



Vergleich von Weizen und Dinkel sowie ihrer F_1 -Hybriden

Richard RIMLE und Andreas RÜEGGER, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich
 Jürg SCHMID und Peter STAMP, Eidgenössische Technische Hochschule, Institut für Pflanzenwissenschaften, Gruppe Ackerbau und Pflanzenzüchtung, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

Der Anbau von Dinkel ist in mittleren bis guten Ackerbaugebieten aufgrund des tieferen Ertragspotentials weniger interessant als Weizen. Nur in den Grenzlagen des Ackerbaus ist Dinkel, dank seiner guten Ertragsicherheit, dem Weizen ebenbürtig. Wenn es weiterhin gelingt, agronomisch verbesserte Dinkelsorten zu züchten und gleichzeitig die typischen Dinkelqualitätsmerkmale beizubehalten, kann ein beschränkter Dinkelanbau aufrecht erhalten, und die Nachfrage nach Dinkelmehl befriedigt werden. Unsere Arbeit zeigt, dass Weizen-Dinkel- F_1 -Hybriden verschiedene positive Eigenschaften aufweisen. Ein praktischer Anbau ist aber noch nicht möglich.

Der Dinkel (*Triticum spelta* L.), der in der Schweiz auch als Korn bezeichnet wird, ist eine traditionsreiche Brotgetreideart. Mit der Intensivierung des Ackerbaus wurde er vom gewöhnlichen Brotweizen (*Triticum aestivum* L.), der züchterisch in Ertrag und Qualität stärker bearbeitet wurde, in die Grenzlagen des Ackerbaus verdrängt. Eine vermehrte Nachfrage, wie auch die Forderung nach einer Ökologisierung der Landwirtschaft rückten den Dinkel jedoch wieder ins Rampenlicht. 1979 wurde die Dinkelzüchtung an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau (FAP) wieder aufgenommen, nachdem sie Ende der sechziger Jahre aufgegeben worden war.

Für einzelne agronomische Eigenschaften wie Standfestigkeit oder Pflanzenlänge

fehlten die geeigneten Kreuzungspartner innerhalb des Dinkelgenpools. Aus diesem Grund wurden Weizengenotypen eingekreuzt. Einige so gewonnene Zuchtsorten sind heute im nationalen Sortenkatalog aufgenommen. Doch der Rückgang der Anbaufläche in den letzten Jahren wirkte sich auch auf die Züchtung aus. Sie wurde 1994 aus finanziellen Gründen an der FAP vorläufig sistiert.

Gemäss dem Bundesamt für Landwirtschaft ist in der Schweiz ein Dinkelbedarf von 10000 t (2000 bis 2300 Hektaren) ausgewiesen, der in den letzten Jahren teilweise durch Importe gedeckt werden musste. Nebst der Eignung von Dinkel für spezielle Verwendungszwecke sprechen aber auch agronomische Gründe für einen beschränkten Anbau in der Schweiz.

Dinkel kann Weizen im Ertrag übertreffen

Der Dinkel wird in Mitteleuropa praktisch nur noch in Grenzlagen des Ackerbaus, in kühlen und nassen Regionen, in der Schweiz im Emmental, dem Kanton Luzern sowie dem Kanton Aargau, angebaut. Warum er sich in diesen Lagen halten konnte, wird allgemein mit seiner «Robustheit» begründet. Er scheint nass-kühle Bedingungen besser zu tolerieren als Weizen.

In unseren an drei Standorten durchgeführten Einzelpflanzenversuchen zeigte sich im Körnerertrag je Pflanze (Abb. 2), dass die Weizensorte Arina in der fungizidbehandelten Mittellandlage von Eschikon die Dinkelsorte Oberkulmer um über 10 % übertraf. In der Höhenlage des Emmentals in Oberwallestalden wurde Arina dagegen von Oberkulmer um etwa 10 % übertroffen. Die so gezeigte

Versuchsdurchführung

Der vorliegende Bericht ist ein Auszug aus einem Teil einer Dissertation (Rimle 1995).

- **Anbau:** Einzelpflanzenanbau in Kleinparzellen (44 cm Reihenabstand, 3,75 cm Pflanzenabstand)
- **Verwendete Sorten:** Arina, Bernina und Forno als Weizen- sowie Oberkulmer und Rouquin (Belgien) als Dinkelsorten. Zudem wurden die sechs Weizen-Dinkel- F_1 -Hybriden angebaut.
- **Standorte:** Eschikon (550 m ü. M., Fungizidbehandlung), Reckenholz (440 m ü. M., hoher Krankheitsdruck), Emmental (Oberwallestalden, 1000 m ü. M., geringer Krankheitsdruck).
- **Geerntete Pflanzen:** 24 Pflanzen je Sorte oder Kreuzung je Standort; sechs Pflanzen pro Parzelle, vierfach wiederholt.

Lexikon

Weizen-Dinkel- F_1 -Hybride	F_1 -Pflanzen der Kreuzungen zwischen Weizen (Mutter) und Dinkel (Vater)
Ökovalenz	Wechselwirkung (gegenseitige Abhängigkeit) zwischen Genotyp (Sorte) und Umwelt
Relative Heterosis (RH)	Prozentuale Mehrleistung der F_1 -Hybriden gegenüber dem Mittel der beiden Elternsorten
Blütenprimordien	Blütenanlagen nach ihrer Differenzierung (frühes Schossstadium)



Abb. 1. Ährenvergleich: Weizensorte Bernina (links), Dinkelsorte Oberkulmer (rechts) sowie deren F_1 -Hybride (Mitte). Die Hybridähre ist äusserlich immer der Dinkelähre (lang und locker) ähnlich, in den Eigenschaften Spindelbruch und Spelzenschluss gleicht sie aber meist der Weizenähre (zäh-freidreschend).

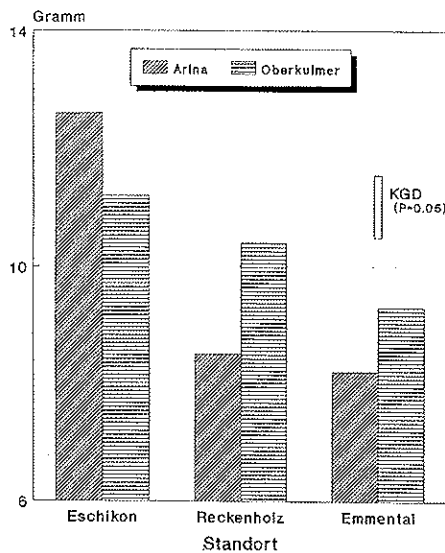


Abb. 2. Körnerertrag je Pflanze der Weizensorte Arina und der Dinkelsorte Oberkulmer (ohne Spelzen) an drei Standorten 1993; Eschikon (550 m ü. M., Fungizidbehandlung), Reckenholz (440 m ü. M., hoher Krankheitsdruck), Emmental (Oberwallestalden, 1000 m ü. M., geringer Krankheitsdruck).

unterschiedliche Ertragsreduktion dieser beiden Sorten trat ähnlich auch zwischen den Standorten Eschikon und Reckenholz auf. Am Reckenholz war, durch die Anpflanzung von Infektionsreihen, ein ständig hoher Krankheitsdruck vorhanden. Die, im Vergleich zu den angebauten Weizensorten, geringere Anfälligkeit der Dinkelpflanzen gegenüber Mehltau sowie Gelb- und Braunrost (Rimle 1995; Schmid *et al.* 1994) führte hier zu einer geringeren Beeinträchtigung der Assimilation und somit zu höheren Erträgen. Die Ertragsunterschiede zwischen den Standorten Eschikon, Reckenholz und Oberwallestalden waren bei den Weizensorten immer stärker als bei den Dinkelsorten (Rimle 1995). Der Dinkel scheint sich demnach dank einer so nachgewiesenen guten Ertragsstabilität (gute Ökovalenz) für ungünstige Lagen zu eignen. Nicht ausser Betracht gelassen werden darf aber das generell tiefere Ertragsniveau des Dinkels, das bei Drillsaat noch auffälliger ist. Ein Beitrag zur Erhaltung des Dinkelanbaus in den Randgebieten lässt sich längerfristig nur über im Ertrag verbesserte Sorten erreichen.

Dinkel und Weizen: agronomisch stark verschieden

Eine gezielte Züchtung könnte den ertragsmässigen Vorteil des Dinkelanbaus in Grenzlagen des Ackerbaus noch verstärken. Die Gründe für diesen Ertrags-

Tab. 1. Phänotypische Charakterisierung der Dinkel- und Weizensorten bei Einzelpflanzenanbau (Durchschnittswerte der drei Standorte)

Merkmal	Weizensorten			Dinkelsorten		KGD p = 0,05
	Arina	Bernina	Forno	Oberkulmer	Rouquin	
Feldaufgang (%)	76	68	71	78	76	5
Bestockungstrieb ¹	8,1	9,2	7,5	9,9	13,7	1,2
Triebzahl/m ²	370	376	320	464	625	15
(nach der Bestockung) ährentragende Halme ¹	6,2	5,9	5,8	6,2	8,8	0,6
Ährenschienen ³	149,3	149,9	147,6	151,8	153,0	0,9
Blüte ³	155,5	155,6	153,6	156,8	157,0	0,7
Halmlänge ² (cm)	107,1	97,5	93,6	164,1	138,5	3,5
Ährenlänge ² (cm)	11,6	10,9	10,4	18,8	14,3	0,9
Ährchenzahl ²	20,5	25,0	23,5	23,8	22,8	0,6
Ährchendichte ^{2,4}	17,7	22,9	22,6	12,7	16,0	0,8
Kornzahl ²	53,5	71,4	51,6	40,8	44,2	2,5
Tausendkorngewicht ²	38,6	34,9	40,5	56,6	49,5	1,6
Kornzahl/Ährchen ²	2,6	2,9	2,3	1,7	2,0	0,1
Körnerertrag ² (g)	2,07	2,49	2,10	2,30	2,17	0,16
Körnerertrag ¹ (g)	9,7	10,5	9,6	11,0	13,4	1,3
Ernteindex ^{1,5}	40,0	40,8	41,0	33,3	37,9	1,9
Spindelbruch	zähe Spindel			brüchige Spindel		
Spelzenschluss	freidreschend			keine freidreschenden Körner		

¹ erhoben an Einzelpflanzen

² erhoben am Haupttrieb

³ Tage nach erstem Januar

⁴ Anzahl Ährchen je 10 cm Spindel

⁵ % Trockenmasse der Körner an der gesamten oberirdischen Biomasse

⁶ belgische Sorte, nicht im nationalen Sortenkatalog der Schweiz

vorteil müssen aber erst genauer erforscht werden. Die von Rüegger *et al.* (1990a; 1990b) beschriebene bessere Auflaufkraft (Toleranz gegenüber Sauerstoffmangel, grosse Körner, Schutz durch die Spelzen) des Dinkels gegenüber dem Weizen ergab in unseren Feldversuchen nur einen geringfügig besseren Feldaufgang (Tab. 1). Dies deshalb, weil wir auch den Dinkel als nackte Körner gesät haben. Bei den Dinkelsorten konnte aber meist eine deutlich höhere Bestockungsrate festgestellt werden. Entweder ist der Feldaufgang besser oder es gibt eine stärkere Bestockung. Beide verwendeten Dinkelsorten erreichten dadurch deutlich grössere Triebzahlen pro Fläche als die Weizensorten. Dies zeigt, dass der Dinkel fähig ist, eine durch ungünstige Bedingungen bei Saat und folgender Überwinterung verursachte tiefe Pflanzenzahl durch die Bestockung noch zu korrigieren. Negativ für die Ertragssicherheit fällt aber die grosse Halmlänge und demzufolge die bekannt schlechte Standfestigkeit ins Gewicht. Mit Stütznetzen wurde in diesen Versuchen die Lagerung jedoch verhindert, was den Dinkel versuchsbedingt leicht bevorzugte.

Der Hauptgrund für die bessere Ökovalenz des Dinkels liegt wohl in der vom Weizen verschiedenen Ertragsstruktur.

Der Dinkel bildet wenige, dafür grosse Körner; Weizen viele, dafür kleine, leichte Körner (Tab. 1). Da nur geringe Unterschiede in der Ährchenzahl bestanden, zeigte sich diese Verschiedenheit im Merkmal Körner pro Ährchen in ähnlicher Weise. Die beiden Dinkelsorten erreichten durchschnittlich höchstens zwei Körner pro Ährchen, während die drei Weizensorten mit 2,3 bis 2,9 immer deutlich mehr Körner bildeten.

Aufhammer und Kübler (1992) zeigten, dass Weizen und Dinkel etwa gleich viele Blüten aufweisen, Dinkel aber weniger Körner ausbildet als Weizen. Dies möglicherweise deshalb, weil durch eine hohe Bestockungsrate die Blütenprimordienbildung konkurrenziert wird, was dazu führt, dass die Primordien schlechter ausgebildet werden. Nach Aufhammer und Zoschke (1987) reagiert dann ein Speichersystem mit geringer Kornzahl weniger empfindlich auf leistungsbegrenzende Umweltbedingungen, da ein von der Umwelt stark variierbares Phytohormonsystem sich nur auf die Kornfüllung der distalen (oberen) Körner innerhalb der einzelnen Spindelstufe auswirkt. Dinkel, der ohnehin nur zwei Körner pro Ährchen ausbildet, ist deshalb davon kaum betroffen. Der Weizen dagegen umso mehr, da so die Füllung seiner distalen Körner be-

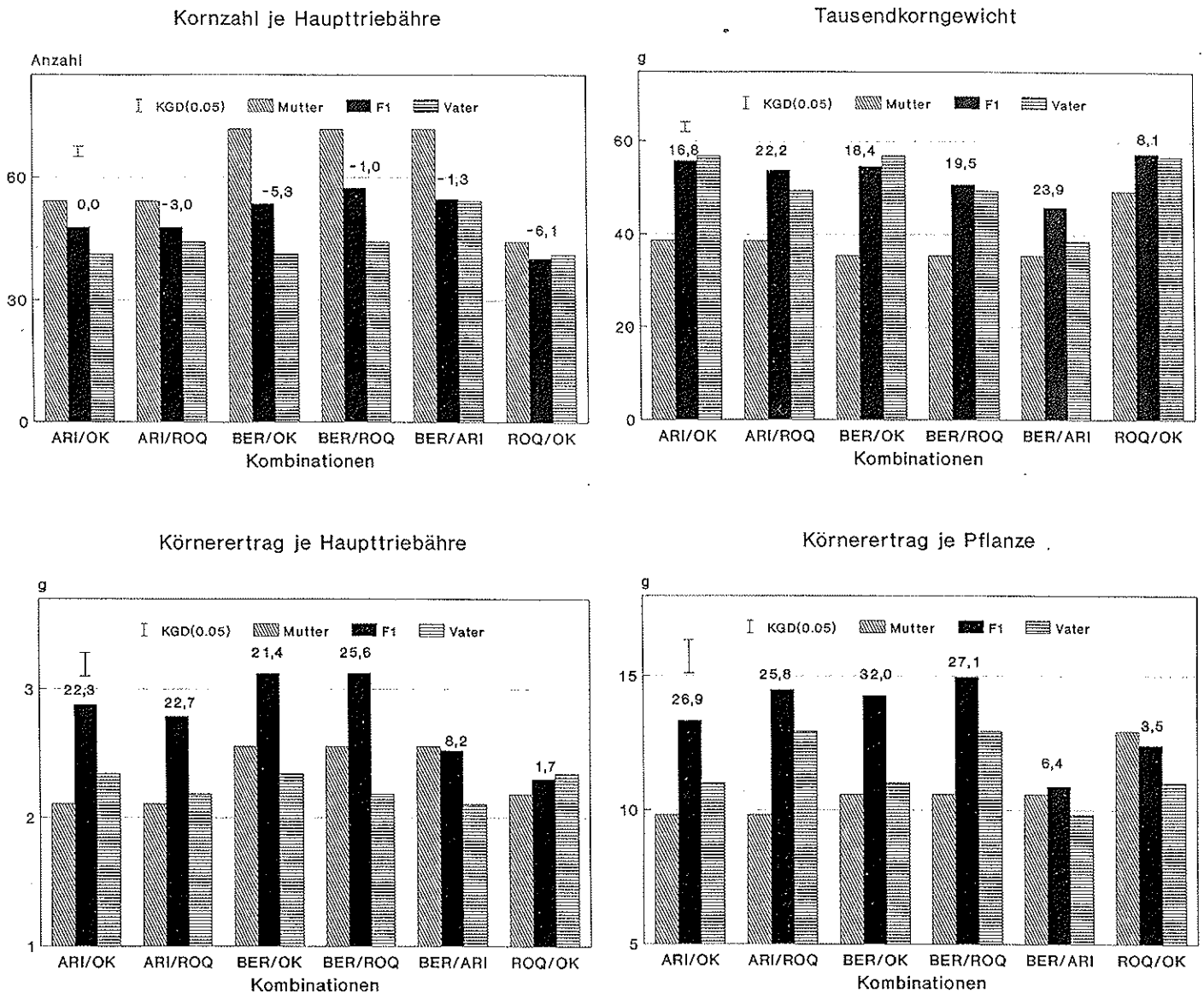


Abb. 3. Kornzahl, Tausendkorngewicht und Körnerertrag je Haupttrieb sowie Körnerertrag je Pflanze von F₁-Hybriden und ihren Elternsorten von Weizen-Dinkel-Kombinationen. Die Zahlen über den Balken zeigen die relative Heterosis. Weizeneltern: ARI=Arina, BER= Bernina; Dinkel Eltern: OK=Oberkulmer, ROQ=Rouquin.

einträchtig sein kann. Dies schlägt sich in variablen Tausendkorngewichten des Weizens nieder, da zugleich das Wachstum seiner proximalen (unteren) Körner der Spindelstufen als limitiert erscheint (Aufhammer und Zoschke 1987). Borgmann (1986) erklärt die starke Umweltabhängigkeit in der Füllung der distalen Körner dadurch, dass sie im Gegensatz zu den proximalen Körnern keine direkte Phloemverbindung* an die Leitgefäße der Spindelachse besitzen.

Im vorliegenden Versuch bestätigte sich diese These, weil die Variation des Körnerertrags fast ausschliesslich auf variable Tausendkorngewichte zurückzuführen

ren war und die Kornzahlen an den drei Anbauorten konstant blieben (vgl. Rimle 1995).

Aus diesen Gründen ist es auch fraglich, ob bei der Dinkelzüchtung mit der Einkreuzung von Weizen die gute Ökovalenz des Dinkels erhalten werden kann. Wenn das Ertragsniveau durch eine Erhöhung der Kornzahl verbessert wird, könnte die Ertragssicherheit negativ beeinflusst werden. Gerade für höhere Lagen ist aber letztere ebenso wichtig wie das Ertragsniveau. Es muss daher auch in dieser Hinsicht der typische Dinkelcharakter in der Züchtung weiter berücksichtigt werden. Erhalten werden müssen ebenso die dinkeltypischen Eigenschaften der Ähren (Spelzenschluss und Spindelbruch; Tab. 1), die Backeigenschaften und die In-

haltsstoffe (Proteingehalt und Proteinqualität). Denn wenn wir den Dinkel als Spezialität, als sogenanntes Nischenprodukt vermarkten können, scheint zurzeit der Anbau berechtigt zu sein.

Weizen-Dinkel-F₁-Hybriden erfolgversprechend?

Die Kreuzung zwischen Weizen und Dinkel ist trotz grosser morphologischer und agronomischer Unterschiede gut möglich. Die meisten neuen Dinkelzuchtsorten sind aus Kreuzungen mit Weizen entstanden. Bei einer allfälligen Einführung von Hybridsorten bei Weizen könnten auch Dinkel-Weizen-Hybride interessant werden. Aufgrund von theoretischen und prakti-

* Phloem: Teil der Gefässbündel



schen Abklärungen bei anderen Kulturpflanzen können in Kombinationen dieser beiden Genpools grosse Heterosiseffekte erwartet werden. Deshalb haben wir in unseren Feldversuchen auch sechs Weizen-Dinkel-F₁-Hybriden angebaut. Zusätzlich wurde je eine intraspezifische Weizen-Weizen und Dinkel-Dinkel-Kreuzung miteinbezogen.

Mit durchschnittlich fast 30 % relativer Heterosis im Körnerertrag/Pflanze wurden Werte erreicht, die sonst bei Selbstbefruchtern selten gefunden werden (Abb. 3). Die Unterschiede zwischen den einzelnen spezifischen Weizen-Dinkel-Kreuzungen waren gering. Die relative Heterosis bei der Weizen-Weizen-Kombination (Bernina-Arina) lag dagegen mit knapp über 10 % deutlich tiefer, bei der Dinkel-Dinkel-Kombination (Rouquin-Oberkulmer) lag sie sogar unter 5 %. Die hohen relativen Heterosiswerte im Körnerertrag beruhten hauptsächlich auf der Heterosis des Tausendkorngewichts, die Heterosis der Kornzahl war bei den Weizen-Dinkel-Kreuzungen bedeutungslos, bei den intraspezifischen Kreuzungen sogar deutlich negativ.

Die Heterosiswirkung dürfte deutlich tiefer liegen, wenn anstelle der Einzelpflanzensaat eine Drillsaat erfolgen würde, doch zeigt der Vergleich mit den intraspezifischen Kreuzungen in diesen Versuchen deutlich, dass bei Weizen-Dinkel-Kreuzungen ein höheres Heterosispotential vorhanden ist. Wenn der Anbau unter Stressbedingungen erfolgt, tritt diese Wirkung noch deutlicher in Erscheinung, da bezüglich zusätzlicher Faktoren eine Heterosiswirkung eintreten kann. Dies zeigt auch, dass solche potentiellen Hybridsorten eine ähnlich gute Ökovalenz wie die Dinkelsorten aufweisen können, und für den Anbau in den Grenzlagen des Ackerbaus geeignet wären.

Probleme von Weizen-Dinkel-F₁-Hybriden

Die geprüften Weizen-Dinkel-F₁-Hybriden sind ertragsmässig vielversprechend, doch bezüglich verschiedener Qualitätsmerkmale, beurteilt aufgrund der Ansprüche der Verwerter, erscheinen sie als ungenügend. Schmid *et al.* (1994) stellten grosse negative Heterosiswerte im Proteingehalt und im Zeleny-Wert fest, was den Wert solcher Hybriden einschränkt. In unseren Versuchen wurden die beiden wichtigen Unterscheidungsmerkmale der

Ähre, Spindelbruch und Spelzenschluss, von Weizen und Dinkel untersucht. Die Resultate zeigten, dass die F₁-Hybriden weder weizen- (zäh-freidreschend) noch dinkeltypische (brüchig-festschliessende) Ähren, sondern Zwischenformen besaßen, was für die maschinelle Ernte schlecht ist.

Fazit: Weizen-Dinkel-Kombinationen zeigen agronomisch positive Eigenschaften, doch verhindern andere, negative Merkmale eine praktische Nutzung. Die belgische Sorte Rouquin und die neueren schweizerischen Sorten (in diesen Versuchen nicht geprüft) Lueg, Hubel und Sertel, die bereits «Weizenblut» besitzen, zeigen aber, dass die Ähreneigenschaften soweit verbessert werden können, dass ein Anbau möglich ist. Der Proteingehalt sowie weitere Qualitätsparameter können nur gemeinsam mit den unterschiedlichen Anforderungen der Verwerter beurteilt werden.

LITERATUR

Aufhammer W. und Kübler E., 1992. Leistungsvergleich zwischen einer Dinkelsorte (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) und einer Saatweizensorte (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) II. Korntragsbildung und Anbauwürdigkeit. *Die Bodenkultur* 43, 329-341.

Aufhammer W. und Zoschke A., 1987. Wirkstoffeffekte auf das Speichersystem Weizenähre in Abhängigkeit von den Bedingungen zwischen Anthese und Reife. *J. Agronomy and Crop Science* 158, 121-131.

Borgmann F., 1986. Ertragsbildung. In: J. Oehmi-chen, Pflanzenproduktion Band 2, Verlag Paul Parey, 45-75.

Rimle R., 1995. Agronomische und morphologische Charakterisierung von Weizen (*Triticum aestivum* L.) und Dinkel (*Triticum spelta* L.) sowie von spezifischen Weizen-Dinkel-F₁-Hybriden und deren Folgegenerationen von der F₂ bis zur F₃. Diss. ETH 11242, im Druck.

Rüegger A., Winzeler H. und Nösberger J., 1990a. Untersuchungen über das Keimverhalten von Dinkel (*Triticum spelta* L.) und Weizen (*Triticum aestivum* L.) unter erschwerten Bedingungen. *Seed Sci. & Technol.*, 18, 311-320.

Rüegger A., Winzeler H. und Nösberger J., 1990b. Die Ertragsbildung von Dinkel (*Triticum spelta* L.) und Weizen (*Triticum aestivum* L.) unter verschiedenen Umweltbedingungen im Freiland. *J. Agronomy & Crop Science* 164, 145-152.

Schmid J.E., Winzeler M. and Winzeler H., 1994. Analysis of disease resistance and quality characters of F₁ hybrids of crosses between wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). *Euphytica* 75, 105-110.

RÉSUMÉ

Comparaison entre blé d'automne, épeautre et leur hybride F₁

Dans le programme de sélection de l'épeautre, des génotypes du blé sont utilisés comme partenaires de croisement. Afin de conserver l'épeautre comme espèce spécifique, il est nécessaire de connaître ses caractéristiques typiques pour bien les sélectionner. Nous avons observé une très haute valence écologique de l'épeautre. En plus haute altitude et dans des conditions d'emplacement fortement infestées par des maladies, la réduction du rendement en grains a été nettement inférieure pour l'épeautre que pour le blé d'automne. Une très bonne levée et une grande faculté de tallage de l'épeautre ainsi que la composition du rendement, avec peu de grains mais des grains très lourds, sont à l'origine de ce résultat. Les hybrides F₁ des combinaisons blé/épeautre ont eu de très hautes valeurs hétérosis relatives pour le rendement en grains. Celles-ci proviennent principalement de l'augmentation du poids de mille grains.

SUMMARY

Comparison of wheat, spelt and their F₁-hybrids

In the breeding program of spelt (*Triticum spelta* L.) in Switzerland bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes are used as crossing partners. For conserving spelt as an own species of bread cereal it is important to know, for an effective selection, the special spelt characters. Spelt has a better ecovalence than wheat. The reduction of the yield in a high altitude or in a highly infected (diseases) location, compared to a location with favourable conditions, was lower for spelt than for wheat. A high field emergence, the high tillering rate and the yield-structure with few but large grains were responsible for that. F₁-hybrids of wheat and spelt had very high relative heterosis values in yield, caused mainly by high thousand grain weights.

KEY WORDS: wheat, spelt, hybrid, ecovalence, heterosis, yield-structure