

Züchtung eines neuen Körneramaranthgenotyps - Vorgangsweise und Ergebnisse Breeding of a new genotype of grain amaranth - methodology and results

Georg Dobos¹ und Daniela M. Gimplinger²

Abstract

Grain amaranth is a niche crop which deserves closer attention due to its valuable grain components. When introducing a new crop, genotypes adapted to regional growing conditions have to be developed. This is especially evident with respect to seed maturation and plant dry down of a warm-season crop grown in a region with a temperate climate.

In Austria, the breeder G. DOBOS started breeding of amaranth in 1986. A huge variability of amaranth entries from several gene banks was available. Breeding targets were set in the following order of priority: early grain maturation, dry down of the plant, rapid juvenile growth, reduced plant height, resistance to lodging, large seed size and high popping quality. Single-plant selection resulted in the medium-late genotype AMAR which yielded well but did not show satisfying plant dry down, suitability for mechanical harvest and seed size. As seed maturation and plant dry down could not be improved by selection, cross breeding was started. This breeding program resulted in the genotypes NEUER TYP and ANDERER TYP.

Field experiments were carried out under semiarid conditions in Eastern Austria between 2002 and 2005. The objective was to compare the genotypes NEUER TYP, ANDERER TYP and AMAR (developed by Dobos) and the genotype MITTLERER TYP (developed by Baji, Tapioszele, Hungary). The developed lines differed with respect to plant height (70-170 cm), temperature sum from sowing to harvest (2000-2700°Cd), grain moisture at harvest (21-38%), thousand seed weight (0.6-1.0 g), content of crude protein (15.2-18.6%) and crude fat (5.4-8.6%), and harvestable grain yield (1600-3000 kg ha⁻¹ dry matter). The genotype NEUER TYP was characterised by reduced plant height (70-100 cm), early plant dry-down (after a temperature sum of 2000-2200°C) and early seed maturation with reduced seed moisture at harvest (21-24%), satisfying seed size and thousand seed weight (0.9-1.0 g dry matter) and high harvestable yield (1800-3000 kg ha⁻¹ dry matter).

Keywords: grain amaranth, breeding, yield, maturity, quality

Einleitung

Botanik und Verwendung

Amaranthus-Arten, die zur Familie der Fuchsschwanzgewächse gehören, können als Körnerfrüchte, als Gemüse oder als Zierpflanzen genutzt werden, hochwüchsige Formen auch als Futter- und Energiepflanzen. Für die Körnernutzung, die in diesem Beitrag behandelt wird, werden folgende Arten herangezogen: *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* und *A. caudatus*. Wie Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) und Quinoa (*Chenopodium quinoa*) wird Körneramaranth zu den „Pseudocerealien“ gezählt, weil seine kohlehydratreichen Körner ähnlich wie Getreide verwendet werden.

Amaranth als „Alternativkultur“ in Österreich

Mit der Züchtungsarbeit, wozu im weiteren Sinne auch die Prüfung von über 100 Herkünften gehörte, begann Dobos bereits 1986 (DOBOS 1992, DOBOS 1997). Anlass dafür war eine Anfrage aus der Industrie bzw. die Entwicklung des

Marktes, der sich damals für neue Pflanzen und Produkte öffnete. Das Interesse für „gesunde Ernährung“ rückte auch Amaranth- berechtigterweise - durch den Proteingehalt (13-19%) mit hohem Anteil an essentiellen Aminosäuren (vor allem an Lysin), durch das wertvolle Öl (5-8%) und durch den hohen Gehalt an Ca, Mg und Fe sowie Ballaststoffen ins Rampenlicht. Darüber hinaus bietet Amaranth aufgrund seiner Glutenfreiheit für Zöliakieerkrankte eine Alternative zu Getreideprodukten. Es entstand eine Marktnische - bis heute ist Amaranth ein Nischenprodukt geblieben - und gleichzeitig die Nachfrage nach Saatgut für den Anbau unter österreichischen Bedingungen.

Zuchtziele

Amaranthherkünfte weisen eine Reihe an Eigenschaften auf, die für Wildpflanzen charakteristisch sind. Eigene Untersuchungen an verschiedenen Herkünften (siehe Linienzüchtung) führten zur Formulierung von Zuchtzielen mit folgender Priorität: frühe Kornreife, Abreife der Pflanzen, niedriger Wuchs, Standfestigkeit, rasche Entwicklung nach dem Aufgang, großes Korn und gutes Popverhalten. Weitere Zuchtziele umfassen einen höheren Proteingehalt

¹ ZENO PROJEKTE, Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Angewandte Botanik und Pharmakognosie, Veterinärplatz 1, A-1210 WIEN

² Universität für Bodenkultur, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 WIEN

* Ansprechpartner: Dr. Georg DOBOS, zenoprojekte@aon.at



Abbildung 1: Variabilität innerhalb einer Herkunft

und einen hohen Gehalt an essentiellen Aminosäuren, Ausfallfestigkeit des Kornes, Kältetoleranz und einen geringen Verzweigungsgrad des Fruchtstandes.

Züchtungsmethodik

Prüfung von Herkünften - Linienzüchtung

Dank verschiedener Genbanken, vor allem dank des Rodale Research Centers (USA), stand eine sehr große genetische Variabilität zur Verfügung, sowohl zwischen den Herkünften als auch innerhalb der Herkünfte (Abbildung 1). Bei den Herkünften handelte es sich zumeist um Landsorten, teilweise aber auch um aus gezielter Kreuzungszüchtung hervorgegangene Sorten. Somit war es nahe liegend, mit einer Einzelpflanzenauslese und Pedigree-Züchtung zu beginnen, um ein möglichst rasches Ergebnis zu erzielen. Die Variabilität im Blühbeginn erstreckte sich von früh bis sehr spät, wobei einige wenige Kurztagpflanzen keinen (vor allem *A. caudatus* aus Südamerika) oder geringen Samenansatz zeigten.

Es wurde sehr bald klar, dass Amaranth als „Halbkulturpflanze“ unter Bedingungen des gemäßigten Klimas nicht abreift. Als erstes Ergebnis entstand die Selektion AMAR, ein *A. cruentus* des sogenannten „Mexikanischen Typs“, mit der 1989 die Produktion von einigen ha Amaranth begonnen werden konnte (Abbildung 2). Als mittelspäter Genotyp bewährte er sich vor allem im nördlichen Weinviertel, wo bei geeigneten pflanzenbaulichen Maßnahmen wie hoher Bestandesdichte und Wahl von trockenen Standorten mit leichten, eher mageren Böden eine Abreife erreicht werden konnte, die allerdings sehr spät, oft erst im November, erfolgte. Die späte Ernte führte häufig zu einem Zusammenbruch der Bestände und zu einer Verschlechterung der Kornqualität. In den folgenden Jahren wurde AMAR jährlich auf bis zu 100 ha eingesetzt und diente in Züchtungsversuchen als Standardsorte. Bei entsprechendem Management und guter Trocknung kann ein qualitativ wertvolles Korn geerntet werden, das sich zum Aufpoppen eignet. Dagegen bereiten die langsame Anfangsentwicklung, die deutlich durch die

Temperatur bestimmt wird, und der Konkurrenzdruck durch Unkrautamaranth große Schwierigkeiten in der Produktion, die dadurch auch mit viel Handarbeit verbunden ist. Die Abreife und der Druschzeitpunkt sind von der Witterung abhängig und variieren stark von Jahr zu Jahr.

Kreuzungszüchtung -

Entwicklung des Genotypes NEUER TYP

Trotz der hohen vorliegenden genetischen Vielfalt konnte bis 1998 keine Verbesserung des Abreifeverhaltens erzielt werden. Daher wurde nun mit der Kreuzungszüchtung begonnen. Die Mutterpflanze des neuen Zuchtprogrammes war eine extrem früh blühende Einzelpflanze, die in einer aufspaltenden späten Herkunft auftrat. Solche „Frühblüher“ treten relativ oft in Herkünften auf, sind aber als reine Linien ungeeignet, weil sie stark zu Lagerung neigen und nicht leistungsfähig im Ertrag sind.

Als Pollenspender diente eine spätreife und hochwüchsige, aber standfeste Selektion mit sehr großen Samen. Die Kreuzung wurde im Glashaus mit zu unterschiedlichen Zeitpunkten gesäten Pflanzen durchgeführt. Aufgrund eines Markers wurde die nachfolgende F_1 -Generation ausgelesen.



Abbildung 2: Genotyp AMAR

Tabelle 1: Herkunft und Eigenschaften von angepassten Genotypen

Genotyp	Art	Herkunft	Wuchshöhe (cm)	Form	Fruchtstand	Farbe
NEUER TYP	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Kreuzung	70-100	stark verzweigt		grün
ANDERER TYP	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Keuzung	80-140	apikale Dominanz		grün
MITTLERER TYP	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Kreuzung (B. Baji, Inst. for Agrobotany, Tapioszele, Ungarn)	120-170	locker mit apikaler Dominanz		orange/rot
AMAR	<i>Amaranthus cruentus</i>	Selektion aus RRC 1041 (Rodale Research Center)	120-170	apikale Dominanz		grün

Tabelle 2: Saattermin, Temperatursumme (Basis = 0°C), Vegetationstage bis zur Ernte und Kornfeuchte zur Ernte (Feldversuche zwischen 2002 und 2005)

Genotyp	Saattermin	Temperatursumme (Saat bis Ernte) (°C d)	Vegetationstage (Saat bis Ernte)	Kornfeuchte zur Ernte (%)
NEUER TYP		1950-2200	92-117	21-24
ANDERER TYP	29. April -	2100-2300	109-119	22-24
MITTLERER TYP	27. Mai	2350-2550	110-129	27-28
AMAR		2400-2700	117-145	30-38

Zunächst lag der Schwerpunkt der Selektion auf rot pigmentierten Linien, bis sich herausstellte, dass unpigmentierte Pflanzen deutlich besser abreifen und größere Samen mit einem besseren Popverhalten bilden.

Durch eine Abfolge von mehreren Generationen im Glashaus konnte nach etwa 3 Jahren (etwa F7) die Sorte NEUER TYP fertig gestellt werden, die sich auch im Anbau bewährt hat: Dieser Genotyp reift - je nach Umweltbedingungen - bereits im August oder aber spätestens Ende September ab. Er zeichnet sich durch gutes Popverhalten und durch ein hohes Tausendkorngewicht aus (siehe Tabelle 3). Im praktischen Anbau erreicht er mit durchschnittlich etwa 2000 kg ha⁻¹ den Ertrag von AMAR, weist geringere Körnerverluste und deutlich niedrigere Kornfeuchten (siehe Tabelle 2) bei der Ernte auf. Im NEUEN TYP traten vereinzelt Pflanzen mit unverzweigten Fruchtständen auf. Diese führten zur Selektion ANDERER TYP.

Prüfung ausgewählter Genotypen im Feldversuch

In den Jahren 2002 bis 2005 wurden an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß-Enzersdorf

Körneramaranthgenotypen in unterschiedlichen Saaddichten geprüft. Ziel war es, das Abreifeverhalten, das Ertragspotential, den Ernteindex, den maschinell erntbaren Ertrag sowie die Kornzusammensetzung verschiedener Genotypen zu vergleichen. Untersucht wurden die von Dobos entwickelten Genotypen NEUER TYP, ANDERER TYP und AMAR sowie der Genotyp MITTLERER TYP aus Tapioszele in Ungarn (GIMPLINGER et al. 2008).

Ergebnisse: Abreife, Ertrag und Qualität

Die Genotypen unterschieden sich in morphologischen Eigenschaften (Tabelle 1), im Abreifeverhalten (Tabelle 2), im Ertrag (Tabelle 3) und in der Kornzusammensetzung (Tabelle 4). Der stark verzweigende NEUE TYP stellte sich als besonders kurzwüchsig heraus (70-100 cm), wodurch die maschinelle Ernte erleichtert wird. Der ANDERE TYP zeigte eine mittlere Wuchshöhe, während der rot blühende MITTLERE TYP und AMAR eine Bestandeshöhe bis zu 170 cm erreichten.

Der Zeitpunkt der Kornreife und die Abreife der Pflanzen variierten stark zwischen den geprüften Versuchsgliedern: Der NEUE TYP als der früheste Genotyp konnte etwa nach einer Wärmesumme von 2000°C geerntet werden, die

Tabelle 3: Kornertrag, Ernteindex and Kornertragskomponenten (Mittel über fünf Pflanzdichten)

Jahr	Genotyp	Kornertrag* (Handernte) (g TM m ⁻²)	Kornertrag* (Drusch) (g TM m ⁻²)	Ernteindex	Beobachtete Dichte (Pfl. m ⁻²)	Kornzahl pro Pflanze	TKG* (g TM)
2002	NEUER TYP	239 a	181 b	0.39 a	8-135	16000 a	0.96 a
	MITTLERER TYP	219 a	156 c	0.26 b	7-86	21900 a	0.63 b
	AMAR	216 a	238 a	0.25 b	6-119	20000 a	0.66 b
2003	NEUER TYP	282 a	306 a	0.26 a	9-58	13500 b	1.04 a
	MITTLERER TYP	215 a	215 c	0.18 b	9-34	29800 a	0.55 b
	AMAR	289 a	277 b	0.18 b	10-36	23700 a	0.67 b
2004	NEUER TYP	295 a	252 a	0.38 a	10-80	16500 b	0.86 a
	ANDERER TYP	204 b	209 b	0.26 b	9-82	11700 c	0.83 a
	AMAR	290 a	264 a	0.27 b	8-92	22000 a	0.60 b
2005	NEUER TYP	241 a	222 a	0.37 a	7-54	16200 b	0.91 a
	ANDERER TYP	201 b	207 ab	0.31 b	8-63	12100 b	0.89 a
	AMAR	235 a	173 b	0.25 c	8-52	24300 a	0.59 b

* Trockenmasse
SNK, P=0.05 (ANOVA pro Jahr)

Tabelle 4: Kornzusammensetzung

Jahr	Genotyp	Rohprotein (N x 6.25) (%)	Rohfett (%)	Rohfaser (%)	Asche (%)	Kohlehydrate (%)
2002	NEUER TYP	15.76 b	6.08 c	3.77 a	3.12 ab	71.27 a*
	MITTLERER TYP	18.55 a	7.29 b	4.22 a	3.23 a	66.71 b
	AMAR	16.39 b	8.60 a	3.96 a	3.04 b	68.01 b
2003	NEUER TYP	15.22 c	5.40 c	3.94 a	2.73 b	72.72 a
	MITTLERER TYP	17.55 a	6.64 b	4.10 a	2.99 a	68.71 c
	AMAR	15.79 b	7.35 a	3.54 a	2.71 b	70.61 b

* SNK, P = 0.05 (ANOVA pro Jahr)

unter den gegebenen Bedingungen im Osten Österreichs etwa Ende August erreicht wurde. Zum Erntezeitpunkt lag die Kornfeuchte zwischen 21 und 24%. Der ANDERE TYP blühte etwa eine Woche später als der NEUE TYP, zeigte aber ein ähnliches Abreifeverhalten. Der MITTLERE TYP reifte etwa zwei Wochen später, der mittelspäte AMAR konnte erst nach einer Wärmesumme von mehr als 2400°C geerntet werden. Diese Summe wurde am Standort etwa Anfang bis Mitte Oktober erreicht. Zu diesem Zeitpunkt war der Bestand noch immer nicht abgetrocknet, und die Kornfeuchte lag zwischen 30 und 38%. Ein Nachtrocknen des Erntegutes war also in allen Fällen notwendig, erforderte aber beim NEUEN TYP einen geringeren Energieaufwand und führte zu höherer mikrobiologischer Qualität (GIMPLINGER et al. 2007).

Von Hand geerntete Erträge der Genotypen schwankten zwischen 2000 und 3000 kg ha⁻¹ Kornertrag (Trockenmasse). Der frühreife NEUE TYP und der mittelspäte AMAR erreichten das gleiche Ertragsniveau, zeigten sich aber den anderen Prüfgliedern überlegen. Die Druscherträge lagen zwischen 1600 und 3000 kg ha⁻¹ (Trockenmasse).

Auch hier wurde der Ertragsvorteil von den Genotypen AMAR und NEUER TYP deutlich. Kornverluste vor und während des Druschvorganges - berechnet als die Differenz zwischen Handernte- und Druscherträgen - lagen im Mittel bei 8%, waren aber stark von Umweltbedingungen abhängig und variierten zwischen 0 und 29%.



Abbildung 3: Vergleich der Abreife der Genotypen AMAR und NEUER TYP

Der kurzwüchsige NEUE TYP zeigte einen deutlich höheren Ernteindex (bis zu 0.38) als die anderen Genotypen. Bei der Analyse der Ertragskomponenten wurde deutlich, dass sich die Pflanzen nicht nur im Korngewicht, sondern auch in der Kornzahl pro Pflanze unterscheiden. Während sich der NEUE TYP und der ANDERE TYP durch große, schwere Körner mit einem Tausendkorngewicht von beinahe 1 g (Trockenmasse) auszeichneten, zeigten der MITTLERE TYP und AMAR nur ein Tausendkorngewicht um 0.6 g (Trockenmasse). Der hohe Kornertrag des NEUEN TYP basierte auf großen, schweren Körnern, während der hohe Ertrag von AMAR durch eine größere Kornzahl pro Pflanze zustande kam.

Der Rohproteingehalt variierte zwischen 15 und 19%, der Gehalt an Rohfett zwischen 5 und 9%. Der kleinkörnige MITTLERE TYP zeigte den höchsten Rohproteingehalt, der kleinsamige AMAR den höchsten Rohfettgehalt. Beim Vergleich von drei Genotypen ging eine zunehmende Korngröße mit einem reduzierten Proteingehalt und einem höheren Gehalt an Kohlehydraten einher. Zunehmende Korngröße ist offensichtlich vor allem mit einer Zunahme des stärkereichen Perisperms verbunden.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend zeigte besonders der NEUE TYP eine Reihe an agronomischen Vorteilen: Der Genotyp ist niedrigwüchsig und reift früh ab, was den Mähdrusch erleichtert. Er zeigt ein ähnliches Ertragspotential wie der mittelspäte AMAR, bietet aber den Vorteil von deutlich geringerer Kornfeuchte bei der Ernte. Darüber hinaus zeichnen sich die Samen durch ein hohes Tausendkorngewicht und ein gutes Popverhalten aus.

Literatur

- DOBOS, G., 1992: Körneramaranth als neue Kulturpflanze in Österreich. Einführung und züchterische Aspekte. PhD-thesis, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- DOBOS, G., 1997: Züchterische Bearbeitung von Körneramaranth, Quinoa und Wintermohn unter Berücksichtigung der im Laufe der Einführung auftretenden Fragen. Forschungsprojekt L 819/93. Institute of Applied Botany, University of Veterinary Sciences, Vienna.
- GIMPLINGER, D.M., G. SCHULTE auf'm ERLEY, G. DOBOS and H.-P. KAUL, 2008: Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *European Journal of Agronomy* 28, 119-125.
- GIMPLINGER, D.M., G. DOBOS, R. SCHÖNLECHNER, H.-P. KAUL, 2007: Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. *Plant, Soil and Environment* 53, 105-112.