

# Vitalität der Gerstenkaryopsen als Toleranz der Keimfähigkeit bei Kälte- und Trockenheitsstress

O. CHLOUPEK und P. HRSTKOVÁ

Die Keimfähigkeit der Gerstenkaryopsen ist nicht nur eine wichtige Charakteristik des Saatgutes, sondern auch der Malzqualität. Sie wird bei optimalen Bedingungen für die Keimung, d. h. bei Labortemperatur 20°C und bei optimaler Feuchtigkeit bewertet. Keimung im Boden und im Malzprozess findet aber bei niedrigeren Temperaturen statt. Wenn also Bedingungen für die Keimung suboptimal sind, ist die Keimfähigkeit nicht geeignet für die Bewertung des Aufgangs und deren Homogenität. Deshalb wurde der Begriff *Vitalität* des Saatgutes eingeführt. Vitalität der Samen ist die Voraussetzung des schnellen und homogenen Aufgehens, der guten Lagerfähigkeit und für gute Erträge unter verschiedensten Umweltbedingungen. Gute Vitalität haben nur gesunde Samen.

## Vitalität (Triebkraft) bewertet man anhand von

- ☉ Wachstum der Keimlinge,
- Stresstests (beschleunigtes Altern, Kältetests, osmotische Tests),
- biochemischen Tests.

Weil einige dieser Tests bisher begrenzte Wiederholbarkeit hatten, wurden sie nicht offiziell akzeptiert. Weit verbreitet sind aber bei Saatgutfirmen die Methoden der zweiten Gruppe, besonders die Kältetests bei Mais, weil sie den Bedingungen der keimenden Samen im Boden am ähnlichsten sind. 1999 erwoh die *International Seed Testing Association (ISTA)* die Bewertung der Vitalität des Saatgutes von Erbsen und Soja nach der Leitfähigkeit des Auslaugens von Samen, denn je höher die Leitfähigkeit, desto niedriger die Vitalität, weil mehr Elektrolyten in Konsequenz der Perforation von Zellmembranen ausgelaugt wurden. In unseren vorläufigen Versuchen (CHLOUPEK et al. 1997) wurde die Keimfähigkeit, und Vitalität der Gerstenkaryopsen bei niedrigeren Temperaturen

und Wasserstress bewertet. Der Einfluss der Sorten war für die Vitalität wichtiger als für die Keimfähigkeit, aber der Einfluss der Provenienz war umgekehrt. Die Werte von Sortenkeimfähigkeit und von Vitalität waren nicht miteinander korreliert. Die Versuche haben wir fortgesetzt und konnten die Ergebnisse der Erntejahre 1992, 1993, 1995, 1997, 1998 und 1999 bewerten, die aufgrund der Wetterverhältnisse sehr verschieden waren.

## Material und Methoden

Es wurden Karyopsen von tschechischen und slowakischen Sommersorten bewertet, die an 7-8 Standorten in offiziellen Sortenversuchen in Tschechien in 6 Jahrgängen geerntet wurden. Die Vitalität wurde als Keimfähigkeit bei niedriger Temperatur (4-6°C und 10-12°C) und/oder Wasserstress (-2 bar oder -4 bar) nach Zählung meistens in 4 und 7 Tagen ausgedrückt. In drei von den sechs Jahrgängen wurde das Saatgut mit im Durchschnitt hoher Vitalität über 88% und in weiteren drei mit niedriger als 71% geerntet:

- Gute Jahrgänge (Vitalität) - 1992 (98%), 1995 (98%) und 1999 (88%),
- Schlechte Jahrgänge - 1993 (71%), 1997 (62%) und 1998 (70%).

Wasserstress wurde in Lösung von Polyethylenglykol (PEG 6000) induziert. Der Anteil der gekeimten Karyopsen

wurde in 4 und 7 Tagen gezählt, aber bei höherem Stress später (*Tabelle 1*). Von jeder Probe (konkrete Sorte von konkretem Standort) wurden 4 Wiederholungen je 50 Körner bewertet. Die Werte wurden für ANOVA transformiert nach  $y = \arcsin \sqrt{p}$ , wobei  $p$  der Anteil der gekeimten Samen war (z. B. 50% = 0.5, 71% = 0.71, usw.). Die Ergebnisse die die Variabilität bewerten, stammen also von transformierten Werten, während die Werte der Niveaus untransformiert sind (näheres in der zitierten Publikation).

In allen Versuchen wurden die Standardsorten *Akcent* und *Forum* bewertet; in den Versuchen A - E dazu *Jubilant*, *Orbit*, *Rubin*, *Sladko* und *Terno*; im Versuch F dazu *Amulet*, *Kompakt*, *Krona*, *Olbram*, *Sladko* und *Tolar* und in den Versuchen G und H dazu *Amulet*, *Kompakt*, *Krona*, *Nordus*, *Olbram* und *Tolar*.

Standorte der Ernte in den Versuchen A - G waren (Seehöhe): Čáslav (290 m), Hradec/S. (450 m), Krásné Údolí (647 m), Lednice (170 m), Sedlec (300 m), Stačkov (370 m), Virovany (207 m), Vysoká (590 m); im Versuch H fehlte Lednice.

Die Bewertung der Vitalität bei 10°C und -2 bar bestand in der Zählung der gekeimten Karyopsen in 4 und 7 Tagen, im Versuch B in 8 und 14 Tagen, im Versuch C nach 18, 22 und 33 Tagen.

**Tabelle 1: Bewertete Versuche**

Versuch	Erntejahr	Anzahl der Sorten	Anzahl der Standorte	Temperatur bei Keimung (°C)	Wasserstress (bar)
A	1992	7	8	10-12	0
B	1993	7	8	20-22	-4
C	1993	7	8	4-6	-2
D	1995	7	8	20-22	-2
E	1995	7	8	4-6	-2
F	1997	8	8	10-12	-2
G	1998	8	8	10-12	-2
H	1999	8	7	10-12	-2

**Autoren:** Prof. Dr. Oldrich CHLOUPEK und Dr. Pavla HRSTKOVÁ, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Mendel Land- und Forstwirtschaftliche Universität, Zemedelska 1, CZ-613 00 BRNO



Es wurde auch die Vitalität (10-12°C und -2 bar) des zertifizierten Saatgutes von 17 Malzsorten (*Akcent, Amulet, Atribut, Famin, Forum, Galan, Jarek, Jubilant, Kompakt, Krona, Lumar, Novum, Olbram, Perun, Rubín, Sladko, Stabil*) und 8 nicht für die Mälzung geeigneten Sorten (*Ditta, Heran, Ladik, Pax, Pejas, Primus, Viktor, Svit*) von verschiedenen Anbauern verglichen. Das Saatgut stammte aus Südmähren und wurde 1996 geerntet und zertifiziert.

Weil die Vitalität als Fähigkeit des Saatgutes schnell und homogen zu keimen charakterisiert ist, bewerteten wir auch die Keimfähigkeit. Das Saatgut, geerntet 1997 wurde in Feldbedingungen 1999, und Saatgut von 1998 und 1999 im Jahr 2000 bewertet. Es wurde 8 cm tief gesät und Stand und Homogenität des Aufgehens wurden bewertet, nachdem etwa 30% sichtbar waren, dies war bei 5 Terminen jeweils nach 2-3 Tagen. Von jeder Probe wurden drei Wiederholungen je 50 Körner in Blockanlage ausgesät. Der Versuch 2000 wurde an zwei Standorten (Branišovice und Zabčice) ausgesät, also basiert die Bewertung des Aufgehens auf drei Standorten. Die Prozent-Werte wurden für die Bewertung der Variabilität wieder transformiert.

Homogenität der Vitalität von Sorten wurde mittels Variationskoeffizienten von 7-8 Standorten (n = 7-8), des Aufgehens noch dazu von zwei Standorten des Bewertens (n = 16) getestet. Wir suchten deshalb Zusammenhänge zwischen dem Niveau der Vitalität und ihrer Homogenität; bzw. zwischen dem Niveau des Aufgehens und seiner Homogenität, die durch Provenienz und Standort der Bewertung verursacht wurden, d. h. ob Sorten mit höherer Vitalität (Aufgehensfähigkeit) auch mehr homogen in der Vitalität (Aufgehensfähigkeit) sind.

## Ergebnisse

Die Vitalität war in den verschiedenen Jahren sehr unterschiedlich, von 62 bis 98%, im Durchschnitt der 6 Jahrgängen betrug sie 81%. Die Temperatur bei Keimung der Ernte im Jahr 1995 beeinflusste sie nur um 0,5% (Unterschied zwischen den Gesamtdurchschnitten in Versuchen D und E). Höherer Wasserstress zur Ernte im Jahr 1993 verursachte nied-

rigere Werte (57,2% im Versuch B) im Vergleich zu niedrigerem Wasserstress (70,8% im Versuch C), also um etwa 14%.

ANOVA zeigte einen signifikanten (P 0.01) Einfluss der untersuchten Sorten fast in allen Versuchen auf die Vitalität. Der Anteil an der gesamten Varianz betrug in einzelnen Versuchen 5,7 - 38,7%, im Durchschnitt der 6 Versuche 15,2%. Der Anteil war in schlechten Jahren höher als in guten Jahren, betrug z. B. zur Ernte 1998 23%, aber 1999 nur 16%. Ziemlich hohe Vitalität wurde bei den Sorten *Akcent* und *Jubilant* festgestellt, die in den ersten fünf Versuchen mit dem gleichen Sortiment im Durchschnitt die höchste Vitalität (92,9% und 92,8%) erreichten, die niedrigste Sorte *Terno* (77,1%). In der zweiten Gruppe der Sorten (Versuch F) hatte die höchste (P 0.01) Vitalität die Sorte *Kompakt* (81,4%), der Durchschnitt aller 8 Sorten war nur 61,5%. In der dritten Gruppe (Versuche G und H) war die Vitalität unter den Sorten nur in den ersten Zählungen (in weiteren drei Tagen wurden die Sortenunterschiede kleiner) statistisch signifikant. Von der Ernte 1998 hatte die Sorte *Kompakt* signifikant niedrigere Vitalität (32%), als alle anderen Sorten (52-61%), von der Ernte 1999 hatte die niedrigste Vitalität die Sorte *Olbram* (72%) und *Kompakt* (74%), statistisch signifikant die höchste Vitalität *Krona* (87%).

In der Mehrheit der Versuche wurde die Vitalität der Karyopsen signifikant (P 0.01) auch durch Provenienz, d.h. durch den Standort der Herkunft beeinflusst. Der Anteil von der Gesamtvarianz in den einzelnen Versuchen betrug 3,5% - 79,8%, im Durchschnitt aller Versuche 32,8%. Die Werte der Vitalität hingen nicht mit der Seehöhe der Herkunftsstation zusammen (die Korrelationskoeffizienten betragen in den drei Gruppen von Sorten  $r = -0,002, 0,517$  und  $-0,326$ ). Von den Stationen, die in Gebieten liegen wo schon traditionell Malzgerste angebaut wird (Čáslav, Sedlec, Virovany), war die Vitalität vergleichbar mit anderen Stationen (in den drei Gruppen 84, 86 und 64 60%, 69% und 65%). Erstaunlicherweise war die höchste Vitalität in der ersten Gruppe von Stankov (Seehöhe 370 m, Vitalität 90%, Gesamtdurchschnitt 85%), in zweiter kam die signifikant

höchste (P 0.01) von Vysoká (590 m, 74%) und die niedrigsten (P 0.05) von Lednice (170 m, 42%) im Vergleich zum Durchschnitt von allen Standorten (62%). In der dritten Gruppe wieder von Vysoká (590m, 75%), die niedrigste von K. Údolí (55%). Die durchschnittliche Seehöhe von allen 8 Standorten war 378 m.

Die Vitalität wurde auch signifikant (P 0.01) durch Interaktion von Sorten und Herkunftsstandorten beeinflusst, was schon in angeführten Angaben ersichtlich ist. Der Anteil dazugehöriger Varianz war 2,8% - 16,5%, im Durchschnitt aller Versuche 7,1%.

Bemerkenswerte Ergebnisse brachte die Bewertung der Vitalität von Karyopsen, die in den schlechten Jahrgängen geerntet wurden. Im Versuch von 1993 betrug der Unterschied zwischen den Sorten bis 31% (*Jubilant* 82%, *Forum* 51%), zwischen Standorten gleichfalls bis zu 31% (Stankov 79%, Hradec 48%), im 1997 bis 26% (*Kompakt* 81, *Akcent* 55%), zwischen Standorten bis 32% (Vysoká 74, Lednice 42%), im 1998 im ersten Termin bis 20% (*Krona* 52, *Kompakt* 32%), zwischen Standorten bis 23% (Sedlec 59, Hradec 36%). Also in schlechten Jahren wurden Sorten- und Provenienzeinflüsse markanter und hatten ähnliche Grösse.

Die Bewertung des zertifizierten Saatgutes von 25 Sorten von Südmähren ergab höhere Vitalität von 17 Malzsorten als bei den 8 anderen: nach 4 Tagen der Keimung betrug sie 84% und 75%, nach weiteren drei Tagen 94% und 92%. Die höchsten Werte brachte die sehr gute Malzsorte *Krona* (92,6%) im ersten Termin, und die gute Malzsorte *Stabil* (98,4%) im zweiten Termin. Der niedrigste Wert betrug in diesem günstigen Jahrgang 56,7%, Gesamtdurchschnitt 93,4%.

Im Jahr 2000 wurde Vitalität von 8 Sorten auf 8 Standorten bewertet (10-12°C, -2 bar) in zwei Terminen von der Ernte 1998 und bei denselben Sorten von 7 Standorten, einschließlich Keimfähigkeit nach ISTA von 1999. Es wurde auch die Aufgehensfähigkeit an zwei Standorten bewertet (Branišovice und Zabčice). Die Vitalität betrug im Gesamtdurchschnitt von 1998 70,0% (Aufgehensfähigkeit 74,5%), von 1999 87,6% (Aufgehensfähigkeit 77,8%). Markante höhere Vi-

talität von 1999 im Vergleich zu 1998 zeigte sich deshalb nicht durch entsprechend höhere Aufgehensfähigkeit in den gleichen Bedingungen.

Sowohl bei der Herkunft als auch bei der Prüfung der Keimfähigkeit ergab ANOVA hochsignifikante Einflüsse von Standorten. Sorteneinfluss wurde nur in einigen Terminen der Bewertung signifikant. Der Anteil von Standorten der Prüfung betrug im Durchschnitt in beiden Jahrgängen der Ernte 71%, der Provenienz 21%, der Sorten nur 1.5%.

Zur Ernte 1998 reichten die Sortenunterschiede im ersten Termin der Bewertung der Aufgehensfähigkeit bis 4.9% (*Akcent* 72.5% und *Olbram* 77.4%), 1999 bis 3.5% (*Krona* 76.1% und *Kompakt* 79.6%). Vom Jahrgang mit allgemein niedriger Vitalität war die Vitalität beim ersten Termin der Bewertung unsignifikant proportional zum Aufgehensdatum in beiden Terminen ( $r = 0.71$ ,  $0.64$ ), aber Saatgut von gutem Jahrgang (1999) nicht ( $r = -0.25$ ,  $-0.51$ ). Also gingen Sorten mit höherer Vitalität vom schlechten Jahrgang auch schneller auf. Aufgehensschnelligkeit in den beiden Standorten der Bewertung war nicht miteinander korreliert ( $r = 0.25$ , resp.  $0.28$ ), auch nicht mit Keimfähigkeit ( $r = 0.10$ ).

Die Höhe der Vitalität war negativ mit der Homogenität der Vitalität, die durch Provenienz beeinflusst wurde, korreliert. Das heißt, Karyopsen der Sorten mit höherer Vitalität hatten kleinere Homogenität der Vitalität, besonders im schlechten Jahrgang (von 1998  $r = -0.882^+$ , von 1999  $r = -0.479$ ,  $n = 8$ ). Ebenso hatten Sorten mit höherer Aufgehensfähigkeit kleinere Homogenität in dieser Eigenschaft, was durch Provenienz von Herkunft und Bewertung gegeben war, besonders vom schlechten Jahrgang (von 1998  $r = -0.720^{++}$ , von 1999  $r = 0.340$ ,  $n = 16$ ).

## Diskussion

Wie schon in der vorläufigen Mitteilung (CHLOUPEK et al. 1997) mitgeteilt, sind die Werte von Keimfähigkeit, unter optimalen Bedingungen festgestellt ( $20^{\circ}\text{C}$ , 0 bar), meistens nicht mit den Werten von Vitalität, unter Stressbedingungen festgestellt ( $10^{\circ}\text{C}$ , -2 bar), meistens nicht miteinander korreliert. Unsere Bewertung von Vitalität (bei  $10^{\circ}\text{C}$

und -2 bar in Lösung von PEG, d.h. 100 g in einem Liter Wasser bei  $10^{\circ}\text{C}$ ) scheint mehr relevant für die Bedingungen zu sein, die bei der Keimung im Boden und bei der Mälzung existieren. Auch die hier publizierten Ergebnisse scheinen mehr züchterisch relevant zu sein, als die Bewertung der Keimfähigkeit.

Vitalität in unseren polyfaktoriellen Versuchen wurde durch Sorten, Provenienz und ihrer Interaktion beeinflusst. Im Effekt von Lokalitäten war aber nicht nur der Einfluss von Seehöhe und Witterung, sondern auch von Anbautechnologie, z.B. durch Erntetermin der Vitalität, mitentscheidend. Es wurde nicht die Tradition bestätigt, Saatgut von Malzgerste bevorzugt in Anbaugebieten von Malzgerste zu produzieren. Auch in anderen Gebieten wurde gutes Saatgut geerntet.

Die Unterschiede in der Vitalität, die durch Sorten, Provenienz oder ihrer Interaktion verursacht wurden, könnten auch mit Pilzinfektion mitbestimmt worden sein. Schon ein kleinerer Anteil von infizierten Karyopsen vermindert nicht nur die Malzqualität, sondern auch die Saatgutqualität. Die Vitalität erscheint deshalb als komplexes Merkmal, durch mehrere Gene kontrolliert, z.B. auch durch Resistenz von Ähren gegen Pilzinfektion.

Osmotische Einstellung wurde auch als ein wichtiger Adaptionsmechanismus der Trockenheitsresistenz in Getreidearten beschrieben, der durch zwei Chromosomregionen 1 (7H) und 6 (6H) kontrolliert ist (TEULAT et al. 1998). Es wurden aus dem Gerstenembryo Gene isoliert, die an ABA reagieren und auch nach Induktion durch Wasser- oder Salzstress (CLOSE et al. 1989). Produktion von Kohlenhydraten und *late-embryogenesis-abundant* (LEA) Proteinen ist die Reaktion der Pflanzen auf Trockenheit. Einige der LEA-Proteine sind Dehydriene, die viel Lysin und/oder Serin enthalten und bei *Hordeum vulgare* aus 137 - 575 Aminosäuren bestehen (CATTIVELLI et al. 1996). Sie sind sehr hydrophil und schützen deshalb den Embryo gegen Wasserstress. Dehydriene könnten eine wichtige Rolle in Stresstoleranz bei vielen Arten darstellen (CAMPBELL und CLOSE 1997).

Winterresistenz ist auch durch sogenannte COR-Proteine (COR - cold regulated)

beeinflusst. Die Proteine sind in Chloroplasten enthalten und könnten zur Selektion an Winterfestigkeit dienen (STANCA 1996).

Es ist interessant, dass die Malzsorten höhere Vitalität aufwiesen als die anderen Sorten. Das könnte mit dem Gehalt an Beta-Glukanen zusammenhängen, weil sie die Keimung bremsen (MOLINA-CANO et al. 1989) und bei Malzsorten in kleinerem Anteil enthalten sind, weil sie die Malzqualität verschlechtern.

Weil höhere Vitalität und Aufgehen von Gerstenkaryopsen für Malzqualität und für agronomische Ziele wichtig sind, empfehlen wir bei der Züchtung von Malzgerste auch Karyopsenvitalität zu berücksichtigen. Eine ähnliche Züchtung war bei Luzerne erfolgreich, es wurde ein Klon mit signifikanten Effekten der allgemeinen Kombinationseignung für höhere Keimfähigkeit gefunden und als einer von mehreren Eltern zweier synthetischer Populationen benutzt. Die Populationen erreichten (CHLOUPEK 1994) in Registrierungsversuchen höhere Keimfähigkeit (81.4%) und kleineren Anteil von harten Samen (14.9%), im Vergleich zu zwei Standardsorten (79.1% und 16.2%). Das kann nicht nur in der Landwirtschaft wichtig sein, sondern auch für makrobiotische humane Ernährung.

Die Keimung von Gerstenkaryopsen erfolgt meistens am dritten und vierten Tag. In einem von unseren Versuchen bei der Bewertung von Vitalität war es in den ersten vier Tagen 0.1%, 8.1%, 46.4% und 26.4%. *European Brewery Convention* empfiehlt deshalb die Bewertung der Qualität von Malzgerste nach Homogenität der Keimung, d.h. nach *Mean Germination Time* (MGT). Der Anteil von gekeimten Karyopsen am ersten Tag addiert man zum zweifachen Anteil vom zweiten Tag und zum dreifachen Anteil vom dritten Tag. Diese Summe dividiert man durch die einfache Summe von den drei Anteilen, ohne Erhöhung des Gewichtes am zweiten und dritten Tag.

Später gekeimte, oder ungekeimte Karyopsen sind nicht einbezogen in die Bewertung. In unserem Versuch betrug MGT 2.85 Tage, d.h. 155.5/54.6. Dieser Wert war bei Bewertung von zertifiziertem Saatgut von 25 Sorten negativ korreliert mit dem Index der Malzqualität

(*Ukazatel Sladovnické Jakosti*), dem offiziellen Index der Sortenbewertung in der Tschechischen Republik ( $r = -0.546$ ,  $P < 0.01$ ). Dieser nicht genaue Versuch zeigte also, dass die Malzqualität nicht mit Vitalität zusammenhängt, weder in erster, noch in zweiter Zählung.

Vitalität der Gerstenkaryopsen zeigte sich deshalb als genetisch determiniertes Merkmal, besonders in ungünstigen Jahren für hohe Vitalität. Eine Literaturübersicht über Saatqualität für Züchtung wurde publiziert (SALISBURY und FLOOD 1994). Vielleicht wäre es auch nützlich Saatgut von Gerste mit dem Gebiet der Herkunft (Provenienz) zu adjustieren, weil die Provenienz relevant für die Saatgut- und Malzqualität ist.

## Zusammenfassung

Die Vitalität (Triebkraft) wurde in Registrierungsversuchen von 7-8 Sorten in 6 Jahren auf 7-8 Standorten als Keimfähigkeit in 4 und 7 Tagen bei Stressbedingungen (10°C und Wasserstress -2 bar) beurteilt. Von den 6 Jahren waren drei für die Vitalität nicht geeignet (sie erreichten im Durchschnitt nur 62%-71%), drei weitere geeignet (88%-98%).

Die Vitalität wurde nicht mit Keimfähigkeit korreliert, die bei optimalen Bedingungen für die Keimung (20°C, 0 bar) bewertet wird. Vitalität wurde mehr durch Sorten (im Vergleich mit Keimfähigkeit), Keimfähigkeit mehr durch Provenienz (im Vergleich zu Vitalität) beeinflusst. In den drei schlechten Jahren wurden Sorten- und Provenienzeinflüsse markanter, als in den guten Jahren und erreichten fast gleiche Größe. Vitalität von Gebieten, die traditionell als geeignet für Anbau von Malzgerste betrachtet werden, brachten nicht Karyopsen mit höherer Vitalität, aber die Malzsorten hatten höhere Vitalität als die andere Sorten. Die Sorten mit höherer Vitalität gingen in schlechten Jahren auch schneller auf, aber hatten meistens niedrigere Homogenität dieser Eigenschaften, die von Sorten und Provenienz stammten.

## Literaturübersicht

CAMPBELL, S. A. and T. J. CLOSE, 1997: Dehydrins: genes, proteins and associations with phenotypic traits. *New Phytologist* 137:61-74.

CATTIVELLI, L., C. CROSATI, M. GROSSI, F. RIZZA, P. BALDI and A. M. STANCA, 1996: Involvement of environmentally regulated genes in the adaptation of barley to cold and drought.

In: Proc. of V. International oat conference and of VII. International barley genetics symposium Univ. of Saskatchewan, p. 291-296.

CHLOUPEK O., J. EHRENBERGEROVÁ, R. ŠEVČÍK and P. PARÍZEK, 1997: Genetic and nongenetic factors affecting germination and vigor in spring barley seed. *Plant Breeding* 116, 186-188.

CHLOUPEK, O., 1994: Breeding for germination improvement of seeds in lucerne. *Acta Univ. Agric., Fac. Agron., Brno*, 42, 65-69.

CLOSE, T. J., A. A. KORTT and P. M. CHANDLER, 1989: A cDNA-based comparison of dehydration-induced proteins (dehydrins) in barley and corn. *Plant Molecular Biology* 13: 95-108.

MOLINA-CANO, J. L., F. ROCA DE TOGORES, C. ROYO and A. PÉREZ, 1989: Fast germinating low beta-glucan mutants induced in barley with improved malting quality and yield. *Theor. Appl. Genet.* 78, 748-754.

SALISBURY P. A. and R. G. FLOOD, 1994: Breeding for sowing seed quality. *Plant Breeding Abstracts* 4, 1033-1044.

STANCA, A. M., C. CROSATI, M. GROSSI, N. G. LACERENZA, F. RIZZA, L. CATTIVELLI and P. M. A. TIGERSTEDT, 1996: Molecular adaptation of barley to cold and drought conditions. *Euphytica* 92: 215-219.

TEULAT B., D. THIS, M. KHAIRALLAH, C. BORRIES, C. RAGOT, P. SOURDILLE, P. LEROY, P. MONEVEUX and A. CHARRIER, 1998: Several QTLs involved in osmotic adjustment trait variation in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theor. Appl. Genetics* 96, 688-698.