

Gebildete, geerntete und verwertbare Kornerträge der Pseudocerealien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) in Abhängigkeit von pflanzenbaulichen Maßnahmen

J. H. Lee, W. Aufhammer und E. Kübler

Produced and utilizable grain yields of pseudocereals

1. Einleitung

1.1 Kenntnisstand

Das Korngut der Pseudogetreidearten ist unter verschiedenen Gesichtspunkten ernährungsphysiologisch hoch interessant (LEE, 1995). Im Anbau können jedoch bei Buchweizen, Reismelde und Amarant teils erhebliche Kornverluste durch Ausfall vor und beim Drusch auftreten (KATSOV und KLUS, 1989; PUTNAM, 1990; AUFHAMMER und KÜBLER, 1991; AUFHAMMER et al., 1995). Hinzu kommen die Abgänge bei der Aufbereitung des geernteten Kornguts durch Sortierung und Schälung bzw. durch das Abschleifen der Fruchtschale (Polieren) bei Reismeldesorten mit höherem Saponingehalt. Darüberhinaus ist eine Abhängigkeit des Verlustausmaßes von der Produktions-

technik, z. B. der Bestandesdichte und der N-Versorgung vorstellbar. Hohe Bestandesdichten reduzieren aufgrund von Konkurrenz um Wachstumsfaktoren die Verzweigung, steigendes N-Angebot wirkt gegensätzlich. Eine ausgeprägte Verzweigung erhöht die Verluste, da sie zu sukzessivem, längerfristigem Abreifeverlauf führt. Zur Ertragsreaktion der genannten Pseudogetreidearten auf unterschiedliche Bestandesdichten und steigendes N-Angebot wurden unter den divergierenden Aufwuchsbedingungen verschiedener Regionen der Welt erheblich variierende Befunde ermittelt (BRESSANI et al., 1987; EDWARDS und VOLAK, 1979; ELBEHRI et al., 1993; KAUL et al., 1994; MAKUS, 1990; RISI und GALWEY, 1991 a und b, SPORY, 1992). Gezielte und vergleichbare Ergebnisse zu den Auswirkungen auf die Ertragsverluste der Arten sind nicht bekannt.

Summary

Produced, harvested and utilizable grain yields of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) as affected by production techniques.

Harvesting and separation processes and combined losses of grain yields of the pseudocereals buckwheat, quinoa and amaranth as compared to the cereal oats were investigated. A two years factorial field experiment including the four species represented by two cultivars each, two planting densities and two nitrogen fertilisation levels was conducted. Losses were calculated as differences between the categories „produced grain yield“ (samples harvest by hand), „harvested grain yield“ (plots harvested by combine), „marketable grain yield“ (separation of grains) and „utilizable grain yield“ (shelling of grains). The necessary treatments and processing of grains varied greatly at the four species. Comparatively processing was most complicated at buckwheat. Total losses of grain yield amounted to 40 – 50% at this species, at quinoa and amaranth total losses moved between 35 and 40%. Similar losses were measured at the spelted oats cultivar, remarkably smaller remained the losses at the naked oats cultivar. Besides of oats the differences between the two cultivars within species and the effects of production techniques were small in relation to the differences between species and the effects of years.

Key words: Pseudocereals, buckwheat, quinoa, amaranth.

Zusammenfassung

An Korngut der Pseudogetreidearten Buchweizen, Reismelde und Amarant wurden im Vergleich zur Getreideart Hafer die artspezifisch notwendigen Verfahrensschritte der Korngutaufbereitung erarbeitet. Darüberhinaus wurden die im Zuge von Ernte- und Aufbereitungsverfahren entstehenden Kornmasseverluste in Abhängigkeit von den Versuchsjahren und der Produktionstechnik vergleichend untersucht. Die zweijährig faktoriellen Feldversuche umfaßten die vier Arten mit je 2 Sorten, 2 Bestandesdichten und 2 N-Düngungsstufen. Die Verluste an Kornmasse wurden als Differenzen zwischen den Kornertragskategorien „gebildeter Kornertrag“ (Probeschnitt von Hand), „geernteter Kornertrag“ (Parzellendrusch), „marktfähiger Kornertrag“ (artspezifische Sortierung) und „verwertbarer Kornertrag“ (artspezifische Schälung und Sortierung) ermittelt. Der Aufbereitungsaufwand erwies sich in erheblichem Maße artenverschieden. Die größten Schwierigkeiten resultierten bei Buchweizen. Diese Art wies auch mit 40–50 % die größten Verluste an Kornmasse (Differenzen zwischen dem gebildeten und dem verwertbaren Kornertrag) auf. Bei Reismelde und Amarant lagen die entsprechenden Werte zwischen 35 und 40 %. Vergleichbar groß waren die Verlustanteile bei der Spelzhafersorte, wesentlich geringer blieben die Anteile mit bis zu 20 % bei der Nackthafersorte. Vom Hafer abgesehen blieben die Sortenunterschiede innerhalb der Arten und die Effekte der Produktionstechnik in Relation zu den Artunterschieden und den Jahreseffekten gering.

Schlagworte: Pseudogetreidearten, Buchweizen, Reismelde, Amarant.

1.2 Problemstellung

Die Frage nach der Leistungsfähigkeit von Buchweizen, Reismelde und Amarant beinhaltet das artspezifische Verlustpotential an Kornmasse vor und bei der Ernte sowie bei der Aufbereitung. Der nachfolgend dargestellte Ergebnisausschnitt aus einer zweijährigen Feldversuchsanlage ist auf folgende Fragen ausgerichtet:

- Das Korngut der Pseudogetreidearten unterscheidet sich erheblich hinsichtlich Korngröße und -aufbau. Das Tausendkorngewicht liegt bei Buchweizen bei 25 g, bei Reismelde um 3 g und bei Amarant um 1 g. Welche korngut-spezifischen Verfahrensschritte verlangt die Aufbereitung von gedroschenem Korngut zu verwertbarem Korngut?
- Welches artspezifische Ausmaß erreichen die Differenzen zwischen dem gebildeten und dem schließlich verwertbaren Kornertrag unter den definierten Aufwuchsbedingungen eines gemäßigten Standortes?
- Wie weit sind die Kornerträge und die Verluste durch produktionstechnische Maßnahmen beeinflussbar?

Die Verfahren zur Korngutaufbereitung wurden am Erntegut faktorieller Feldversuche erarbeitet, einsetzbare Methoden hierzu und artspezifische Qualitätsmaßstäbe waren nicht bekannt.

2. Material und Methoden

2.1 Feldversuchsanlage

Die faktoriellen Feldversuche wurden mit 4 Wiederholun-

gen in den Vegetationsperioden 1992 und 1993 auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof durchgeführt. Die Basis bildeten die Pseudogetreidearten Buchweizen, Reismelde und Amarant, ergänzt durch die Getreideart Hafer. Der Hafer, eine – wie die Pseudogetreidearten – ernährungsphysiologisch hoch interessante Körnerfruchtart wurde als an die Aufwuchsbedingungen angepaßte Art hinzugenommen. Die herangezogenen Sorten sowie die produktionstechnischen Varianten enthält Tabelle 1. Jede Art wurde durch zwei leistungsfähige Sorten repräsentiert. Die Abstufung der Bestandesdichten und der N-Düngungsvarianten erfolgte artspezifisch unter Berücksichtigung von Informationen aus vorausgegangenen Versuchen. Die Tabelle enthält die angestrebten sowie die erzielten Pflanzen- bzw. Rispenzahlen/m². Aufgrund erheblicher Aufwuchsprobleme lagen die tatsächlichen Pflanzenzahlen teilweise unter den vorgesehenen Dichten. Im Rahmen der in der einschlägigen Literatur genannten Variationsbreite wurden jedoch in allen Fällen zur Körnernutzung geeignete Bestände etabliert. Allerdings blieb die Abstufung der Bestandesdichten bei Reismelde und Amarant im Versuchsjahr 1992 zu gering.

2.2 Erfasste Parameter

Der gebildete Kornertrag wurde an Probeschnitten ermittelt. Der Parzellendrusch erfolgte im Versuchsjahr 1992 mit dem Parzellenmähdrescher „Seedmaster“ der Firma Walter und Wintersteiger (Baujahr 1978). Im Versuchsjahr 1993 wurde der Parzellenmähdrescher „180“ der Firma Hege

Tabelle 1: Faktorielle Feldversuchsanlage (Faktoren, Stufen) in den Vegetationsperioden 1992 und 1993 auf dem Standort Ihinger Hof (480 m NN)
 Table 1: Factorial design in the vegetation periods 1992 and 1993 at the experiment station Ihinger Hof (480 m NN)

Arten/Sorten/Herkunft	N-Düngung (kg N/ha) (bei einheitlich 100 kg P ₂ O ₅ /ha und 140 kg K ₂ O/ha)	Vorgesehene Pflanzenzahl/m ²	erzielte Rispen- bzw. Pflanzenzahl/m ²	
			1992	1993
<i>Buchweizen (Fagopyrum esculentum)</i>				
Hruszowska Polen (S1)	0 (keine Düngung)	100 (B1)	92	96
Emka Polen (S2) nur 1992	50 (bei beginnendem Kornansatz)	100 (B2)	97	98
Prego BRD (S2) nur 1993	0 (keine Düngung)	500 (B3)	399	417
	50 (bei beginnendem Kornansatz)	500 (B4)	428	408
<i>Reismelde (Chenopodium quinoa)</i>				
Pichaman Chile (S1)	80 (bei Knospensbildung)	15 (B1)	18	15
Faro Chile (S2)	40 (bei Knospensbildung) + 40 (bei Blühbeginn)	15 (B2)	16	15
	80 (bei Knospensbildung)	30 (B3)	19	30
	40 (bei Knospensbildung) + 40 (bei Blühbeginn)	30 (B4)	22	30
<i>Amarant (Amaranthus hypochondriacus x A. hybridus)</i>				
K 432 USA (S1)	80 (bei Knospensbildung)	15 (B1)	14	16
K 343 USA (S2)	40 (bei Knospensbildung) + 40 (bei Blühbeginn)	15 (B2)	11	14
(Plainsman)	80 (bei Knospensbildung)	30 (B3)	15	26
	40 (bei Knospensbildung) + 40 (bei Blühbeginn)	30 (B4)	15	23
<i>Hafer (Avena sativa bzw. A. s. ssp. nuda)</i>				
Bruno BRD (S1) bespelzt	40 (zur Saat) + 80 (bei Schossbeginn)	200 (B1)	387	352
Salomon BRD (S2) nackt	40 (zur Saat) + 40 (bei Schossbeginn)	200 (B2)	297	318
	+ 40 (bei Rispenschieben)			
	40 (zur Saat) + 80 (bei Schossbeginn)	350 (B3)	463	386
	40 (zur Saat) + 40 (bei Schossbeginn)	350 (B4)	356	352
	+ 40 (bei Rispenschieben)			

(Baujahr 1993) verwendet. Mit der neuen Maschine der Fa. Hege wurden bessere Siebleistungen verbunden mit reduzierten Druschverlusten und einem höheren Reinheitsgrad des Druschgutes erzielt. Das Niveau der Wassergehalte des

Tabelle 2: Wassergehalt und Besatz (Niveau-Angaben) des Kornguts von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer bei bzw. nach Drusch.

Table 2: Levels of water and rubbish content of the harvested grain material of buckwheat, quinoa and oats

	Wassergehalt	Besatz ¹⁾
Buchweizen	18–20 %	≈ 25 %
Reismelde	25–30 %	20–25 %
Amarant	> 30 %	(1992) > 50 % (1993) 20–30 %
Hafer	14–16 %	< 10 %

¹⁾ Besatz = Stengel-, Blatt-, Blütenstandsteile

Kornguts lag bei Hafer um 14 %. Bei Amarant, der Art mit der längsten Vegetationszeit, lag der Wassergehalt noch über 30 % (Tab. 2). Die geernteten Kornmassen wurden bis zur Konstanz getrocknet, gereinigt und gewogen. Zur Erfassung der Verluste, ausgehend vom gebildeten Kornertrag, wurden verschiedene Kornertragskategorien definiert. Diese umfaßten den gebildeten, den geernteten, den marktfähigen und den verwertbaren Kornertrag (Tab. 3, 4). Die Gewinnung des gebildeten und des geernteten Ertrags erfolgte bei allen vier Arten einheitlich (Tab. 3). Zur Erfassung der Kornertragskategorien mußten Geräte ausfindig gemacht und Verfahrensschritte für die Aufbereitung des Kornguts mit artspezifisch sehr unterschiedlichen Eigenschaften entwickelt werden. Die Definition des marktfähigen und des verwertbaren Kornertrags enthält Tabelle 4. Da zur Definition der Kornqualität der Arten nur sporadisch Angaben vorlagen, wurde Kornmaterial aus Reformhäusern zur Klärung z. B. von Sortierbreiten und weiteren Qua-

Tabelle 3: Erfassung und Definition des gebildeten und des geernteten Korntrags bei Buchweizen, Reismelde, Amaranth und Hafer
 Table 3: Determination of the produced and harvested grain yields of buckwheat, quinoa, amaranth and oats

Arten	Gebildeter Korntrug	Geernteter Korntrug
Buchweizen, Reismelde, Amaranth, Hafer	Probeschnitt + Ernte von Hand, Korngut getrocknet, gereinigt ¹⁾ , gewogen, umgerechnet auf absolute Trockenmasse (aTM)	Parzellendrusch mit Mähdrusch, Drusch ertrag getrocknet, gereinigt ¹⁾ , gewogen, umgerechnet auf absolute Trockenmasse (aTM)

1) Reinigung = Beseitigung von Erde und vegetativen Pflanzenteilen

Tabelle 4: Erfassung und Definition des marktfähigen und des verwertbaren Korntrags bei Buchweizen, Reismelde, Amaranth und Hafer
 Table 4: Determination and definition of the marketable and utilizable grain yields of buckwheat, quinoa, amaranth and oats

Arten	Marktfähiger Korntrug	Verwertbarer Korntrug
Buchweizen	Geernteter Korntrug abzüglich: Schmach- und Bruchkörner (= ungeschälte Körner < 4,0 mm Korn ø)	Marktfähiger Korntrug abzüglich: ungeschälte Körner, Bruchkörner und Schalen
Reismelde	Geernteter Korntrug abzüglich: Schmach- und Bruchkörner (= ungeschälte Körner < 1,5 mm Korn ø)	Marktfähiger Korntrug abzüglich: Schmach- und Bruchkörner (geschälte Körner < 1,5 mm Korn ø) und Schalen
Amarant	Alle Korngrößen wurden als marktfähig betrachtet, deshalb: Marktfähiger = Geernteter Korntrug	Keine weitere Bearbeitung erforderlich, deshalb: Verwertbarer = Geernteter Korntrug
Hafer	Spelzhafer: Geernteter Korntrug abzüglich: Schmach- und Bruchkörner (= ungeschälte Körner < 1,8 mm Korn ø) Nackthafer: da Anteil an Körnern < 1,8 mm Korn ø minimal, keine Aussortierung, deshalb: Marktfähiger = Geernteter Korntrug	Spelzhafer: Marktfähiger Korntrug abzüglich: nicht entspelzte Körner und Spelzen Nackthafer: Keine weitere Bearbeitung erforderlich, deshalb: Verwertbarer = Geernteter Korntrug

litärskriterien herangezogen. Im Gegensatz zu Nackthafer und Amaranth sind bei Buchweizen und Reismelde die Fruchtschale und bei Spelzhafer die Spelzen zu entfernen. Die aufwendigen Verfahrensschritte enthält Tabelle 5.

3. Ergebnisse

3.1 Sortierung des Kornguts von Pseudogetreidearten in Abhängigkeit von den Versuchsjahren und der Produktionstechnik

Die Bedeutung der Kalibrierung des Buchweizenkornguts vor dem Schälens zeigen die Ergebnisse in Tabelle 6. Hohe Anteile ganzer geschälter Körner setzten bei Buchweizen eine enge Kornkalibrierung, eine präzise Einstellung des Scheibenabstands im Schälgerät auf die jeweilige Korngröße und eine gleichmäßige Korngutdosierung voraus. Der Anteil ganzer, geschälter Körner unterlag mit abnehmender Korngröße zunächst keiner eindeutigen Veränderung. Bei kleinen Körnern wurde sortenabhängig ein deutlich verminderter Anteil ganzer geschälter Körner zugunsten der Fraktion ungeschälter Körner ermittelt. Bei der größerkörnigen Sorte Emka stieg der Anteil ungeschälter Körner langsamer an, als bei der Sorte Hruszowska. Jedoch wies die tetraploide Sorte Emka (1992) in allen Kornfraktionen um 3–4 % höhere Schalenanteile auf. Gleichzeitig lag bei den großkörnigen Fraktionen der Sorte Hruszowska ein Ausbeuteunterschied an ganzen geschälten Körnern in der Größenordnung von 10–13 % zwischen den beiden Jahren vor. Da neben Hruszowska (1992 und 1993) im Versuchsjahr 1992 die Sorte Emka und 1993 die Sorte Prego herangezogen wurde, sind hier die Ausbeutedifferenzen nicht zuzuordnen. Generell wird ein Trend zur Zunahme des Bruchkornanteils mit abnehmender Korngröße erkennbar (Tab. 6).

Bei Reismelde hing das Polierergebnis und die Sortierung des resultierenden Kornguts vorrangig von der Bürstenqualität (fein, mittel, hart) und der Polierdauer im Laborreißer ab. Zu harte Bürsten und zu langes Polieren führten zu Kornbeschädigungen und hohen Abgängen. Die Sortierung des polierten Kornguts der Reismelde und des Kornguts von Amaranth zeigte Interaktionseffekte der Sorten mit den Jahren. Bei Reismelde blieben die Unterschiede gering. Im Gegensatz zum Vorjahr differierten die marktfähigen Fraktionen der Sorten 1993, wenn auch nur geringfügig (Tab. 7). Bei Amaranth trat in beiden Jahren die Größerkörnigkeit der Sorte K 343 (S2) in den Vordergrund. Eine Anhebung der N-Düngung (B1–B2 bzw. B3–B4) bewirkte bei Reismelde

Tabelle 5: Übersicht über die Schäl- bzw. Entspelzungsverfahren bei Buchweizen, Reismelde und Hafer¹⁾

(Basis: jeweils 3 kg getrocknetes, gereinigtes Korngut des geernteten Kornerrtrags)

Table 5: Dehulling processes of grains of buckwheat, quinoa, amaranth and oats

Arten	1. Schritt	2. Schritt	3. Schritt
Buchweizen	Kalibrieren des ungeschälten Kornguts durch Rundlochsiebe mit dem „Laborluft & Siebreiniger LA-LS“ (Fa. Westrup) in die Fraktionen: <ul style="list-style-type: none"> • >5,5; 5,5–5,0; 5,0–4,5; 4,5–4,0 mm Korn ø (Marktfähiger Kornerrtrag) • <4,0 mm Korn ø (Schmacht- und Bruchkörner, nicht marktfähige Ware) 	Schälen bei exakter Anpassung des Scheibenabstands an die Korngrößenfraktionen mit dem „Schmiege-Steinschäler“ (Fa. Schmiege)	Separierung des geschälten Kornguts mit „Mini-Petkus“ (Fa. Röber), „Laborluft & Siebreiniger LA-LS“ (Fa. Westrup), „Tischausleser“ (Fa. Westrup) <ul style="list-style-type: none"> • ungeschälte Körner²⁾ • geschälte Körner (Verwertbarer Kornerrtrag) • Bruchkorn (nicht verwertbare Ware)²⁾ • Schalen (Restprodukte)
Reismelde	Separieren des ungeschälten Kornguts durch Rundlochsiebe mit dem Laborluft & Siebreiniger LA-LS (Fa. Westrup) <ul style="list-style-type: none"> • >1,5 mm Korn ø (Marktfähiger Kornerrtrag) • <1,5 mm Korn ø (nicht marktfähige Ware) 	Reiben = entfernen der Fruchtschalen mit dem „Laborreiber LA-H“ (Fa. Westrup)	Separieren des geschälten Kornguts über Rundlochsiebe mit dem „Laborluft & Siebreiniger LA-LS“ (Fa. Westrup): <ul style="list-style-type: none"> • >1,5 mm Korn ø (Verwertbarer Kornerrtrag) • <1,5 mm Korn ø (Schmacht- und Bruchkörner, nicht marktfähige Ware) • Schalen (Restprodukte)
Spelzhafer	Separieren des ungeschälten Kornguts durch Langlochsiebe mit der „Mini-Petkus“ (Fa. Röber) <ul style="list-style-type: none"> • >1,8 mm Korn ø (Marktfähiger Kornerrtrag) • <1,8 mm Korn ø (nicht marktfähige Ware) 	Entspelzen mit dem Preßluftentspelzer (System Weihenstephan, Eigenbau)	Separieren des entspelzten Kornguts mit dem „Laborluft & Siebreiniger LA-LS“ (Fa. Westrup): <ul style="list-style-type: none"> • nicht entspelzte Körner, nicht verwertbare Ware³⁾ • entspelzte Körner (Verwertbarer Kornerrtrag) • Spelzen (Restprodukte)

1) Das Korngut des geernteten Kornerrtrags von Amaranth und Nackthafer wurde keinen Schäl- bzw. Entspelzungsverfahren unterzogen

2) Ungeschälte Körner und Bruchkorn können zu Mehl verarbeitet werden

3) Nicht entspelzte Körner sind als Futtergetreide verwertbar

nachweislich, bei Amaranth tendenziell eine Zunahme des Anteils großer Körner um 1–2 %. Gleiches galt für Hafer auf der Basis des entspelzten Kornguts (keine Darstellung). Bestandesdichteeffekte traten nicht auf.

3.2 Gebildeter, geernteter, marktfähiger und verwertbarer Kornerrtrag in Abhängigkeit von der Produktionstechnik

Generell fielen die Kornerrträge von Reismelde über Amaranth zu Buchweizen. Das Kornerrtragsniveau von Hafer erreichten die Pseudogetreidearten nicht. Bei Buchweizen traten neben den Kornverlusten vor und bei Drusch die Trockenmasseverluste im Zuge der Schalenentfernung in den Vordergrund. Dies galt hinsichtlich der Entspelzung bei der Spelzhaferart in gleicher Weise. Bei Reismelde blieben die Trockenmasseverluste durch den Polierprozess relativ

gering, hingegen dominierten die Ausfallverluste. Bei Amaranth blieb Ausfall die alleinige Verlustursache (Abb. 1, 2).

Beträchtliche Sortenunterschiede lagen nur bei der Getreideart Hafer vor, soweit das geerntete, bespelzte Korngut der Spelzhaferart dem freidreschenden Korngut der Nackthaferart gegenüber gestellt wurde. Nach der Entspelzung konnten beim Vergleich der verwertbaren Kornerrtragmassen keine Sortenunterschiede mehr festgestellt werden. Bei den Pseudogetreidearten blieben die Sortenunterschiede durchgängig gering. Beim Buchweizen ist zu berücksichtigen, daß 1993 anstelle der Sorte Emka die Sorte Prego angebaut wurde. Jedoch wird deutlich, daß der verwertbare Kornerrtrag der Sorte Prego weder den Wert der Sorte Hruszowska im Jahr 1993, noch das Niveau des Vorjahres erreichte. Die Reismeldesorte Faro (S2) übertraf die

Tabelle 6: Anteile (%), Markfähiger Kornerntrag = 100) der verschiedenen Schälfraktionen (I-IV) des Kornguts von Buchweizen in Abhängigkeit von verschiedenen Korngrößenfraktionen, den Jahren und den Sorten

Table 6: Quota (%), marketable grain yield = 100) of dehulled grain categories (I-IV) dependent on four grain size fractions of buckwheat cultivars and seasons. I = grains with hulls, II = dehulled grains, III = broken dehulled grains, IV = hulls

Faktoren		Korngrößenfraktionen											
		> 5,5 mm			5,5 – 5,0 mm			5,0 – 4,5 mm			4,5 – 4,0 mm		
Jahr	Schäl-Frak-tionen ¹⁾	S1 ²⁾	S2	GD 5%	S1	S2	GD 5%	S1	S2	GD 5%	S1	S2	GD 5%
1992	I	13,1	6,6	1,55	22,2	14,7	1,43	17,3	14,0	2,06	27,9	26,3	n.s.
	II	51,3	59,3	1,60	55,8	59,7	1,15	58,9	52,7	1,80	48,3	42,5	1,70
	III	9,8	6,1	0,98	1,0	1,6	0,23	2,8	8,2	0,97	6,0	11,6	1,25
	IV	25,8	28,0	0,61	21,0	24,0	0,39	21,0	25,1	1,01	17,8	19,6	0,91
1993	I	8,9	8,1	n. s.	8,4	6,8	0,93	7,9	5,5	2,16	14,5	7,2	0,83
	II	65,0	63,4	1,48	65,2	65,6	n. s.	58,5	61,2	1,15	41,0	51,6	1,39
	III	1,4	2,8	1,29	3,0	3,0	n. s.	9,7	8,2	1,10	20,8	15,6	0,99
	IV	24,7	25,7	0,98	23,3	24,6	0,44	23,9	25,1	0,82	23,8	25,6	0,63

1) I = ungeschälte Körner; II = ganze geschälte Körner; III = Bruchkörner(=Grütze); IV = Schalen

2) S1 = Hruszowska; S2 = Emka (1992), Prego (1993)

Tabelle 7: Korngrößenanteile (%), Verwertbarer Gesamtkornerntrag = 100) von Reismelde (geschält) und Amarant in Abhängigkeit von den Versuchsjahren, den Sorten und den Behandlungen (Bestandesdichte und N-Düngung; vgl. Tab. 1)

Table 7: Quota (utilizable grain yield = 100) of grain size fractions of quinoa and amaranth dependent on seasons, cultivars and treatments

Faktoren	Korngrößenfraktionen (mm)					
	Reismelde			Amarant		
	verwertbarer Kornerntrag		nicht v. K. 1)	verwertbarer Kornerntrag		
	> 2.0	2.0–1.5	< 1.5	> 1.25	1.25–1.15	< 1.15
1992 S1	7,72	83,9	8,35	7,0	79,5	13,5
S2	7,47	83,8	8,71	29,7	67,6	2,7
1993 S1	7,09	88,3	4,64	10,6	72,5	16,9
S2	9,78	85,7	4,52	40,1	55,5	4,3
GD 5 %	1,22	0,93	n. s.	2,4	2,1	n. s.
B1	7,20	89,9	6,86	20,5	69,4	10,1
B2	9,25	84,8	6,00	22,5	68,1	9,4
B3	7,05	86,1	6,80	21,6	69,5	8,9
B4	8,56	84,9	6,56	22,8	68,2	9,1
GD 5 %	1,44	n. s.	0,51	n. s.	n. s.	n. s.

1) nicht verwertbarer Kornerntrag

Sorte Pichaman (S1) 1993 deutlicher im verwertbaren Kornerntrag als 1992 (Abb. 1).

Höhere Bestandesdichten hoben bei der Getreideart Hafer nicht die gebildeten, wohl aber die geernteten sowie die vermarkt- und die verwertbaren Kornernträge an, N-Düngungseffekte traten nicht auf. Bei den Pseudogetreidearten blieben die Effekte des N-Angebots und der Bestandesdichte relativ gering (Abb. 2). Bei Buchweizen förderte die N-Gabe von 50 kg/ha offensichtlich die Kornerntragsbildung. Jedoch zeigten die gebildeten Kornernträge wesentlich größere Unterschiede als die marktfähigen und die verwertbaren Kornernträge. Die Kornernträge der Reismelde stiegen in den verschiedenen Ertragskategorien mit angehobener N-Düngung und höherer Bestandesdichte schrittweise, teils nachgewiesen, jeweils aber nur in geringem Ausmaße an (Abb. 2). Beim Amarant trat weder ein N-Düngungs- noch ein Bestandesdichteeffekt zu Tage.

3.3 Verluste an Korntrockenmasse in Abhängigkeit von den Arten

Mit Niveauunterschieden zwischen den Jahren lagen die Kornmasseverluste durch Ausfall vor und bei der Ernte bei Buchweizen und Reismelde zwischen rund 15 und 25 %, bei Amarant zwischen 30 und 40 %. Diese Verluste blieben bei der bespelzten Sorte der Getreideart Hafer in beiden Jahren unter 10 %, Nackthafer wies allerdings dem Buchweizen vergleichbar hohe Ausfallverluste auf (Tab. 8).

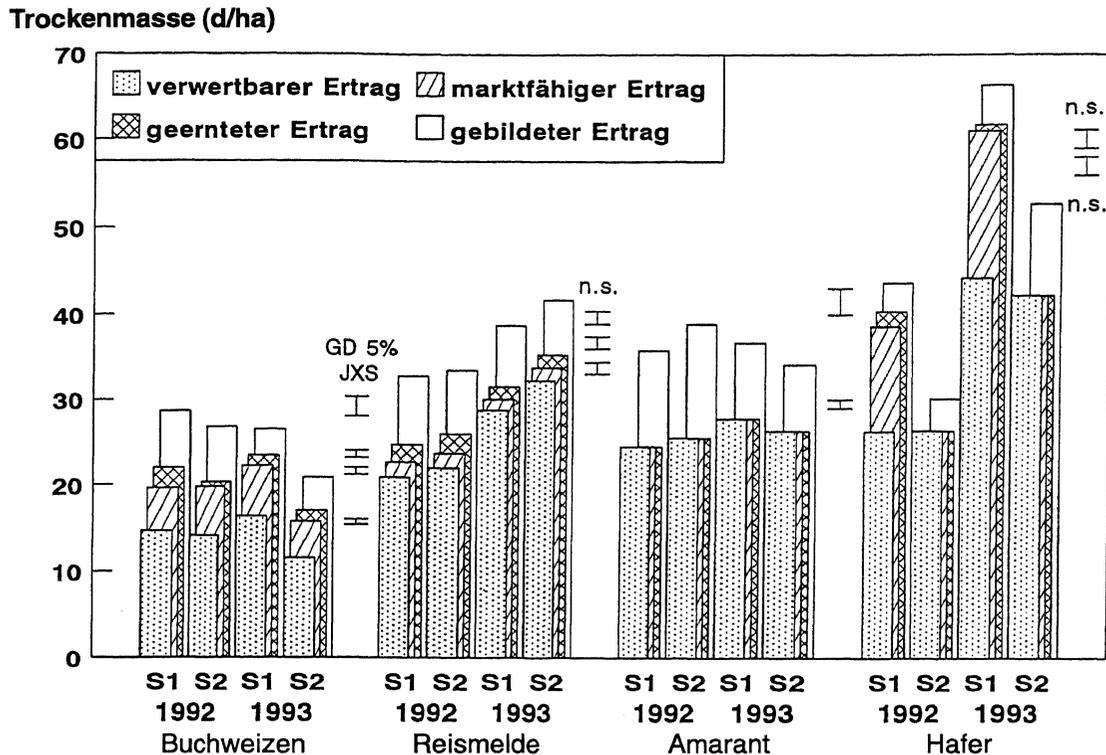


Abbildung 1: Kornerträge von Buchweizen, Reismelde, Amaranth und Hafer in Abhängigkeit von den Jahren und den Sorten
 Figure 1: Grain yields of buckwheat, quinoa, amaranth and oats dependent on seasons and cultivars

Gravierende weitere Trockenmasseverluste kamen bei Buchweizen durch die Schälung hinzu. Als verwertbare, einwandfrei geschälte Ganzkornmasse standen schließlich nur rund 50–60 % des gebildeten Kornertrags zur Verfügung, d. h. die Gesamtverluste lagen bei 40–50 %. Die Trockenmasseverluste durch das Polieren der Körner bei Reismelde erwiesen sich bezogen auf die Ausfallverluste als gering. Insgesamt resultierte ein Verlustausmaß von 25 % bis 35 %. Bei Amaranth und bei der Nackthafersorte erübrigten sich weitere Bearbeitungsmaßnahmen, daher bestimmten die Ausfallverluste das Verlustausmaß insgesamt. Die Gesamtverluste an Korntrockenmasse blieben im Arten- und Sortenvergleich bei der Nackthafersorte mit 13–20 % am geringsten. Demgegenüber ergaben sich bei der Spelzhafersorte immerhin auch Gesamtverluste von 30–40 % (Tab. 8).

4. Diskussion

Der Trocknungs- und Reinigungsaufwand für das Korngut der Pseudogetreidearten war höher als bei Hafer. Das Druschgut der Pseudogetreidearten enthielt hohe Anteile an Stengel- und Blatteilen, die Kornmasse wies hohe Feuchtigkeitsgehalte auf. Bei Buchweizen enthielt das Druschgut

beträchtliche Anteile unreifer Körner. Der enge Kontakt der kleinen Amaranthkörner mit feuchten, vegetativen Teilen erschwerte einen zügigen Trocknungsprozess erheblich. Diese Problematik wird auch in den USA diskutiert (HARWOOD, 1979; RRC, 1990).

Die Aufbereitungsverfahren für das Korngut unterschieden sich erheblich. Aufgrund des Kornaufbaus, der variierenden Korngröße und der Form verlangte das Korngut von Buchweizen ein stärker differenziertes Aufbereitungsverfahren als die anderen Pseudogetreidearten. Hohe Ausbeuten an ganzen, geschälten Körnern sind unabdingbar an eine Zerlegung des Kornguts in Korngrößen und eine gesonderte Schälung jeder Korngrößenfraktion gebunden. Die Separierung nach der Schälung war schwierig, eine Nachsortierung der ungeschälten und gebrochenen Körner von Hand mußte durchgeführt werden. Bruchkörner und nicht, oder unvollständig geschälte Körner können zu Mehlen mit unterschiedlichem Rohfasergehalt weiterverarbeitet werden. Höherwertig vermarktbar, da vielseitig verwertbar sind jedoch die ganzen geschälten Körner. Zweifellos trägt eine gleichmäßige Sortierung des geernteten Rohguts mit geringen Anteilen kleiner Körner zu reduziertem Kalibrierungsaufwand und hohen Gesamtausbeuten bei. Vermutlich wäre solches Rohgut nur von Sorten mit kurzer Blühphase und/oder

Trockenmasse (dt/ha)

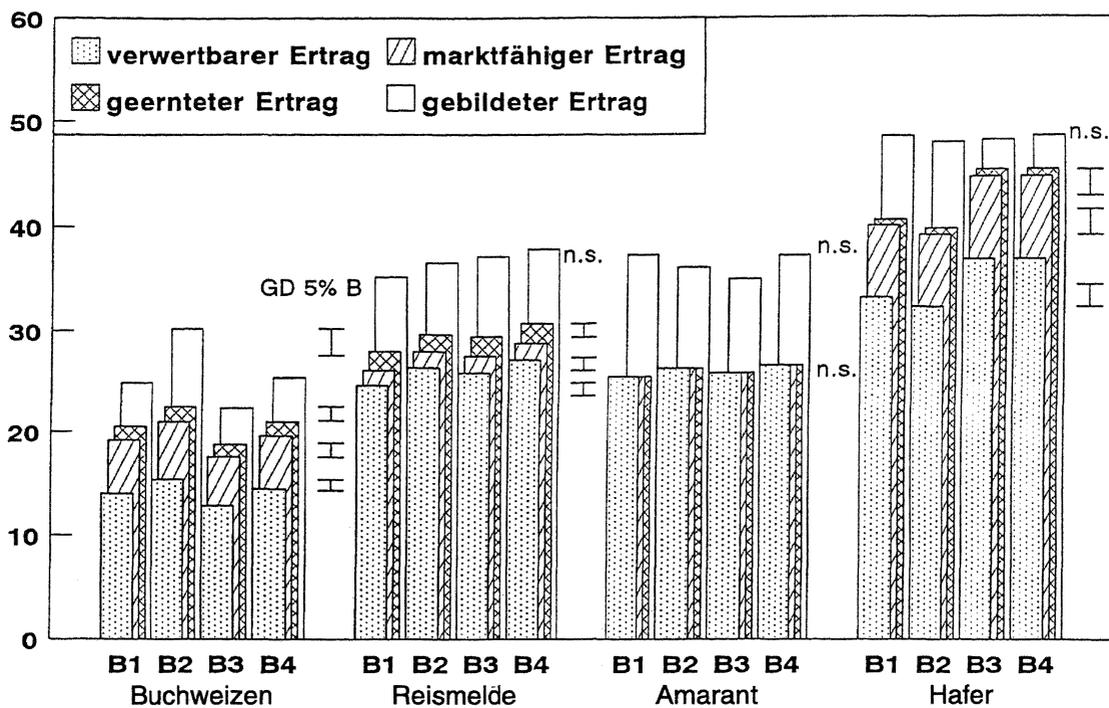


Abbildung 2: Kornerträge von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer in Abhängigkeit von den Behandlungen (Bestandesdichten, N-Düngungsstufen)

Figure 2: Grain yields of buckwheat, quinoa, amaranth and oats dependent on treatments

Tabelle 8: Trockenmasseverluste (%) zwischen den verschiedenen Kornertragskategorien von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer, in Abhängigkeit von den Jahren

Table 8: Dry matter losses (produced grain yield = 100) between grain yield categories of buckwheat, quinoa, amaranth and oats, dependent on the seasons

Kornertragskategorien	Versuchsjahr 1992										
	Buchweizen		Reismelde		Amarant		Hafer				
	abs. (dt/ha)	rel. (%)	abs. (dt/ha)	rel. (%)	abs. (dt/ha)	rel. (%)	abs. (dt/ha)	rel. (%)	abs. (dt/ha)	rel. (%)	
Gebildeter KE	27,69	100	33,08	100	37,33	100	43,68	100	30,11	100	
Geernteter KE	21,12	76	25,32	77	24,98	67	40,38	92	26,23	87	
Marktfähiger KE	19,66	71	23,16	70	24,98	67	38,59	88	26,23	87	
Verwertbarer KE	13,36	48	21,41	65	24,98	67	26,23	60	26,23	87	
	Versuchsjahr 1993										
	Gebildeter KE	23,63	100	40,19	100	35,40	100	66,39	100	52,69	100
	Geernteter KE	20,22	86	33,41	83	21,02	59	61,75	93	42,21	80
	Marktfähiger KE	18,96	80	31,88	79	21,02	59	61,03	92	42,21	80
Verwertbarer KE	13,94	59	30,47	76	21,02	59	44,24	67	42,21	80	

1) S1 = Spelzhafer, S2 = Nackthafer

unter Bedingungen, die infolge hoher Temperaturen und Wassermangel den Blühverlauf scharf begrenzen, erwartbar (AUFHAMMER et al., 1994). Die Ausbeuteunterschiede zwi-

schen den beiden polnischen Sorten können mit Unterschieden in der Form und den physikalischen Eigenschaften der Körner zusammenhängen. Differenzen im Wassergehalt wie

von MAZZA und CAMPBELL (1985) angeführt, sind unwahrscheinlich, da zur Konstanz getrocknet wurde.

Das Polieren des Kornguts saponinhaltiger Reismelde-sorten setzte die sorgfältige Abstimmung des Geräts auf das Korngut und die Überwachung des Prozesses voraus. Zu scharfes Polieren steigert den Kornmasseverlust, zu geringe Bearbeitung stellt die Verwertbarkeit aufgrund „grasigen“ Geschmacks in Frage. Insgesamt ist das Verfahren weniger aufwendig als die Aufbereitung von Buchweizen. Keiner weiteren Bearbeitung bedurfte in den vorliegenden Versuchen das geerntete, gereinigte und getrocknete Korngut von Amarant. Die fehlende Fruchtschale und die Kleinkörnigkeit schließen eine zusätzliche Bearbeitung weitgehend aus. Reduzierter Aufwand, verbunden mit der Vermeidung von Trockenmasseverlusten sind ein Faktor der ökonomischen Bewertung des Rohstoffs. Die freidreschende Hafersorte bedurfte ebenfalls keiner weiteren Bearbeitung. Der Anteil bespelzter Körner beträgt nur zwischen 1 und 3 %, die Grenze für die Vermarktbarkeit liegt bei 8 % (STOCK, 1991). Die Aufarbeitungsanforderungen von Spelzhafer sind prinzipiell mit denen von Buchweizen vergleichbar. Die Schälung mit dem Druckluftschäler ist jedoch bei guten Ergebnissen insgesamt weniger aufwendig.

Die Beantwortung der Frage nach den artspezifischen Kornmasseverlusten hängt eng mit den Ernte- und Aufbereitungsverfahren zusammen. Unter den gegebenen Aufwuchsbedingungen produzierten die Buchweizenbestände im Artenvergleich mit etwa 25 dt/ha die geringsten Kornerträge. Allerdings erfolgte die Ertragsbildung von Buchweizen, verglichen mit den anderen Arten in einer ca. 30 Tage kürzeren Vegetationszeit. Nur 50–60 % dieses relativ geringen Ertrags stellten – ohne Berücksichtigung von Bruchkörnern und ungeschälten Ganzkörnern – den verwertbaren Kornertrag dar. Dies bedeutet Kornmasseverluste von insgesamt 40–50 %. Ausfallverluste vor und bei der Ernte hatten hieran erheblichen Anteil. Die beteiligten Ursachen wurden an anderer Stelle diskutiert (AUFHAMMER et al., 1994). Im Jahr 1993 blieben die Ausfallverluste gegenüber dem Vorjahr geringer. Dies dürfte teils auf eine zügige Abreife, teils auf die verbesserte Erntetechnik zurückgehen. Für die weiteren Trockenmasseverluste erwiesen sich vorrangig die hohen Schalengehalte verantwortlich. Da die Schalengehalte – im Jahr 1992 deutlicher als 1993 – positiv mit der Korngröße korrelierten (Tab. 6), ist der Schalenanteil über die Herausnahme von Korngrößen aus dem Erntegut der untersuchten Sorten nicht entscheidend reduzierbar. Jedoch zeigte der geringere Schalengehalt der Sorte Hruszowska verglichen mit Emka, daß diese Eigenschaft über die Sortenentwicklung

beeinflusst werden kann. Begrenzte Sortenunterschiede in der Größenordnung zwischen 21 und 29 % sind bekannt (ANIKANOVA und TARASOVA, 1989; HONERMEIER, 1994). Ob die Anteile ungeschälter und gebrochener Körner, die mit abnehmender Korngröße eine Zunahmetendenz aufwiesen, durch eine weitere Optimierung der Schältechnik reduzierbar sind, müßte untersucht werden.

In der Höhe dem Buchweizen vergleichbare Ausfallverluste wurden bei Reismelde festgestellt, Amarant übertraf mit Ausfallverlusten bis zu 40 % die anderen Arten. Die sehr hohen Kornzahlen je Fruchtstand (AUFHAMMER et al., 1995) implizieren bei Reismelde und Amarant einen anhaltenden Blüh- und Abreifeverlauf. Hieraus resultieren unterschiedliche Kornreifstadien bis hin zum Ausfall früh ausgereifter Körner. In den vorliegenden Versuchen kam beim Amarant die späte Abreife erheblicher vegetativer Massen hinzu. Diese Eigenschaft verzögerte die Druschtermine und führte zu zusätzlichen Kornverlusten, da feines Kornmaterial beim Drusch an vegetativen Pflanzenteilen kleben blieb. Die Entwicklung von kurzwüchsigen Genotypen mit kleineren, gleichmäßig abreifenden Fruchtständen, festem Kornsitze und reduzierten Blatt- und Stengelmassen wären hier von Vorteil. Dies sind auch für die Anbaubedingungen in den USA vorrangige Zuchtziele (BALTENSPIERGER, 1991; BRENNER, 1991). Im Gegensatz zum Amarant kommen bei der Reismelde weitere Verluste durch den Polierprozess hinzu. Diese Problematik sollte jedoch zukünftig durch die Entwicklung saponinarmer bzw. -freier Sorten gelöst werden (WAHLI, 1990; SPORY, 1992).

Die Effekte der Faktoren Bestandesdichte und N-Düngung auf die Kornmasseverluste blieben zusammengefaßt sehr gering. Begrenzte Sorteneffekte traten – von Hafer einmal abgesehen – bei Buchweizen und Reismelde auf. Jedoch wurde mit zwei Sorten je Art nur ein minimaler Ausschnitt vorhandener genotypischer Variabilität untersucht. Andererseits sind bisher nur wenige Zuchtsorten mit ausreichender Homogenität verfügbar. Darüberhinaus wurde auf die Problematik der Erstellung einheitlicher Bestände mit hohem Feldaufgang, definierten Bestandesdichten und teils fehlender Dichtedifferenzierung hingewiesen. Nur auf der Basis solcher Bestände kann die Bedeutung von Interaktionen zwischen der Art bzw. der Sorte, den Aufwuchsbedingungen und weiteren pflanzenbaulichen Maßnahmen zuverlässig erfaßt werden. Zudem wurden die N-Düngungsstufen in den vorliegenden Versuchen artspezifisch abgestuft. Neben einer gezielten Sortenentwicklung kommt daher der produktionstechnischen Optimierung weiterhin große Bedeutung zu.

Danksagung: Herrn Dr. G. Renz und Herrn H. Kärcher danken wir ausdrücklich für die engagierte Mitarbeit bei der Beschaffung und dem Einsatz der Einrichtungen für die Korngutauflbereitung

Literatur

- ANIKANOVA, Z. and L. TARASOVA (1989): Yield and groats cooking qualities of buckwheat commercial varieties grown in the USSR. Proceedings of the 4th International Symposium on Buckwheat Orel, USSR, 11–15 July, 273–282.
- AUFHAMMER, W., H. ESSWEIN und E. KÜBLER (1994): Zur Entwicklung und Nutzbarkeit des Kornertragspotentials von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*). Die Bodenkultur 45, 37–47.
- AUFHAMMER, W. und E. KÜBLER (1991): Zur Anbauwürdigkeit von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*). Die Bodenkultur 42 (1), 31–43.
- AUFHAMMER, W., LEE, J. H., KÜBLER, E., KUHN, M. und S. WAGNER (1995): Anbau und Nutzung der Pseudocecalien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench.), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus* ssp. L.) als Körnerfruchtarten. Die Bodenkultur 46, 125–140.
- BALTENSPERGER D. D. (1991): Release of Plainsman (Pl. 538322) grain amaranth. Legacy, Vol. IV/1, 7.
- BRENNER, D. (1991): Seed shattering control with indehiscent utricles in grain amaranthus. Legacy, Vol. III/1, 2–3.
- BRESSANI, R., GONZALES, J. M., ELIAS, L. and M. MELGAR (1987): Effect of Fertilizer Application on the yield, protein and fat content and protein quality of raw cooked grain of three amaranth species. Plant Foods for Human Nutrition 37, 59–67.
- EDWARDS, A. D. and B. VOLAK (1979): Grain Amaranth: Optimization of field population density. Proceedings of the Second Amaranth Conference, Rodale Press, Inc., 91–94.
- ELBEHRI, A., PUTNAM, D. H. and M. SCHMITT (1993): Nitrogen fertilizer and cultivar effects on yield and nitrogen-use efficiency of grain amaranth. Agronomy Journal 85, 120–128.
- HARWOOD, R. R. (1979): The Present and future status of amaranth. Proceedings of the Second Amaranth Conference, Rodale Press, Inc., 153–159.
- HONERMEIER, B. (1994): Buchweizen, Empfehlungen zum Anbau. Lehr- und Versuchsanstalt für Integrierten Pflanzenbau e.V. Gütersfelde.
- KATSOV, I. and B. KLUS (1989): Determinant varieties as a new trend in buckwheat breeding. Proceedings of the 4th International Symposium on buckwheat Orel, USSR, 11–15 July, 283–287.
- KAUL, H.-P., HERZ, P., GONTARCZYK, M. und A. DALBIAK (1994): Kornertragsbildung und Stickstoffaufnahme von Amarant. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 7, 329–330.
- LEE, J. H. (1995): Ertrag und Kornqualität der Pseudogetreidearten Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) im Vergleich zur Getreideart Hafer (*Avena sativa* L.) in Abhängigkeit von Anbauverfahren. Diss. Hohenheim.
- MAKUS, D. J. (1990): Applied nitrogen affects vegetable and grain amaranth seed yield and quality. Proceedings of the 4th National Amaranth Symposium: Perspectives on production, processing and marketing, Minneapolis, Minnesota, 187–188.
- MAZZA, G. and C. G. CAMPBELL (1985): Influence of water activity and temperature on dehulling of buckwheat. Cereal Chem. 62 (1), 31–34.
- PUTNAM, D. H. (1990): Agronomic practices for amaranth. Proceedings of the 4th National Amaranth Symposium: Perspectives on production, processing and marketing, Minneapolis, Minnesota, 151–162.
- RISI, J. C. and N. W. GALWEY (1991a): Genotype x environment interaction in the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. Plant Breeding 107, 141–147.
- RISI, J.C. and N. W. GALWEY (1991b): Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. Journal of Agricultural Science, Cambridge 117, 325–332.
- RODALE RESEARCH CENTER (1990): Amaranth: Grain production guide. Rodale Research Center (Kutztown, PA 19530) and American Amaranth Institute (Bricely, MN 56014).
- SPORY, K. (1992): Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willdenow) – Bedeutung, Verbreitung, Anbau, Anbauwürdigkeit. Diplomarbeit Universität Hohenheim, Fachgebiet Spezieller Pflanzenbau.
- STOCK, H. G. (1991): Untersuchungen zur Agrotechnik von Nackthafer (*Avena sativa*) auf einem D5a-Standort Arch. Acker- Pflanzenbau, Bodenkd., Berlin 35 (6), 469–476.
- WAHLI, Ch. (1990): Quinoa hacia su cultivo comercial. Latinreco S. A. – Nestle.

Die Autoren

Jae Hak Lee, Walter Aufhammer, Ernst Kübler
 Institut für Pflanzenbau und Grünland (340) der Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, D-70599 Stuttgart.

Eingelangt am 21. September 1995
 Angenommen am 2. Oktober 1995