

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Stuttgart-Hohenheim)

Saatgutbehandlungen mit Wirkstoffen zur Verbesserung der Kältetoleranz von Hartweizen (*T. durum*)*

Von W. AUFHAMMER und K.-G. FEDEROLF

(Mit 4 Abbildungen)

Zusammenfassung

In Gefäß- und mehrfaktoriellen Feldversuchen wurden Effekte von Saatgutbehandlungen mit Wirkstoffen (Triapentenol, Paclobutrazol, Tetcyclasis, CCC und Kinetin) auf Merkmale der Kältetoleranz von Hartweizen (*T. durum*) untersucht. Soweit die Gefäßversuche Differenzierungen zeigten, hatten Wirkstoffapplikationen, Kinetin ausgenommen, gegenüber unbehandelten Pflanzen eine geringere Schädigung und höhere Überlebensraten nach Frosteinwirkung (-12°C) zur Folge. In den Feldversuchen bewirkten Behandlungen mit Retardantien eine tiefere Verankerung des Bestockungsknotens im Boden aufgrund weitgehend unterbundener Halmheberbildung. Wirkstoff- und konzentrationsabhängig war damit geringerer Feldaufgang verbunden. Unter Einbezug einschlägiger Literaturbefunde werden die Ergebnisse im Hinblick auf physiologische und angewandte Aspekte diskutiert.

Schlüsselworte: Hartweizen, Kältetoleranz, Saatgutbehandlung.

Improvement in frosttolerance of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) by seed treatments with plant growth regulators

Summary

In pot-trials and factorial field-trials effects of seed-treatments with plant growth regulators (Triapenthenol, Paclobutrazol, Tetcyclasis, CCC and Kinetin) on frosttolerance characteristics of *Triticum durum* plants were investigated. As far as the pot-trials showed evaluable variation growth, regulator treatments, except Kinetin-treatments, resulted in lower frost damage scores and better plant survival rates as compared to untreated control plants. In the field trials seed-treatments with growth retardants lowered the depth at which the crown overwinters in the soil, because of reduced internode elongation. In interaction with the active ingredients and concentrations a reduced field emergence rate was the consequence. Physiological and applied aspects are discussed in combination with literature.

Key-words: durum-wheat, cold tolerance, seed-treatments.

* Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der DFG durchgeführt.

1. Literaturübersicht

In der BRD wird nur Sommer-Hartweizen angebaut. Kältetolerante Sorten, die in der Praxis eine Herbstsaussaat zuließen, sind nicht verfügbar. In ursprünglichen Hartweizen-Anbaugebieten, z. B. des Mittelmeerraumes, erfolgte keine Selektion auf Kältetoleranz. In Mitteleuropa wurde die Züchtung erst in den achtziger Jahren intensiviert (RUCKENBAUER 1987). Jedoch können, eine Überwinterung vorausgesetzt, vor Winter angelegte Hartweizenbestände durchaus das Leistungsniveau von Winterweichweizen erreichen (AUFHAMMER et al. 1989, FEDEROLF 1990).

Zur Kältetoleranz von Getreidebeständen tragen verschiedene Eigenschaften bei. Eine wichtige Basis für den Aufbau von Kältetoleranz ist das Entwicklungsstadium. Besonders geeignet ist das 3–5-Blatt-Stadium (STOSKOPF 1985) verbunden mit einer tiefen Bestockungsknotenlage (KRETSCHMER 1967, DOFING und SCHMIDT 1985, TAYLOR und OLSON 1985, ANDERSON und HUBAND 1987). Hinzu kommen ein hoher Abhärtungsgrad (STEPONKUS 1978, BRULE-BABEL und FOWLER 1989) und die Gesundheit der Pflanzen (KOCH 1978).

Der Bestockungsknoten liegt nur dann relativ tief unter der Bodenoberfläche, wenn neben tiefer Saatgutablage, eine Streckung des ersten Internodiums, die Halmheberbildung unterbleibt. Nach KAIL et al. (1972) ist dies bei Bodentemperaturen unter 8° C der Fall. Auch über Saatgutbehandlung mit CCC bei Winterweizen (ZADONCEV et al. 1977) bzw. Tetcyclasis bei Winterhafer (ANDERSON und HUBAND 1987) ist die Halmheberbildung zu reduzieren. Der erzielbare Abhärtungsgrad gegenüber niedrigen Temperaturen hängt vom Genotyp und dem Verlauf von Photoperiode und Temperatur ab (FOWLER und CARLES 1979). Offensichtlich kann aber auch über Saatgutbehandlungen mit Triazolen (BUCHENAUER et al. 1984) bzw. Kinetin (SHEVELUKHA et al. 1984) die Abhärbarkeit resultierender Pflanzen bzw. Bestände verbessert werden.

2. Problemstellung

Zwar enthält mit „Windur“ die beschreibende Sortenliste der BRD eine Hartweizensorte zur Herbstsaussaat. Die Neigung zur Auswinterung ist jedoch sehr hoch. Auch in bisherigen Feldversuchen erwies sich die Kältetoleranz dieser Sorte als unzureichend (AUFHAMMER et al. 1989). Es erhebt sich daher die Frage nach pflanzenbaulichen Verfahren zur Verbesserung der Kältetoleranz. Mit dem vorliegenden Ausschnitt aus weitergreifenden Untersuchungen zur Produktionstechnik von Hartweizen (FEDEROLF 1990) sollte überprüft werden, wie weit durch Saatgutbehandlungen mit Wirkstoffen an sich und in Kombination mit geeigneten produktionstechnischen Maßnahmen die Kältetoleranz von Hartweizen verbessert werden kann.

3. Material und Methoden

Zur Überprüfung der Fragestellung wurde ein zweigeteiltes Versuchsprogramm entwickelt. Zunächst wurde in Gefäßversuchen mit Einzelpflanzen die generelle Beeinflussbarkeit der Kältetoleranz von Hartweizenpflanzen durch Wirkstoffbehandlungen überprüft. Die Faktoren und Stufen dieses Ansatzes sind in Tabelle 1 dargestellt.

Zur genotypischen Variation der Kältetoleranz wurde der Winterhartweizensorte „Windur“ die Sommerhartweizensorte „Mondur“ gegenübergestellt. Wirkstoffe zur Behandlung wurden auf der Basis verschiedener Literaturbefunde herangezogen. Die Applikation erfolgte über das Saatgut. Unmittelbar nach der

Tabelle 1

Faktoren und Stufen der Gefäßversuche zur Kältetoleranz von Hartweizen

Sorten (S)	S1: Windur (Winterhartweizen) S2: Mondur (Sommerhartweizen)		
Behandlungen (B)	Wirkstoffbehandlung	Konzentration (Aktivsubstanz je Liter destilliertes Wasser)	Wirkstoffgruppe
Saatgut für 15 Stunden in entsprechende wäßrige Lösungen gelegt	B1: Kontrolle	Wasser	—
	B2: Triapenthenol	87,5 mg/l	Triazol
	B3: Triapenthenol	875,0 mg/l	Triazol
	B4: Paclobutrazol	125,0 mg/l	Triazol
	B5: Paclobutrazol	1250,0 mg/l	Triazol
	B6: Tetcyclasis	125,0 mg/l	Norbornenodiazetin
	B7: CCC	125,0 mg/l	Trimethylammonium
	B8: CCC	1250,0 mg/l	Chlorid
	B9: Kinetin	62,5 mg/l	synth. Cytokinin
Wiederholung (W)	W1—W5, 4 Pflanzen/Wiederholung		

Behandlung wurde in Kleingefäße (1 Pflanze/Gefäß) ausgesät. Die Anzucht bis zum 2-Blatt-Stadium verlief im Gewächshaus (22° C, natürliche Photoperiode), gefolgt von einer einwöchigen Abhärtphase in der Klimakammer (2° C, Photoperiode 11 Stunden). Anschließend wurden die Pflanzen auf Vegetationswagen natürlichen Wintertemperaturen ausgesetzt, bis die Minimumtemperatur in 2 m Höhe -10° C erreicht hatte. Anschließend wurde das Material ins Gewächshaus (22° C) zurückgebracht. Nach drei und nach zehn Tagen wurde auf Auswinterringsschäden bonitiert. Die Boniturskala umfaßte neun Stufen: 1 = Pflanze vollständig intakt, 9 = Pflanze vollständig abgestorben.

Aufbauend auf den Gefäßversuchsergebnissen umfaßte ein weiterer Ansatz zweijährig-mehrfaktorielle Feldversuche mit einem eingeschränkten Wirkstoffspektrum. Die Faktoren und Stufen dieses Ansatzes beschreibt Tabelle 2.

Tabelle 2

Faktoren und Stufen der Feldversuche zur Kältetoleranz von Hartweizen

Jahre (J)	J1: 1987/88 J2: 1988/89	
Vorfrucht (V)	V1: Hafer V2: Ackerbohne	
Saatzeit (Z)	Z1: 25. 9. 1987 bzw. 23. 9. 1988 Z2: 16. 10. 1987 bzw. 17. 10. 1988	
Saattiefe (T)	T1: 2,5 cm T2: 5,0 cm	
Behandlung (B)	Wirkstoff	Konzentration (Aktivsubstanz je 1 l destilliertes Wasser)
Saatgut für 15 Stunden in wäßrige Lösungen eingelegt und anschließend zurückgetrocknet	B1: Kontrolle	destilliertes Wasser
	B2: Kinetin	50,0 mg/l
	B3: Tetcyclasis	25,0 mg/l
	B4: Paclobutrazol	12,5 mg/l
	B5: Paclobutrazol	62,5 mg/l
Wiederholung (W)	W1—W3	

Pflanze, nicht jedoch der Trockensubstanzgehalt bestimmt. Hierfür war die Problematik korrekter Frischmassebestimmung des aus Feldbeständen entnommenen und gewaschenen Materials verantwortlich. Mit Wachstumsretardantien behandelte Pflanzen wiesen jedoch im Gefäß- und im Feldversuch verglichen mit den Kontrollpflanzen gedrungene, offensichtlich chlorophyllangereicherte und in Fläche und Wuchs reduzierte Blätter und Triebe auf. Nach Befunden von BUCHENAUER et al. (1984) aus Untersuchungen mit triazolhaltigen Fungiziden sind solche morphologischen Veränderungen mit steigenden Trockensubstanzgehalten verbunden. Angehobener Trockensubstanzgehalt dürfte daher auch in den vorliegenden Versuchen eine Teilursache erhöhter Kältetoleranz sein. Reduzierter Krankheitsbefall scheidet zumindest im Gefäßversuch aus. Die Pflanzen wurden in einem Gemisch aus gedämpfter Erde und Sand angezogen. Darüber hinaus konnten keine Krankheitssymptome beobachtet werden.

Die Zunahme der Kältetoleranz von Hartweizenpflanzen nach Saatgutbehandlung mit Triazolen oder Tetracyclisen blieb begrenzt. Die behandelten Pflanzen der Sommerhartweizensorte Mondur starben nach Frosteinwirkung durchgehend ab. In weiteren Versuchsreihen mit Temperaturen unter -15°C starben auch alle behandelten Windurpflanzen ab.

Die Ergebnisse der Feldversuche zur Kältetoleranz machen zusätzliche Schutzeffekte für den Bestockungsknoten saatgutbehandelter Pflanzen über die Unterbindung der Halmheberbildung deutlich. Mit Paclobutrazolapplikation war der Bestockungsknoten bis zu 22 mm tiefer im Boden verankert als der der Kontrollpflanzen. ANDERSON et al. (1985) wiesen nach, daß eine zusätzliche Bodenaufgabe von 20 mm die Bodentemperaturen auf Höhe des Bestockungsknotens deutlich anheben kann. Über tiefe Saat ist ein solcher Effekt nicht ohne weiteres erreichbar. In unseren Versuchen betrug die Differenz in der Tiefenlage des Bestockungsknotens der Kontrollpflanzen zwischen flacher und tiefer Saat, die frühe Saat 1988 ausgenommen, jeweils nur 2 bis 3 mm, da bei tiefer Saat längere Halmheber gebildet wurden.

Die Halmheberbildung ist bereits mit sehr geringem Wirkstoffaufwand unterbindbar. Ein Liter Behandlungslösung reichte im Feldversuch zur Behandlung von 1 kg Saatgut. Bei einer Konzentration von 12,5 mg Paclobutrazol/m² (B4) und einer Saattiefe von 300 bis 350 keimfähigen Körnern/m² beträgt der Wirkstoffaufwand nur 2,5 g/ha. Höhere Paclobutrazolkonzentrationen bzw. der Einsatz stärker retardierender Wirkstoffe wie Triapenthenol können Wachstumsprozesse in einem Ausmaß begrenzen, das den Aufgang tiefer abgelegter Körner verhindert. Bei heutiger Saattechnik sind — abhängig auch von der Saattiefequalität — Ablagetiefen relativ ungenau einhaltbar. Die Zieltiefe unterschreitende Körner treten daher immer in mehr oder weniger großen Anteilen auf.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse Ansätze zur Anhebung der Überwinterungsfähigkeit von Hartweizenbeständen mit Hilfe von Saatgutbehandlungen mit Wachstumsretardantien. Offenbleiben muß die Frage, wie weit solche Applikationen unter Feldbedingungen eine ausreichende Kältetoleranz gewährleisten. In den dargestellten Versuchen erreichten die Temperaturen in beiden Wintern kein kritisches Niveau. Die minimale Bodentemperatur in 5 cm Bodentiefe betrug 1987/88 nur $-5,0^{\circ}\text{C}$ und 1988/89 nur $-2,4^{\circ}\text{C}$. Daher wiesen die unbehandelten Bestände keine Auswinterungsschäden auf. Von daher sind auch keine relevanten Aussagen zum Einfluß anderer produktionstechnischer Faktoren und deren Interaktionen mit Wirkstoffapplikation auf die Überwinterung der Bestände möglich. Darüber hinaus stellt sich die Frage nach Auswirkungen der Saatgutbehandlung auf die Nachwinterentwicklung und die Leistungsfähigkeit der Bestände. Ergebnisse hierzu werden an anderer Stelle berichtet.

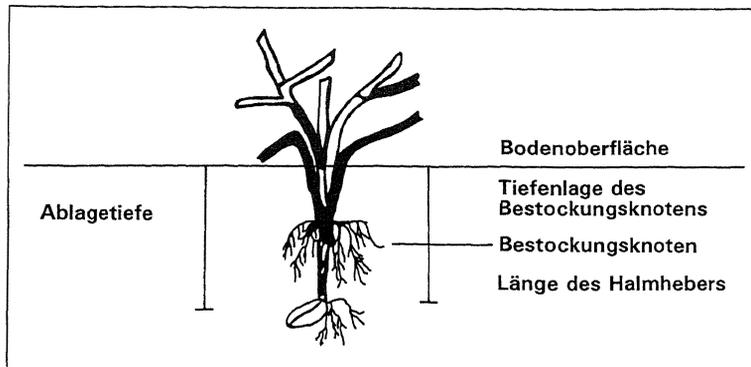


Abb. 1: An der Einzelpflanze erfaßte Parameter

Für die Feldversuche wurde ausschließlich die Winterhartweizensorte „Windur“ herangezogen. Die Variation von Vorfrucht und Saattermin beabsichtigte eine differenzierte Vorwinterentwicklung. Die Abstufung der Saattiefe diente in Interaktion mit dem Saattermin einer Differenzierung der Tiefenlage des Bestockungsknotens. Im Vergleich zu den Gefäßversuchen wurden, unter Rücksichtnahme auf den Feldaufgang, die Wirkstoffkonzentrationen der Tetcyclasis- und der Paclobutrazolvarianten (B3–B5) reduziert. Die behandelten Samen wurden vor Aussaat bei 30° C zurückgetrocknet und anschließend mit Sibutol gebeizt.

Die Unkrautbekämpfung erfolgte im Voraufbau mit 3 l/ha Tribunil sowie im Nachaufbau mit 4 l/ha Basagran. Im Herbst 1988 wurden nach Vorfrucht Hafer zusätzlich 1,5 l/ha Arelon appliziert.

In den Feldversuchen wurden an entnommenen Pflanzenproben eine Reihe kältetoleranz-relevanter Merkmale erfaßt. Eine Übersicht über die erfaßten Parameter bietet Tabelle 3. Die Meßbereiche zur Erfassung der Merkmale an Einzelpflanzen sind in Abbildung 1 wiedergegeben.

Tabelle 3
In den Feldversuchen zur Kältetoleranz erfaßte Merkmale

Merkmal	Zeitpunkt der Erfassung	erfaßt aus
Feldaufgang (%)	1-Blatt-Stadium	Parzelle
Feldaufgang (Tage nach der Saat)	1-Blatt-Stadium	Parzelle
Ablagetiefe (mm)	vor Wintereinbruch	25 Einzelpflanzen
Halmheberlänge (mm)	(25. 11.—10. 12. 1987,	pro Parzelle
Tiefenlage des Bestockungsknotens (mm)	5. 12.—13. 12. 1988)	

Die Werte der erfaßten Merkmale wurden für beide Versuchsansätze varianzanalytisch überprüft. Bei Varianzursachen mit signifikanten Werten im F-Test (Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %) wurden zum Mittelwertvergleich Grenzdifferenzen (Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %) errechnet und in der Darstellung der Ergebnisse angegeben.

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisse aus den Gefäßversuchen zur Kältetoleranz

Basis für die Darstellung von Ergebnissen ist ein Versuch des Jahres 1987. Bei mehreren weiteren Serien traten schwächere Differenzierungen und häufig unspezifische Effekte auf. Häufig starben alle Varianten ab oder überlebten

unterschiedslos. Dies geht höchstwahrscheinlich auch auf die variierenden und unterschiedlich andauernden Effekte natürlicher Witterungsverhältnisse nach Abhärtung bis zum Eintritt eines Temperaturniveaus von -10°C und darunter zurück. Leider lagen keine anderen Prüfmöglichkeiten vor. Auch diese Befunde weisen jedoch bereits auf Interaktionen zwischen Wirkstoffbehandlungs- und anschließenden Witterungseffekten hin. Die Pflanzen des näher dargestellten Versuchs waren nach Behandlung und Abhärtung vom 9. Februar 1987 bis 17. März 1987 natürlichen Temperaturen ausgesetzt. Die tiefste Temperatur, gemessen in 2 m Höhe, betrug $-12,5^{\circ}\text{C}$. Die Bonituren auf Auswinterungsschäden wurden am 20. und 26. März 1987 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

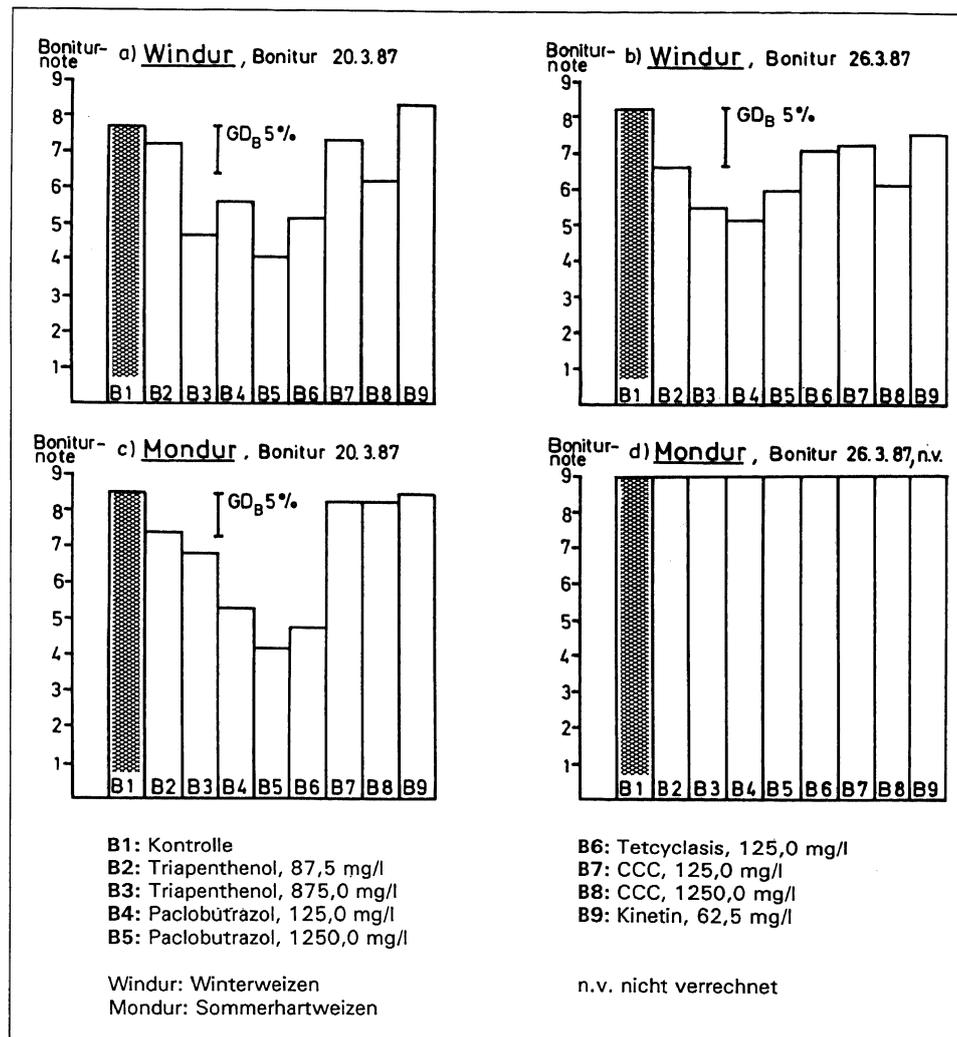


Abb. 2: Boniturnoten zum „Stand nach Winter“ bei der Winterhartweizensorte Windur und der Sommerhartweizensorte Mondur in Abhängigkeit von der Behandlung (Gefäßversuch 1987 zur Kältetoleranz)

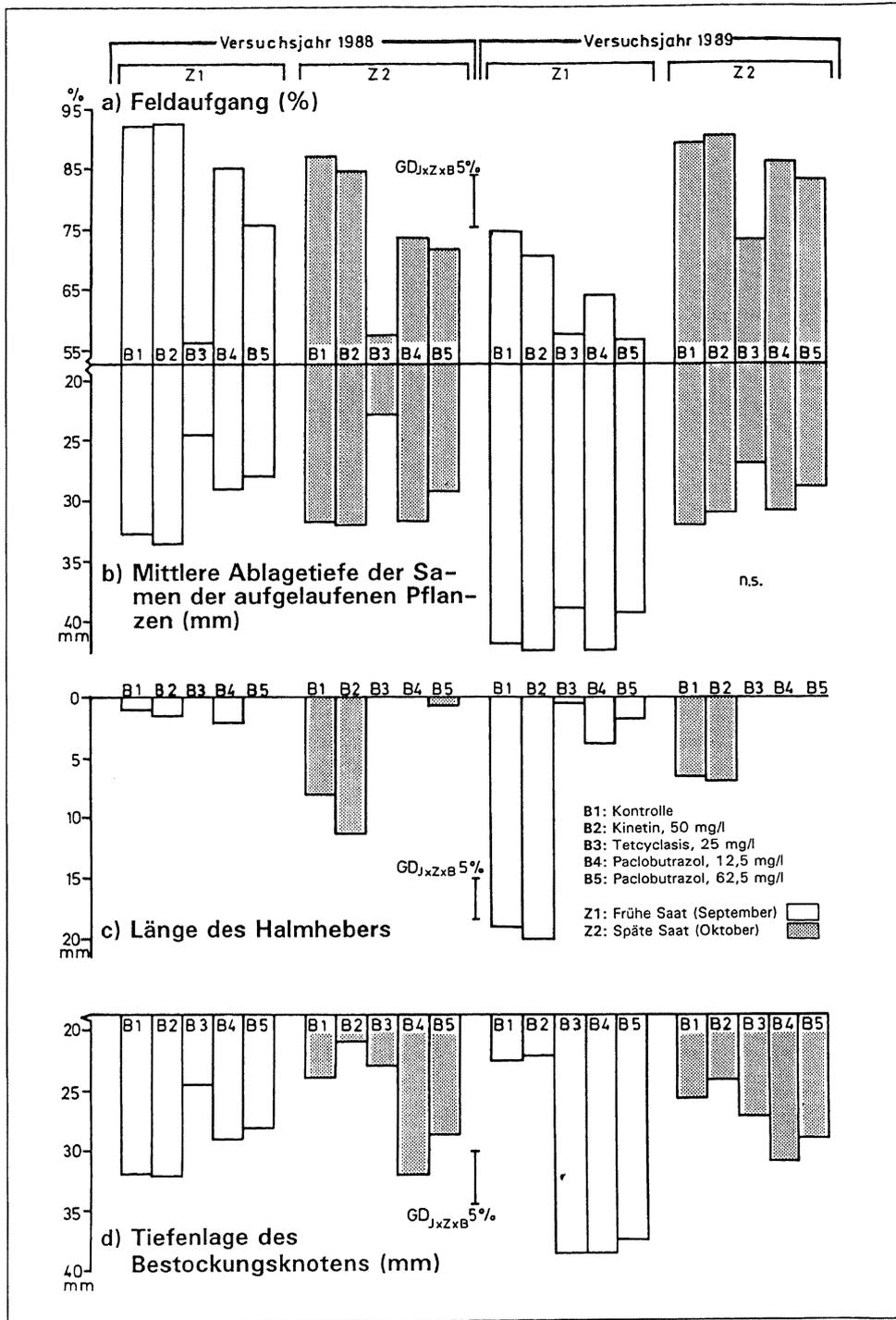


Abb. 3: Einfluß der Jahre, der Saatzeit und der Behandlungen auf den Feldaufgang (%), die mittlere Ablagetiefe der Samen der aufgelaufenen Pflanzen, die Länge des Halmhebers und die Tiefenlage des Bestockungsknotens (Feldversuche zur Kältetoleranz)

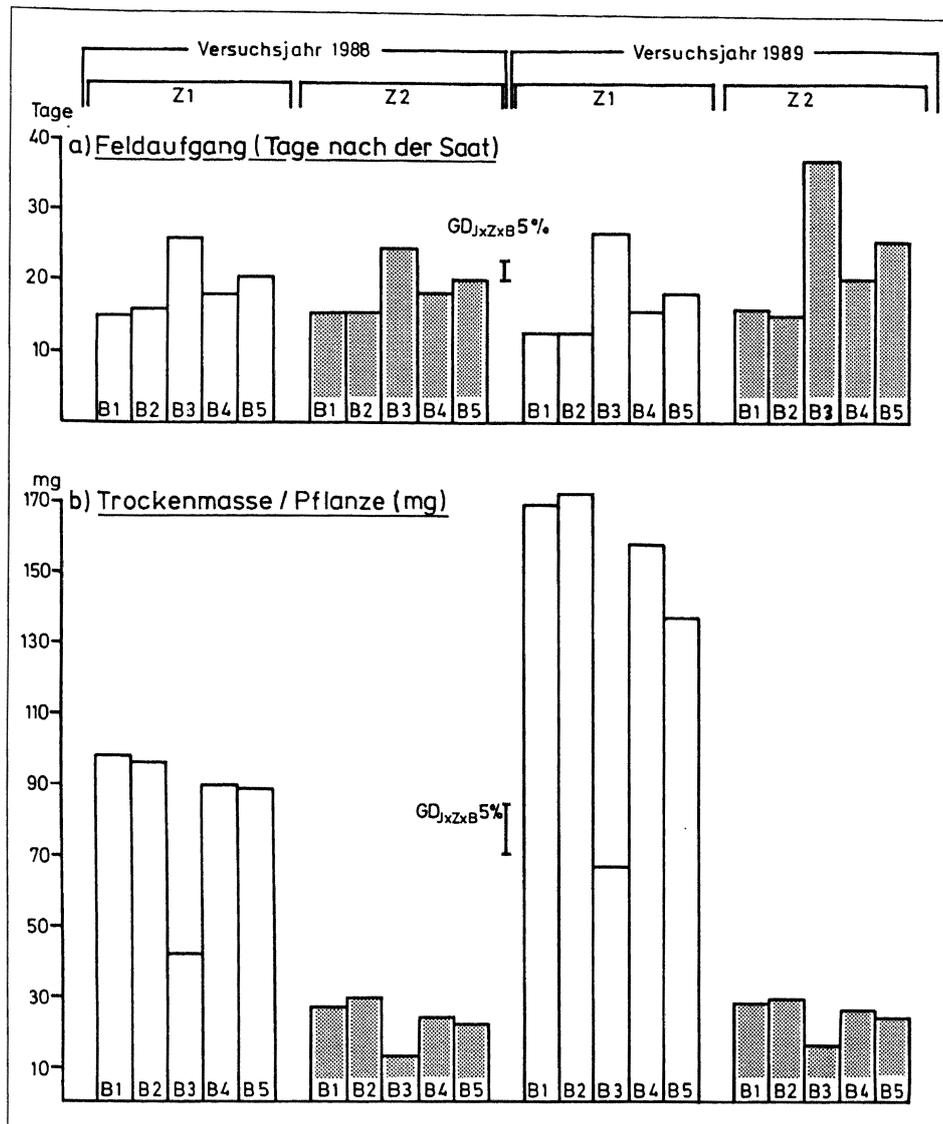


Abb. 4: Einfluß der Jahre, der Saatzeit und der Behandlungen auf den Felddaufgang (Tage nach der Saat) und die Trockenmassebildung pro Pflanze vor Winter (Feldversuche zur Kältetoleranz)

Die unbehandelten Kontrollpflanzen waren drei Tage nach Rückführung ins Gewächshaus mit Boniturnoten von 7,7 bei Windur und 8,5 bei Mondur nahezu vollständig abgestorben. Nach vorausgehender Saatgutbehandlung mit Triazolinen (B2–B5) und Tetcyclasis (B6) wurde eine wesentlich bessere Boniturnote zum „Stand nach Winter“ ermittelt. Auch die Saatgutbehandlung mit CCC in hoher Konzentration (B8) reduzierte die Auswinterungsschäden, allerdings nur bei der Winterhartweizensorte Windur (Abb. 2 a, 2 c).

Bis zur folgenden Bonitur, sechs Tage später, starben behandlungsunabhän-

gig alle Pflanzen der Sommerhartweizensorte Mondur ab. Zum Zeitpunkt der ersten Bonitur noch intakte Blätter vergilbten rasch, der Bestockungsknoten war zerstört (Abb. 2 d). Bei Windur unterschieden sich dagegen die Boniturnwerte der Behandlungsvarianten zu beiden Boniturzeitpunkten nur unwesentlich (Abb. 2 a, 2 b). Alle zum zweiten Boniturtermin noch lebenden Pflanzen regenerierten sich anschließend zügig.

4.2 Ergebnisse aus den Feldversuchen zur Kältetoleranz

In Abbildung 3 d ist der Einfluß der Saatgutbehandlung auf die Tiefenlage des Bestockungsknotens in Abhängigkeit von Versuchsjahr und Saatzeit dargestellt.

Die früh gesäten Bestände im ersten Versuchsjahr ausgenommen, konnte nach einer Behandlung mit Paclobutrazol (B4, B5) gegenüber der Kontrolle (B1) durchgehend ein tiefer im Boden verankerter Bestockungsknoten nachgewiesen werden. Nach einer Behandlung mit Tetcyclasis (B3) war dieser Effekt nur 1989 bei früher Saat, nach einer Behandlung mit Kinetin (B2) in keinem Fall, nachweisbar (Abb. 3 d). Die Ursache der tiefer im Boden verankerten Bestockungsknoten in den Behandlungsvarianten B3—B5 ist jeweils in der Unterbindung der Halmheberbildung zu sehen (Abb. 3 c). Allerdings wurde auch nach einer Behandlung mit Tetcyclasis durchgehend kein Halmheber gebildet. Die im Herbst 1987 früh gesäten Bestände, die auch unbehandelt keine Halmheber bildeten, ausgenommen, müßte daher auch in B3 gegenüber der Kontrolle eine tiefere Bestockungsknotenlage nachweisbar sein. Dies ist jedoch nicht der Fall, da die mit Tetcyclasis behandelten Varianten gegenüber der Kontrolle einen wesentlich geringeren Feldaufgang zeigten (Abb. 3 a). Aufgelaufene Pflanzen der Tetcyclasisvariante gingen auf eine im Mittel geringere Ablagetiefe der Samen als die der Kontrollvariante zurück (Abb. 3 b). Da alle Varianten gleich tief ausgesät wurden, bedeutet dies den Ausfall tief abgelegter Samen bei der Tetcyclasisvariante. Die Pflanzen der Variante B3 liefen um 10 bis 20 Tage später auf als die Pflanzen der übrigen Varianten (Abb. 4 a). Darüber hinaus bildeten die Pflanzen der Variante B3 vor Winter im Mittel nur ca. 50 % der Trockenmasse der Vergleichspflanzen (Abb. 4 b). Nach der Behandlung mit Paclobutrazol (B4, B5) war die Feldaufgangsverzögerung und die Verringerung der Trockenmassebildung nur andeutungsweise erkennbar.

5. Diskussion

Die Ergebnisse belegen teils physiologische, teils morphologische Effekte der Saatgutbehandlungen mit Wirkstoffen, die Einfluß auf die Kältetoleranz von Hartweizen nehmen. Zusammenhängend mit morphologischen Veränderungen der Pflanze einerseits und produktionstechnischen Maßnahmen wie der Saattiefe andererseits, kommen im Feldversuch Schutzeffekte des Bodens hinzu. Im Gefäßversuch scheidet diese Komponente verbesserter Kältetoleranz nach Saatgutbehandlung mit Triazolen oder Tetcyclasis aus. In den Kleingefäßen, aufgestellt auf Vegetationswagen, entsprachen bei gleichmäßiger Ablagetiefe die Bodentemperaturen weitgehend den Lufttemperaturen.

Verschiedene Untersuchungen (GUSTA und FOWLER 1976, BRULE-BABEL und FOWLER 1989) wiesen im Verlauf der Abhärtung einer Pflanze ansteigende Trockensubstanzgehalte nach. Mithin kann der Trockensubstanzgehalt als Indikator für Kältetoleranz gelten. DE NOMA et al. (1989) zeigten darüber hinaus einen Zusammenhang zwischen Sortenunterschieden in der Kältetoleranz von Weizen (*T. aestivum*) und der Zunahme des Trockensubstanzgehaltes im Verlauf der Abhärtung. In den vorliegenden Versuchen wurde zwar die Trockenmasse je

Literatur

- ANDERSON, H. M., N. D. S. HUBAND, P. J. MURPHY and R. D. CHILD, 1985: Improving winter hardiness in winter oats by seed treatment with tetcyclasis. *Brit. Crop Prot. Conf.-Weeds* 2, 569—573.
- ANDERSON, H. M. and N. D. S. HUBAND, 1987: Improvement of winter hardiness and seedling growth of oats with seed dressings of tetcyclasis. *Brit. Crop Prot. Conf. Monogr.* 36, 45—50.
- AUFHAMMER, W., E. KÜBLER und K.-G. FEDEROLF, 1989: Leistungsvergleich von Hartweizen (*T. durum*) und Weichweizen (*T. aestivum* ssp. *aestivum*) in einer Grenzlage für Hartweizenanbau. *Die Bodenkultur* 40, 119—133.
- BRULE-BABEL, A. L. and D. B. FOWLER, 1989: Use of controlled environments for winter cereal cold hardiness evaluation: Controlled freeze tests and tissue water content as prediction tests. *Can. J. Plant Sci.* 69, 355—566.
- BUCHENAUER, H., B. KUTZ und T. KOTHS, 1984: Wirkung verschiedener Triazol-Fungizide auf das Wachstum von Gerstenkeimlingen und Tomatenpflanzen sowie die Gibberelinge-halte und den Lipidstoffwechsel von Gerstenkeimlingen. *Z. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 91, 616—524.
- DE NOMA, J. T., G. A. TAYLOR and H. FERGUSON, 1989: Osmotic potential of winter wheat crowns for comparing cultivars varying in winterhardiness. *Agron. J.* 81, 159—163.
- DOFING, S. M. and J. W. SCHMIDT, 1985: Relationship between subcrown internode length and winter survival in winter barley. *Crop Sci.* 25, 690—692.
- FEDEROLF, K.-G., 1990: Zur Entwicklung und Leistungsfähigkeit von Hartweizen (*T. turgidum* ssp. *durum*) und Weichweizen (*T. aestivum* ssp. *aestivum*) unter Berücksichtigung der Überwinterungsfähigkeit von Hartweizenbeständen. Dissertation, Universität Hohenheim
- FOWLER, D. B. and R. J. CARLES, 1979: Growth, development and cold tolerance of fall-acclimated cereal grains. *Crop Sci.* 19, 915—922.
- GUSTA, L. V. and D. B. FOWLER, 1976: Effects of temperature on dehardening and rehardening of winter cereals. *Can. J. Plant Sci.* 56, 673—678.
- KAIL, R. M., B. J. KOLP and K. E. BOHENENBLUST, 1972: Influence of temperature on crown depth development of winter barley. *Crop Sci.* 12, 872—874.
- KOCH, H. D., 1978: Stand und Entwicklung der Winterfestigkeit der Getreidearten in der DDR. *Tag-Berichte d. Akad. d. Landw.-Wissensch.* 167, 47—56.
- KRETSCHMER, G., 1967: Bodentemperatur, Bestockungsknotentiefe und Überwinterung von Getreide. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 126, 229—256.
- RUCKENBAUER, P., 1987: Breeding durum wheat for climatic border areas in Europe. In: I. D. MORTON (ed.): *Cereals in an European context*. VHC-Verlagsgesellschaft Weinheim, 81—92.
- SHEVELUKHA, V. S., M. A. BOCHAROVA, T. I. TRUNOVA, G. N. SHANBANOVICH, A. A. SHAPOVALOV and Y. A. BASKAKOV, 1984: Winter wheat frost resistance under seed pelleting with Kartoline. *Sel' Skokkozyaistvennaya Biologiya* 3, 17—20 (engl. Zus.).
- STEPONKUS, P. L., 1978: Cold hardiness and freezing injury of agronomic crops. *Advances in Agronomy* 30, 51—98.
- STOSKOPF, N. C., 1985: *Cereal grain crops*. Reston-Publishing-Company, Reston Virginia.
- TAYLOR, G. A. and R. A. OLSON, 1985: Desiccation as a major fact in winter injury of wheat. I. Field studies. *Cer. Res. Comm.* 13, 337—341.
- ZADONCEV, A. I., G. R. PIKUS und A. L. GRINCENCO, 1977: Chlorcholinchlorid in der Pflanzenproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, DDR.

(Manuskript eingelangt am 8. Oktober 1991, angenommen am 18. Oktober 1991)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Walter AUFHAMMER und Dr. K.-G. FEDEROLF, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Postfach 700562, D-7000 Stuttgart 70