: Über den Ursprung der Ackerunkräuter und der Ruderalflora Deutschlands. – Bot. Jahrb. **7**, 4. Heft cit. Bot. Zeitg. 1886, Sp. 432.
- HENDRICK, L. W., W. F. MEGGITT und D. PENNER, 1974: Basis for selectivity of Phenmedipham and Desmedipham on wild mustard, redroot pigweed and sugarbeet. – *Weed Sci.* **22**, 179–184.
- HESS, D., 1979: Pflanzenphysiologie. – Stuttgart, 6. Aufl.
- HOLZNER, W., 1981: Ackerunkräuter. – L. Stocker Verlag Graz, Stuttgart, 43–44.
- HOVELAND, C. E., G. A. BUCHANAN und M. C. HARRIS, 1976: Response of weeds to soil phosphorus and potassium. – *Weed Sci.* **24**, 194–201.
- JACHETTA, J. J., S. R. RADOSEVICH, und C. L. ELMORE, 1979: Differential Susceptibility of two Pigweed (*Amaranthus spp.*) Species to Napropamide (Devrinol). – *Weed Sci.* **27**, 189–191.
- KEES, H., 1985: Entwicklung der Atrazinresistenz in Bayern. – Landesanst. f. Bodenk. und Pflanzenbau, Informationen 10, 51–53.
- KING, L. J., 1966: Weeds of the world. – Intersci. Publ. Inc., New York, 526 pp.
- KINZEL, H., 1982: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. – Ulmer Verlag, Stuttgart, 534 S.
- KLEIN, W., 1956: Untersuchung zur Bestimmung des Keimminimums landwirtschaftlicher Unkräuter. – *Z. Acker- und Pflanzenbau* **98**, 395–430.
- KOCH, W., 1969: Einfluß der Umweltfaktoren auf die Samenphase annueller Unkräuter insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Unkrautbekämpfung. – Diss. Univ. Hohenheim, Bd. 50, Stuttgart.
- KORSMO, E., 1930: Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. – Berlin.
- KORSMO, E., 1935: Unkrautsamen. – Oslo.
- KUTSCHERA, L., 1960: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. – Frankfurt/Main.
- LAMPETER, W., 1962: Unkräuter in der Saatguterzeugung. – Akademie-Verlag, Berlin.
- LAUER, E., 1953: Über die Keimtemperatur von Ackerunkräutern und deren Einfluß auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. – *Flora* **140**, 551–595.
- LINSER, H., und W. FROHNER, 1954: Zur Prüfung der Wirksamkeit verschiedener Herbizide unter vergleichbaren Bedingungen. – *Z. Acker- und Pflanzenbau* **98**, 369–382.
- MAYENBERG, J., 1875: Aufzählung der um Passau vorkommenden Gefäßpflanzen. – Passau.
- MAYSER, R., 1955: Ökologische Untersuchungen über die Stickstoffansprüche der Ruderalpflanzen. – Diss. Hohenheim.
- MCWILLIAMS, E. L., 1966: Ecotypic differentiation within *Amaranthus retroflexus* L., *Amaranthus hybridus* L. and *Amaranthus powellii* Wats. – Ph. D. Thesis, Iowa State Univ., Ames Iowa, 174 pp.
- MÜLLVERSTEDT, R., 1961: Untersuchungen über einige Fragen der mechanischen Unkrautbekämpfung unter besonderer Berücksichtigung der Unkrautsamenkeimung in Abhängigkeit von Sauerstoff. – Diss. Hohenheim.
- MÜLLVERSTEDT, R., 1963: Untersuchungen über die Keimung von Unkrautsamen in Abhängigkeit vom O-Partialdruck. – *Weed Research* **3**, 154–163.
- NEURURER, H., 1965: Beobachtungen über Veränderungen in der Unkrautgesellschaft als Folge pflanzenbaulicher und pflanzenschutzlicher Maßnahmen. – *Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz*, Sonderh. III, 39–43.
- NUSS, R., und F. A. LOEVUS, 1978: Further studies on oxalic acid biosynthesis in oxalate-accumulating plants. – *Plant Physiol.* **61**, 590–592.
- OBERDORFER, E., 1949: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland. – Stuttgart.
- OBERDORFER, E., 1983: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland. 5. Auflage – Stuttgart.
- OESAU, A., 1979: Fremde Florenelemente im Ackerunkrautbestand von Rheinland-Pfalz. – *Gesunde Pflanzen* **31**, 262–265.
- OLIVER, L. R., und M. SCHREIBER, 1974: Competition for Carbondioxide in heteroculture. – *Weed Sci.* **22**, 125–130.
- RADEMACHER, B., 1950: Über die Lichtverhältnisse in Kulturpflanzenbeständen insbesondere im Hinblick auf Unkrautwuchs. – *Z. Acker- und Pflanzenbau* **92**, 129–165.
- RIEDER, G., 1966: Der Einfluß des Schwemmistes auf die Unkrautverbreitung und die Anwendung der Tetrazolium-Methode bei Unkrautsamen. – Diss. Hohenheim.
- SARPE, N., und C. TORGE, 1980: Der Einfluß einiger Unkrautgesellschaften mit dominanten Arten der Gattungen *Sinapis*, *Setaria*, *Erigeron*, *Amaranthus*, *Cirsium* und *Convolvulus* auf die Wurzelproduktion der Zuckerrübe. – Tag. Bericht Akad. Landw. Wiss. DDR **182**, Berlin, 105–112.
- SAUER, J. D., 1967: The Grain Amaranths and their relatives: A revised taxonomic and geographic survey. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* **54**, 103–137.
- SCHERING UNKRAUTFIBEL, 1978, ersch. 1977: Pflanzenschutz-Fachberatung, Schering AG, Berlin/Bergkamen, 8. Aufl.
- SCHIMPF, D. J., 1977: Seed weight of *Amaranthus retroflexus* in relation to the moisture and length of growing season. – *Ecology* **58**, 450–453.
- SCHINZ, H., 1934: *Amaranthaceae*. – in: Engler und Prantl – Die natürlichen Pflanzenfamilien, Bd. **160**, Leipzig, 23–35.
- SCHONBECK, M. W., und G. H. EGLEY, 1980: Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.): Seed Germination Responses to Afterripening, Temperature, Ethylene and some other Environmental Factors. – *Weed Sci.* **28**, 543–548.
- SCHULTZ, F., 1846: Flora der Pfalz. – Speyer, 575 S.
- SCHWAER, C., K. WÜTHENOW, und G. FEYERABEND, 1965: Untersuchung über die Ausbreitung der Unkräuter von Sauerblattnieten, Kompostnieten und Miststapeln auf angrenzende Kulturpflanzenbestände sowie Möglichkeiten zum Einsatz von Herbiziden. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzdienst* **19**, Berlin, 89–96.
- SINGH, M., W. L. OGREN und J. M. WIDHOLM, 1974: Photosynthetic Characteristics of several C3 and C4 Plant Species grown under different Light Intensities. – *Crop Sci.* **14**, 563–566.
- SOLYMOSI, P., und S. KOSTYAL, 1985: Mapping for atrazine resistance for *Amaranthus retroflexus* L. in Hungary. – *Weed Research* **25**, 411–414.
- STADLER, L., 1979: Der Rauhaarige Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.) wird resistent. – *Schweiz. Z. f. Wein- und Obstbau* **115**, 386–388.
- STRASBURGER, E., 1983: Lehrbuch der Botanik. – 32. Aufl., Stuttgart/New York.
- SZITH, R., 1978: Neue Unkrautprobleme im Mais. – *Der fortschritt. Landwirt* **56**, 23–25.
- TAMAKI, G., 1975: Weeds in orchards as important alternate source of Green Peach Aphids in late spring. – *Environ. Entomol.* **4**, 958–960.
- TAYLORSON, R. B., und S. B. HENDRICKS, 1969: Action of Phytochrome during prechilling of *Amaranthus retroflexus* L. seeds. – *Plant Physiol.* **44**, 821–825.
- TÜXEN, R., 1950: Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkräuter. – *Mitt. flor. soziol. Arb. Gem. NF* **2**, 94–175.
- VESELY, D., 1970a: Beziehungen zwischen der Verbreitung des Rübennematoden (*Heterodera schachtii* Schmidt) und dem Vorkommen von Wirtsunkräutern beim Nacheinanderanbau der Zuckerrübe. – *Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz* **77**, 525–530.
- VESELY, D., 1970b: Beziehungen zwischen der Verbreitung der Cercospora-Blattfleckenkrankheit der Beta-Rübe (*Cercospora beticola* Sacc.) und dem Vorkommen von Wirtsunkräutern beim Nacheinanderanbau der Zuckerrübe. – *Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz* **77**, 562–567.
- WEAVER, S. E., und E. L. MC WILLIAMS, 1980: The Biology of Canadian Weeds 44: *Amaranthus retroflexus* L., *Amaranthus powellii* S. Wats. and *Amaranthus hybridus* L. – *Can. Journ. of Plant Sci.* **60**, 1215–1234.
- WEHSARG, O., 1918: Die Verbreitung und Bekämpfung der Ackerunkräuter in Deutschland. – Arb. d. DLG Heft 294, Berlin.
- WEHSARG, O., 1954: Ackerunkräuter (Biologie) – Allgemeine Bekämpfung und Einzelbekämpfung. – Akademie-Verlag, Berlin.
- WESSON, G., und P. F. WAREING, 1969: The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. – *J. Exp. Bot.* **20**, 402–413.
- WIESE, H. F., und R. G. DAVIS, 1967: Weed emergence from two soils at various moistures, temperatures and depths. – *Weeds* **15**, 118–121.
- WOD, M. L., 1919: Chemical Constituents of *Amaranthus retroflexus* L. – *Bot. Gaz.* **68**, 313–334.