

## Erstevaluierung von Winterhafer (*Avena sativa* L.)

JÜRGEN HETZLER und MANFRED DAMBROTH

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

### 1. Einleitung

Die Suche nach winterharten Haferformen wurde in Deutschland immer wieder aufgenommen (Fischer, 1900; Zade, 1918; Sostavic-Pisacie, 1937), aber eine erfolgreiche Züchtung von Winterhafer konnte bisher nicht aufgebaut werden. Auch in jüngster Zeit ist das Interesse an der Züchtung von Winterhafer wieder angestiegen. Winterhafer hätte anbautechnisch große Vorteile. Bei einer Herbstsaat würden die Pflanzen durch die bessere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit günstigere Voraussetzungen für eine höhere Ertragsstabilität erhalten. Sie würde noch dadurch verstärkt, daß die empfindliche Reaktion der Sommerformen des Hafers auf die Ertragsbildung bei verspäteter Aussaat im Frühjahr entfällt. In der Summe müßten mit dem Anbau von Winterhafer die Ertragsstabilität sowie die Kornfüllung und damit die Qualität der Körner deutlich besser ausfallen, als dies bei den Sommerformen der Fall ist.

Im Rahmen der Arbeiten des Instituts zur Sicherung und Nutzbarmachung pflanzengenetischer Ressourcen wurden 675 Wild-, Primitiv- und Kulturformen aus dem Genpool der hexaploiden Hafer (*Avena sativa* L.) ausgewählt, 1986/87 im Feld angebaut und bezüglich ihrer Winterfestigkeit evaluiert.

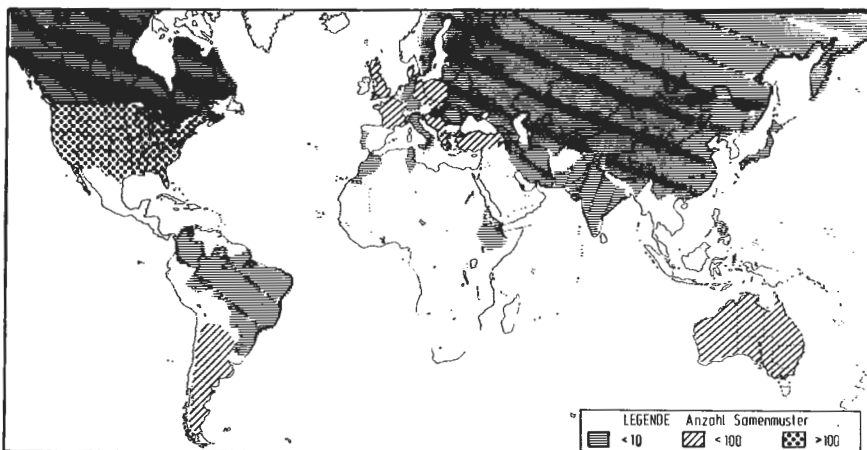
### 2. Herkunft und Art der Samenmuster

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die 31 Herkunftsländer des 675 Samenmuster umfassenden Testsortiments und deren Verteilung auf die verschiedenen Länder.

In Tabelle 1 ist aufgelistet, zu welchen Unterarten von *Avena sativa* L. die Herkünfte gehören und welche Anzahl jeweils getestet wurde.

Die Weltkarte zeigt, daß die überwiegende Zahl der Muster aus der Nordhemisphäre stammt. Die Hafer, die von der Südhalbkugel kommen, wurden von dortigen Schwesterinstitutionen zwar als Winterhafer eingestuft. Jedoch mußte angenommen werden, daß es sich dabei um Haferformen handelt, die in diesen Klimaten im Winter angebaut werden, aber deshalb nicht winterhart nach dem hiesigen Verständnis sind. Letzte Sicherheit konnte jedoch nur die Feldprüfung geben.

Abbildung 1: **Herkunft und Häufigkeitsverteilung der Sorten und Primitivformen der Winterhafer-Feldprüfung im Winter 1986/87 in Völkensrode**



Aus den USA standen 294 Herkünfte im Test. Es handelt sich hierbei im wesentlichen um eine Sammlung von Rothafern. Die nächstgrößere Gruppe stammt aus Mitteleuropa. Dabei handelt es sich im wesentlichen um *Sativa*-Hafer. Das dritte Häufigkeitszentrum liegt in der Türkei, von wo eine 74 Muster umfassende Sammlung wilder (*ssp. sterilis* var. *ludoviciana*) und primitiver Winterhafer im Test stand.

Tabelle 1: **Taxonomische Zugehörigkeit der Herkünfte des Testsortiments**

<i>Avena</i> ssp.	n	Deutscher Name	Züchtungsstufe
<i>sativa</i>	353	Saathafer	Landsorte-Hochzucht
<i>byzantina</i>	295	Rothafer	Primitiv-Hochzucht
<i>sterilis</i>	27	Taubhafer	wild
<i>fatua</i>	1	Flughafer	wild

Für die Feldprüfung wurde die amerikanische Sorte "Cornell" (*ssp. sativa*) gewählt, die eine bekanntermaßen gute Winterfestigkeit besitzt.

### 3. Skizzierung der Feldprüfung

Für die Prüfung der Winterfestigkeit von Pflanzenmaterial sind schon die verschiedensten Labor-, Klimakammer- und Feldtests herangezogen worden (s. Dexter, 1956; Dorofeev, 1975; Marshall et al., 1981). Am verlässlichsten erwies sich aber immer die Testung der Frostresistenz

Abbildung 2: **Bodenminimumtemperaturen und Schneehöhen am Standort Völkenrode im Winter 1986/87 (Quelle: Agrarmeteorol. Wochenbericht, Hrsg. Deutscher Wetterdienst, Braunschweig)**

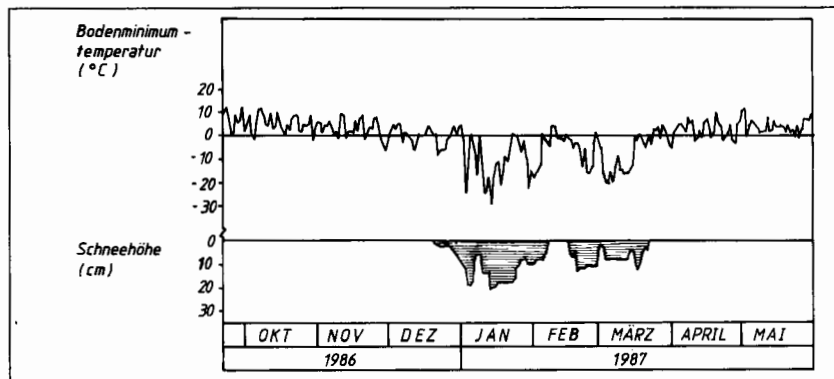


Abbildung 3: **Verteilung der Winterfestigkeit der BGRC-Winterhafer Sammlung im Feldtest 1986/87 in Braunschweig-Völkenrode**

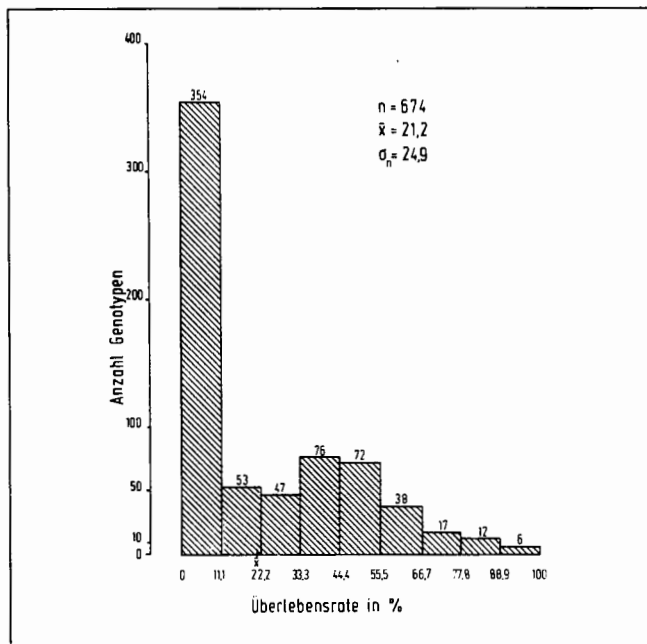


Tabelle 2: **Überlebensraten der verschiedenen Kultur- und Wildformen des Hafers (*Avena sativa* L.)**

Hafertyp	n	$\bar{x}$	s	min	max
A. sativa s.l.	674	21,2	24,9	0	100
Saathafer (ssp. sativa)	353	21,6	26,6	0	100
Rothafer (ssp. byzantina)	293	22,6	23,2	0	91,2
Taubhafer (ssp. sterilis)	27	10,8	21,7	0	100
Flughafer (ssp. fatua)	1	32,1	-	32,1	32,1

unter natürlichen Bedingungen. Jedes Versuchsglied wurde in einfacher Wiederholung in zwei Reihen von 2,05 m Länge und einem Abstand von 18 cm gedreht. Der Standard "Cornell" wurde in regelmäßiger Verteilung in diese Versuchsanlage eingestreut. Die Aussaat erfolgte am 22. September 1986 in Braunschweig-Völkenrode. Zu Beginn der ersten großen Frostperiode Ende November befanden sich die Hafer gerade am Ende des Bestockungsstadiums. Während der Jugendentwicklung war auf chemische Unkrautbekämpfung verzichtet worden, da keine Informationen über mögliche Empfindlichkeiten von Winterhafer gegen Herbizide vorlagen. Die Düngung mit 60 kg N, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 180 kg K<sub>2</sub>O pro ha erfolgte im April 1987. Wegen des feuchten Frühjahres und Sommers trat ein derart starker Mehltaubefall auf, daß nach Bonitur der Anfälligkeit noch Ende Juli eine Spritzung gegen Mehltau erfolgte. Geerntet wurden die Hafer dann je nach Reife von Hand im Zeitraum von Juli bis September. Die Bonitur erfolgte nach den üblichen Merkmalen.

#### 4. Witterungsverhältnisse im Winter 1986/87

In Abbildung 2 sind Bodenminimumtemperaturen und Schneehöhen gemeinsam aufgetragen. Daraus ist zu ersehen, daß der Winter 1986/87 relativ kalt war und somit gute Testbedingungen vorlagen.

Nur während der ersten Frostperiode von Ende November bis Anfang Dezember traten Temperaturen bis -6 °C bei fehlender Schneebedeckung auf. Die sehr kalte Periode von Ende Dezember bis Mitte März 1987 war begleitet von einer konstant geschlossenen Schneedecke.

#### 5. Ergebnisse

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Winterfestigkeit im Prüfsortiment dargestellt.

Die Verteilungskurve ist bimodal mit zwei Dichtemitteln, die zwischen 0 - 11,1 % und zwischen 40 - 50 % liegen. Bei den 354 Hafern der ersten Gruppe handelt es sich um echte Sommerformen, die im USDA-Sortiment allerdings als Winterformen gekennzeichnet sind. Die Hafer der zweiten Gruppe stellen echte Übergangs- und Winterformen dar. Ihre Überlebensraten sind im Bereich zwischen 11,1 und 100 % annähernd normal verteilt. Besonders interessant sind die Sorten und Primitivformen, die eine höhere Überlebensrate als der Standard "Cornell" (65,3 %) aufweisen. Von diesen 32 Nummern erweisen sich eine ganze Reihe als extrem winterhart (vergl. Tabelle 4).

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Verteilungsstatistik der Winterhärte des Gesamtsortiments und der vier getesteten Subspezies.

Zwischen den Kulturformen *sativa* und *byzantina* sind keine wesentlichen Unterschiede zu erkennen. Tatsächlich befinden sich unter den primitiven Rothafern eine

Tabelle 3: Agronomische Merkmale des Testsortiments

Merkmal	n	$\bar{x}$	s	min	max
Überlebensrate (%)	674	21,8	25	0	100
Ernte (Tage nach Aussaat)	419	323	10,2	311	345
Pflanzenhöhe (cm)	428	119	18,8	60	180
Lagerneigung (1-9)	409	3,28	2,96	1	9
Anf. f. Typhula incarnata (1-9)	673	3,7	3,02	1	9
Anf. f. Erysiphe graminis (1-9)	425	5,69	2,36	1	9
TKG (g)	412	32,3	5,31	21,0	48,8

ganze Reihe winterfester Formen. Ihre durchschnittliche Überlebensrate ist sogar mit der des Saathaferes vergleichbar.

Unter den wilden Taubhafern gibt es einige überwinternde Genotypen. Zehn der 27 getesteten Genotypen gehören zu der Varietät *Ludoviciana*, die Coffman (1977) und Stanton (1955) für die Übergangsform zwischen den echten wilden *macrocarpa* und *maxima*-Taubhafern und den ersten kultivierten Rothafern ("Red Algerian" u.a.) halten. Jones

normale Sommerhafer erwartet werden kann. Allerdings finden sich auch Tausendkornengewichte über 40 g. Hierbei handelt es sich besonders um rotspelzige Formen.

Beim Vergleich der Ergebnisse der beiden Kulturformen *Sativa* und *Byzantina* läßt sich feststellen, daß Rothafer eine durchschnittlich größere Anfälligkeit gegen Schneeschimmel und Mehltau aufweisen. Sie weisen auch eine höhere Lageranfälligkeit bei geringerer Pflanzenhöhe auf. Was die Ernterei-

(1975) nennt *Ludoviciana*-Hafer auch "Wilde Winterhafer", deren Genzentrum vermutlich in Kleinasien liegt. Die durchschnittliche Überlebensrate der *Ludoviciana*-Taubhafer beträgt 16,3 %.

In Tabelle 3 sind die wichtigsten agronomischen Merkmale aller getesteten Hafer zusammengefaßt.

Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen die große Variabilität im Sortiment. Dies wird besonders bei der Pflanzenhöhe sichtbar. Der Mittelwert für das Tausendkorngewicht nähert sich mit 32,3 g, bei durchschnittlich 11 % Wassergehalt, ungefähr dem Wert, der auch für

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Winterhafer, deren Winterfestigkeit größer als die durchschnittliche Winterfestigkeit der Standards ist (ANF=Anfälligkeit, ERTG=Ertrag, ERYGRA=Mehltau, LAGNEI=Lagerneigung, SSP=Subspezies, Steril=Sterilis, Prim=Primitivform, TR=Türkei, GR=Griechenland, JUG=Jugoslawien)

Kennzeichnung	BGRC NR.	AVENA SSP.	ZÜCHTUNG STUFE	LAND	WINTER-HÄRTE-REL. (CORNELL = 100%)	PFZN HÖHE (cm)	ERNTE REIFE (Tag)	LAG NEI (Anf)	ERY GRA (Anf)	TKG (g)
Cornell	41470	sativa	Sorte	USA	100	140	318	7	5	26,7
-	53457	byzant.	Prim.	TR	101	130	324	6	6	45,5
-	52408	byzant.	Prim.	USA	101	120	324	8	9	34,6
-	52445	byzant.	Prim.	USA	102	110	317	6	9	35,1
-	52499	byzant.	Prim.	-	103	140	323	1	4	42,3
KY 63-1935	51453	sativa	Linie	USA	106	120	311	1	6	27,5
Novosadskii II	51473	sativa	Sorte	JUG	107	160	317	6	3	27,5
Cornell 595	28704	sativa	Linie	USA	108	150	317	9	6	21,3
-	52433	byzant.	Prim.	USA	110	120	324	9	6	28,3
S. 81	52585	sativa	Linie	GB	111	130	323	3	1	31,4
-	52456	byzant.	Prim.	TR	111	130	324	7	3	45,1
Victorgrain	51482	sativa	Sorte	USA	113	130	323	9	1	38,4
Picton	28690	sativa	Sorte	GB	113	150	311	1	5	40,1
No. 4661	52545	sativa	Linie	USA	114	110	345	1	2	41,7
Penrhyn	51474	sativa	Sorte	GB	115	150	323	1	1	31,1
Z-024	28689	sativa	Linie	JUG	115	130	317	7	4	32,4
Wintok	28705	sativa	Sorte	USA	117	140	311	4	8	29,5
Winter Oat	38033	sativa	Sorte	GB	122	120	324	1	1	32,7
-	52431	byzant.	Prim.	USA	126	130	311	2	7	30,5
Z-043	51484	sativa	Linie	JUG	127	160	317	7	1	23,7
Avoine d'hiver	28691	sativa	Sorte	F	128	150	311	4	6	33,3
Grey Winter	51451	byzant.	Land-S.	GB	131	120	317	9	3	28,7
Z-047	51485	sativa	Linie	JUG	131	160	317	9	1	23,9
-	52994	byzant.	Prim.	USA	132	110	311	2	9	32,4
-	52439	byzant.	Prim.	USA	135	140	317	8	8	34,6
-	52429	byzant.	Prim.	USA	135	120	323	8	7	33,3
Lustre	38032	sativa	Sorte	GB	135	120	324	1	2	36,0
W 271	51483	sativa	Linie	GB	135	140	323	1	4	32,8
-	52407	byzant.	Prim.	USA	139	120	324	3	7	32,1
KY 67-695	51454	sativa	Linie	USA	143	120	311	1	8	29,9
-	51512	steril.	wild	GR	153	-	-	-	-	-
Posega	51475	sativa	Sorte	DDR	153	160	317	9	1	28,9
Image	38030	sativa	Sorte	GB	153	100	324	1	1	32,5

fe und das TKG anbelangt, verhielten sich beide Kulturformen nahezu gleich. Zu den winterhärtesten Hafern gehören "Avoine d'Hiver de Belgique", KY-Material, "Picton" und Primitivhafer. Extrem späte Sorten erreichten erst Mitte September die Erntereife.

Die 32 Muster mit höheren Überlebensraten als der Standard sind in Tabelle 4, zusammen mit ihren agronomischen Merkmalen, aufgelistet.

Die wichtigsten Herkunftsländer von winterharten Hafern sind demnach die USA, Großbritannien, Jugoslawien und die Türkei.

Die meisten Winterhafer in Tabelle 4 stammen aus den USA. Hierunter befinden sich auch eine Reihe sehr winterharter primitiver *Byzantina*-Hafer. Diese Primitivformen besitzen eine erstaunlich große Variabilität in allen Merkmalen. "Wintok" ist neben "Walken" eine der winterhärtesten amerikanischen Sorten. Das Kentucky-Material (KY 67-695, KY 63-1935) ist eine weitere vielversprechende Quelle für Winterhärte. Hierbei handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Nachkommenschaften von Kreuzungen zwischen Saathafem und wilden *Sterilis*-Hafern (Marshall, 1982). Neben der großen Ähnlichkeit besitzen alle englischen Winterhafer eine relativ gute Mehlauresistenz und eine geringe Lagerneigung. Eine dritte wichtige Gruppe von Hafern mit überdurchschnittlicher Winterhärte stammt aus Jugoslawien.

## 6. Diskussion und Ausblick

Im geschilderten Versuch zur Ermittlung der Winterhärte des BGRC-Winterhafersortiments gelang die eindeutige Trennung der Formen in Sommer-, Wechsel- und Winterhafer. 63 % des 675 Genotypen umfassenden Sortiments überlebten den Winter. Die differentielle Winterfestigkeit, ermittelt als prozentuale Überlebensrate durch Auszählen von Einzelpflanzen des jeweiligen Musters, erwies sich als normalverteilt. Insgesamt besitzen 32 Wild-, Primitiv- und Kulturformen eine größere Winterhärte als der Standard "Cornell". Dessen durchschnittliche Überlebensrate liegt bei 65 %. 18 Genotypen aus dieser Gruppe kann eine gute bis sehr gute (75-100 % Überlebensrate) Winterhärte bescheinigt werden. Diese Hafer lassen sich nach ihrer Herkunft und ihren Merkmalen zu Gruppen zusammenfassen, die jede für sich interessantes Material enthält, was Winterfestigkeit und weitere agronomische Merkmale angeht.

Die wichtigsten Genzentren für das Vorkommen von Winterhärte sind in den Ländern USA, Großbritannien, Jugoslawien und der Türkei zu finden. Zu den nordamerikanischen Hafern der Spitzengruppe gehören eine ganze Reihe von primitiven Rothafem (*ssp. byzantina*), die sich untereinander allerdings sehr stark unterscheiden. Trotz eines mittleren bis hohen TKGs weisen sie mit einer Ausnahme (BGRC 52439) niedrige Erträge auf, trotz einer relativ hohen Anzahl von ausgezählten Einzelpflanzen. Dies hat seine Ursache in dem auffällig niedrigen Ährchenbesatz der Rothaferrispe. Der amerikanische Hafer "Wintok" ist bekanntermaßen einer der winterhärtesten, was sein Testergebnis auch belegt. Besonders interessant ist das Kentucky-Material (KY 63-1935, KY 67-695), das eine ausgezeichnete Winterhärte besitzt und im Gegensatz zu allen anderen Sorten und Linien wahrscheinlich von einer *Sativa* x *Sterilis* Kreuzung abstammt (Marshall, 1982).

Die britischen Hafer sind alle Nachkommen der bekannten Landsorte "Grey Winter", die auch in diesem Test mit ihrer überragenden Winterfestigkeit ganz vorne liegt. Typisch für diese Gruppe ist besonders die Ähnlichkeit der Linien und Sorten, was die verschiedenen Merkmale wie durchschnittli-

che Erntereife, mittleres TKG und vor allem ausgezeichnete Resistenz gegen Mehlaubefall und Lager angeht.

Die jugoslawische "Novosadskii"-Gruppe weist konstant hohe Erträge auf, wobei bestimmte Merkmale, wie eine große durchschnittliche Pflanzenhöhe oder ein geringes TKG, darauf hindeuten, daß es sich hier um eine ältere Gruppe von Hafern handelt.

Ein letztes geographisches Zentrum von winterharten primitiven und wilden Hafern ist der Raum Griechenland/Türkei. Hierbei handelt es sich vermutlich um ein natürliches Genzentrum, da hier das natürliche Verbreitungsgebiet der Varietät *Ludoviciana* liegt, aus der die ersten Kulturhafer vermutlich entstanden sind. Drei primitive Winterhafer aus diesem Raum sind unter den besten Winterhafern zu finden. Jenkins (1969) hat auf diese Region bereits im Zusammenhang mit wilden Winterhafern hingewiesen.

Mit den in Tabelle 4 zusammengestellten Ergebnissen liegen nun erstmals objektive Kriterien für die Lokalisierung von Genzentren der komplexen Eigenschaft Winterhärte bei Hafer vor. Um allerdings das tatsächliche Ertrags- und Frostresistenz-Leistungsvermögen der besten Winterhafer dieses Tests festzulegen, sollten diese Eigenschaften in einer mehrjährigen und mehrortigen Prüfung untersucht werden. Die Hafer mit Spitzenwerten für Winterfestigkeit und Ertrag sollten dann in ein Kreuzungsprogramm mit Sommerhafern und Winterhafern einbezogen werden, um durch Transgression die im Vergleich mit den anderen Wintergetreiden immer noch nötige Verbesserung der haferspezifischen Frostresistenz bei gleichzeitig hoher Ertragssicherheit zu erreichen. Bei der Wahl der winterharten Kreuzungseltern sollte auch auf Rothafer und winterfeste Wildhafer zurückgegriffen werden, um neben den bekannten Genquellen, wie sie die genannten Landsorten darstellen, auch neue Quellen für verbesserte Winterhärteeigenschaften des Hafers zu erschließen.

## First evaluation of oats (*Avena sativa* L.)

The paper describes the results of a field evaluation trial of 675 genotypes of hexaploid oats (*Avena sativa* L.) in winter 1986/87 at Braunschweig-Völkenrode. Single accessions were planted side by side in two-row plots with rows of 2,05 m length at a distance of 18 cm in a single replication. In regular intervals, plots of the winterhardy standard "Cornell" were interspersed to account for microclimatic and soil differences. In autumn 86 and in spring 87 plants were counted to calculate survival rates, the direct measure for winter hardiness. 68 % of the accessions survived the comparatively cold winter which had, however, relatively long periods of snow covering, particularly in cold periods. Mean survival rate was 21,8 %. Several summer forms (354) were detected. Amongst remaining intermediate and winter forms survival rate was normally distributed. 32 top performers scored above the mean standard survival rate of 65,3 %. To this group belong new and old varieties, land races, primitive forms and a wild *Sterilis* oat. These true winter oats are very various in their agronomic characters, however, judging from origin and agronomic similarity four important centers of origin of winter hardiness in oats can be distinguished: USA, Great Britain, Jugoslavia and the Greek-Turkish region. A selection of the top performers according to their genetic status and membership to the different gene centers for winter hardiness should be grown in a further yield and winter hardiness trial to determine significant differences. Then the best material, including primitive red oats (*ssp. byzantina*) and wild oats (*ssp. sterilis*) should be included in a crossing program with summer and winter oats to increase the specific frost resistance of cultivated oats by transgression.

## Literatur

- Coffman, F. A., 1939: Heat resistance in oats. - Journ. Americ. Soc. Agron. 31, 811-817.
- Coffman, F. A. (Hrsg.), 1961: Oats and oat improvement. - Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy.
- Dexter, S. T., 1956: Evaluation of crop plants for winter hardiness. - Adv. Agron. 8, 203-239.
- Dorofeev, V.F., 1975: Evaluation of material for frost resistance in wheat breeding. - In: Frankel und Hawkes (Hrsg.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, Cambridge University Press.
- Fischer, M., 1900: Winterhafer. - Frühling's Landwirtschaft. Zeitung 49, 718-723/766-771/806-810.
- IBPGR, 1985: Oat descriptors. - Rom, IBPGR Secretariat.
- Jenkins, G., 1969: Transgressive segregation for frost resistance in hexaploid oats (*Avena* spp.). - J. Agric. Sci. (Camb.) 73, 477-482.
- Jones, D.P., 1975: Wild oats in world agriculture. - London, Agric. Res. Council.
- Marshall, H.G., 1976: Genetic changes in oat bulk populations under winter survival stress. - Crop Science 16, 9-15.
- Marshall, H.G., C.R. Olien & E.H. Everson, 1981: Techniques for selection of cold hardiness in cereals. - In: C.R. Olien & M.N. Smith (Hrsg.) Analysis and improvement of cold hardiness in cereals, 140-159. Boca Raton-Florida, CRC Press.
- Marshall, H.G., 1982: Uniform winter hardiness oat nursery 1981, 1982. - USDA/ARS, unveröffentlicht.
- Reiner, C. et al., 1983: Hafer Aktuell. - Frankfurt/M., DLG-Verlag.
- Roemer-Rudorf, 1958: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band I. Berlin und Hamburg, P. Parey.
- Sostavic-Pisacie, K., 1937: Der Winterhafer. - Wiener Landw. Zeitung 87, 25-27.
- Stanton, T.R., 1955: Oat identification and classification. - Techn. Bull. No. 1100. Washington D.C., United States Department of Agriculture.

Verfasser: Hetzler, Jürgen, Dipl.-Biol.; Dambroth, Manfred, Prof. Dr. agr., Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. Manfred Dambroth.