

Probleme mit Auswinterung, Trockenstress, Virose, Spätfrost und Zwiewuchs bei Weizen und Wintergerste im Jahr 2012 in Österreich

Problems with winterkill, drought, virus diseases, late spring frost and secondary tillering of winter wheat and winter barley in Austria in 2012

Michael Oberforster^{1*}

Abstract

This study examines the effect of winterkill, drought, *wheat dwarf virus*, late spring frost and secondary tillering on winter barley and winter wheat. The findings are based on results of exact trials and observations of agricultural practices. Reasons for winterkill may vary greatly. If the damages are allocated as precisely as possible to the main causes (i.e. low temperature, snow mold infestation, *Typhula* rot), G×E interactions are significantly reduced. In 2012 temperatures -15 to -22°C in the first half of February was decisive. The extent of damage assessed in VCU trials was mostly well reproduced over the different environments (winter barley: $r=0.64^{**}$ to 0.90^{**} ; winter wheat: $r=0.32$ n.s. to 0.90^{**}). From October 2011 to May 2012 parts of the Pannonian region received only 130 to 180 mm of precipitation. In the wheat nursery the symptoms of drought stress, i.e. leaf rolling and spike tip sterility, were investigated. Results from 2011 and 2012 showed a repeatability of $r=0.47^*$ to 0.72^{**} (leaf rolling) and $r=0.70^{**}$ to 0.88^{**} (spike tip sterility). However, neither parameter is always well suited for determining the drought tolerance of genotypes. In the northeast of the country, *wheat dwarf virus* (WDV) often appeared on winter wheat. The plants were infected predominantly in spring and to a limited degree in autumn. In the northeastern plains and hills, in the eastern foothills of the Alps and in Waldviertel (northwest of Lower Austria), the temperature dropped to +3 to -6 °C during the night of 17-18 May. On cereals (especially winter barley, winter wheat, and rye) this late spring frost sometimes led to partial or complete sterility. In June and July cereals showed a great degree of secondary tillering regionally. Especially affected were plant populations that had suffered from winterkill, drought, late spring frost or *wheat dwarf virus* infections.

Keywords

Hordeum vulgare, leaf rolling, spike tip sterility, spring freeze injury, *Triticum aestivum*, *wheat dwarf virus*, winter hardiness

Einleitung

Das Jahr 2012 verlief für einige Getreideproduktionsgebiete Österreichs ungünstig. Eine Folge von Widrigkeiten - Aus-

winterung, ausgeprägte Trockenheit, Schädigung durch Spätfrost, viröse Weizenverzweigung und Zwiewuchs - führte in der Landwirtschaft vielfach zu enttäuschenden Ergebnissen. Die Kornerträge mancher Arten blieben gravierend unter dem langjährigen Mittel. Bei Winterweizen wurden landesweit nur 42,4 dt·ha⁻¹ geerntet. In Niederösterreich waren es durchschnittlich 36,2 dt·ha⁻¹, so wenig wie zuletzt 1981. In neun Bezirken (Baden, Bruck an der Leitha, Gänserndorf, Hollabrunn, Korneuburg, Mistelbach, Mödling, Wiener Neustadt Land, Wien Umgebung) des nordöstlichen Flach- und Hügellandes, welche insgesamt 43,3% (121500 ha) der österreichischen Weizenfläche repräsentieren, variierte der mittlere Weizenantrag von 26,1 bis 37,6 dt·ha⁻¹ (STATISTIK AUSTRIA 2012). In dieser Arbeit werden Ergebnisse der amtlichen Sortenwertprüfung von Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.) und Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) präsentiert sowie über Beobachtungen aus der landwirtschaftlichen Praxis berichtet.

Material und Methoden

Auswinterung

Bei Wintergerste werden Daten der Versuche Großnondorf (Gro, Bez. Hollabrunn), Reichersberg (Rei, Bez. Ried im Innkreis) und Bad Wimsbach-Neydharting (Wim1, Wim2, Bez. Wels-Land) mitgeteilt. Bei Winterweizen (Feuchtlagensortiment) sind es die Standorte Reichersberg (Rei1), Freistadt (Fre, Bez. Freistadt) und Schönfeld (Sch1, Bez. Zwettl). Die einfaktoriellen Versuche waren als Gitteranlagen mit drei- bis vierfacher Wiederholung der Prüfglieder und Parzellen von 8,1 bis 12,0 m² konzipiert. Einbezogen wurden auch Weizenregister mit zwei Wiederholungen und Parzellen von 3,8 bis 5,0 m². Es handelt sich um die Versuche Grabenegg (Gra, Bez. Melk), Reichersberg (Rei2) und Schönfeld (Sch2). Die Beurteilung der Symptome erfolgte gemäß den Richtlinien für die Sortenprüfung (BFL 2002). Dabei bedeutet die Note 1 keine Auswinterungsschäden, die Note 5 mittlere Schäden und die Note 9 sehr starke Schäden. Zumeist erfolgte die Bonitur an zwei bis vier Terminen (Wintergerste: 3. März bis 3. April; Winterweizen: 3. März bis 19. April); verrechnet wurden die Mittelwerte. Die zeitlich späteren Erhebungen zeigen das Ausmaß der Erfrierungen mitunter präziser an bzw. schließen die Fähigkeit der Pflanzen zur Regeneration mit ein.

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Spargelfeldstraße 191, A-1220 WIEN

* Ansprechpartner: Michael OBERFORSTER, michael.oberforster@ages.at



Trockenstress

Bei Winterweizen wurden das Blattrollen und die Ährenspitzensterilität als morphologische Parameter von Trockenstress untersucht. Es handelt sich um die pannonischen Standorte Fuchsenbigl (Fuc, Bez. Gänserndorf), Andau (And, Bez. Neusiedl am See) und Mistelbach (Mis, Bez. Mistelbach). Die Beurteilung erfolgte nach dem Schema von 1 bis 9 (1, kein Blattrollen, keine sterilen Ährenspitzen; 9, sehr starkes Blattrollen, in sehr hohem Ausmaß sterile Ährenspitzen). Die Erhebung wurde an ein bis zwei Terminen der Jahre 2011 und 2012 durchgeführt (Blattrollen: 17. Mai bis 16. Juni, BBCH 37-73; Ährenspitzensterilität: 31. Mai bis 10. Juni, BBCH 65-71).

Spätfrost, Zwiewuchs

Es werden Ergebnisse des Versuches Atzenbrugg (Bez. Tulln) mitgeteilt. Die Symptome wurden am 20. Juli nach dem Schema von 1 bis 9 (1, kein Spätfrostschaden, kein Zwiewuchs; 9, sehr starker Spätfrostschaden, sehr starker Zwiewuchs) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Auswinterung

Die Ausprägung der Winterhärte von Pflanzen ist das Ergebnis zahlreicher externer und interner Faktoren (FOWLER und GUSTA 1979). Entscheidend sind die einwirkende Temperatur, die Lichtintensität und die zeitliche Dauer der Akklimatisation. Für den Schädigungsgrad der Saaten sind die tiefsten Temperaturen, die Dauer der Frostperiode, eine eventuelle Isolierung durch Schnee, der Abhärtungsgrad, das Entwicklungsstadium und die genetische Konstitution der Sorten bestimmend. Weiters können der Bodenschluss, die Bodenfeuchte, die Gesundheit des Saatgutes, die Ablagetiefe der Körner, die Versorgung mit Nährstoffen sowie eventuelle Pflanzenschäden durch im Herbst angewandte Herbizide die Überwinterung positiv oder negativ beeinflussen. Auswinterungsdaten sind aufgrund heterogener Bodenbedingungen, einer ungleichen Schneebedeckung usw. oftmals mit einem erheblichen Versuchsfehler behaftet (FOWLER 1979). Zwischen dem 2. und 13. Februar 2012 fiel die Temperatur (Messhöhe 2 m) am Standort Fuchsenbigl auf -12 bis -16°C, in Großnondorf auf -13 bis -20°C, in Grabenegg auf -11 bis -22°C sowie in Freistadt und Schönfeld auf -13 bis -22°C (Abbildung 1). Ab dem 6. bzw. 7. Februar waren die Pflanzen durch wenige Zentimeter Schnee etwas geschützt.

Tabelle 1: Auswinterung durch Frost (Bonitur 1-9) in Wertprüfungen von Wintergerste und intervarietale Korrelationen (r) (4 Versuche von 2011/12, 20 Sorten)

Table 1: Winterkill by freezing (scale of 1-9) in VCU trials of winter barley and intervarietal correlations (r) (4 trials 2011/12, 20 cultivars)

Sorte (Zeiligkeit ¹)	Gro	Rei	Wim1	Wim2	Mittel
Christelle (M)	7,0	4,0	5,0	5,7	5,4
KWS Cassia (Z)	5,6	2,5	3,3	3,3	3,7
Yatzy (Z)	6,0	2,8	3,3	2,3	3,6
Anemone (Z)	5,8	2,0	3,3	3,3	3,6
Valentina (Z)	5,6	2,5	2,3	3,0	3,4
KWS Scala (Z)	5,8	2,3	2,0	2,3	3,1
Hannelore (Z)	4,1	3,0	2,7	2,3	3,0
Marielle (Z)	4,3	3,0	2,3	1,7	2,8
Semper (Z)	4,5	1,9	2,0	1,7	2,5
Wendy (M)	4,1	2,3	2,0	1,3	2,4
Henriette (M)	3,8	2,4	1,3	2,0	2,4
Saphira (M)	3,7	2,8	1,3	1,7	2,4
Susi (M)	4,5	1,9	1,3	1,7	2,4
Arcanda (Z)	4,4	1,5	1,3	1,7	2,2
Sandra (Z)	3,9	1,3	1,7	1,7	2,2
Gloria (Z)	3,2	1,8	1,3	2,0	2,1
KWS Meridian (M)	4,0	1,8	1,0	1,0	2,0
Precosa (Z)	3,7	1,4	1,0	1,0	1,8
Reni (Z)	2,8	1,3	1,0	1,0	1,5
SU Vireni (Z)	2,4	1,4	1,0	1,0	1,5
Gro	-	0,64**	0,85**	0,82**	0,92**
Rei		-	0,76**	0,72**	0,82**
Wim1			-	0,90**	0,96**
Wim2				-	0,95**

¹ M, mehrzeilig; Z, zweizeilig; *, **, signifikant bei $P < 0,05$ bzw. $P < 0,01$

Die Fröste schädigten sämtliche Wintergetreidearten mit Ausnahme von Roggen. In erster Linie waren Saaten im nordöstlichen Flach- und Hügelland, im Alpenvorland sowie im Mühl- und Waldviertel betroffen. Österreichweit wurden etwa 19000 ha, das sind knapp 4% der Wintergetreidefläche

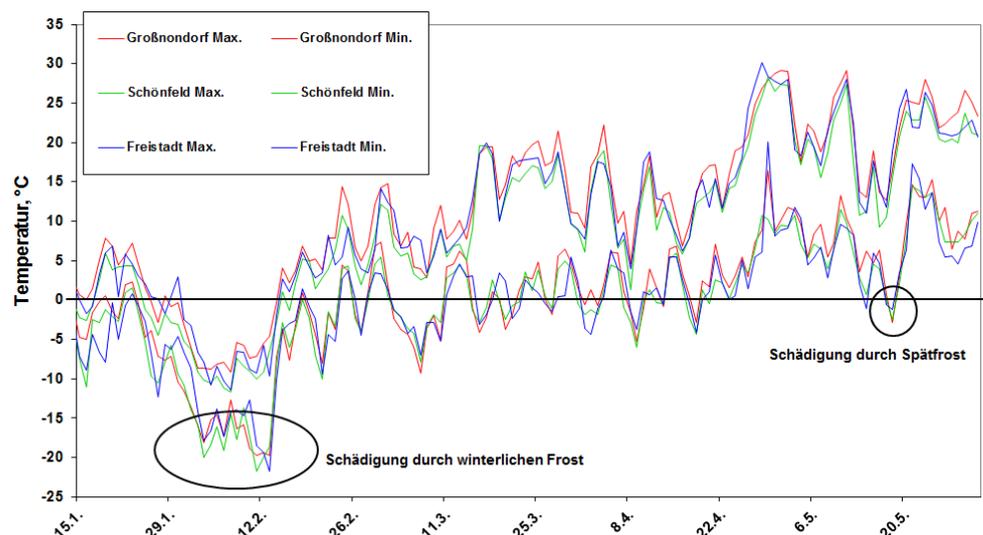


Abbildung 1: Tagestemperatur (°C, Maximal- und Minimalwert) an drei Standorten von 1. Jänner bis 30. Mai 2012

Figure 1: Daytime temperature (°C, maximum and minimum value) at three locations from 1 January to 30 May 2012

umgebrochen (Österreichische Hagelversicherung, pers. Mitteilung). Insgesamt dürften schätzungsweise 30 bis 40% des Wintergetreides geringfügig bis deutlich beeinträchtigt gewesen sein. Zuletzt gab es im Jahr 2003 derart gravierende Frostschäden.

Wintergerste und Winterweizen zeigten eine signifikante genotypische Variabilität der winterlichen Frosthärte. Die Gerstensorten 'Gloria', 'KWS Meridian', 'Precosa', 'Reni', 'Sandra' und 'SU Vireni' haben die Fröste deutlich besser überdauert als 'Anemone', 'Christelle', 'KWS Cassia', 'KWS Scala', 'Valentina' und 'Yatzy' (Tabelle 1). Dass Genotypen auch jahresspezifisch reagieren können, ist nicht ungewöhnlich. Die Sorte 'Reni' präsentierte sich im Jahr 2012 deutlich frosthärter als in der Vergangenheit. Bei den Weizen des östlichen Trockengebietes fielen 'Adesso', 'Angelus', 'Arnold', 'Capo', 'Element', 'Estevan' und 'Lucio' positiv auf. 'Fulvio', 'Lukullus', 'Pedro' und 'Xerxes' hatten mehr unter dem Frost gelitten (Ergebnisse nicht dargestellt). Bei günstigen Wuchsbedingungen können sich mäßig geschädigte Bestände oft rasch erholen. In der pannonischen Region war dies wegen der Trockenheit im März und April 2012 nur eingeschränkt der Fall. Von den in Feucht- und Übergangslagen getesteten Weizen tolerierten 'Arktis', 'Kerubino', 'Mulan', 'Norenos', 'Papageno' und 'Sailor' die Kälte vergleichsweise gut. 'Antonius', 'Chevalier', 'Hewitt', 'Lukullus', 'Pedro' und 'Winnetou' wurden stärker ausgedünnt (Tabelle 2).

Die Ausprägung der Symptome war über die Umwelten mehrheitlich signifikant reproduzierbar (Wintergerste: $r=0,64^{**}$ bis $0,90^{**}$; Winterweizen: $r=0,32$ n.s. bis $0,90^{**}$). Eine geringe Übereinstimmung zeigten lediglich die Weizenregister Rei2 und Sch2. Die Begründung liegt in der verminderten Zahl an Wiederholungen und einer zeitweiligen sowie ungleichen Vernässung im Versuch Sch2. Die unterschiedliche Pflanzenentwicklung (Wintergerste: BBCH 23-27; Winterweizen: BBCH 13-25) änderte die Sortenrangfolgen nur wenig. Ein oft erwähnter erheblicher Umwelteinfluss auf die sortenbedingte Auswinterung beruht teilweise auf der Vermengung der einwirkenden Faktoren. Werden die durch winterlichen Frost, Schneeschimmel (*Microdochim nivale*) oder Typhulafäule (*Typhula incarnata*, *T. ishikariensis*) verursachten Schäden separiert, verhalten sich die Sorten einheitlicher. Die G×U-Wechselwirkungen des Merkmals Frosthärte sind wesentlich geringer als bei der Trockenheitstoleranz.

Die Verrechnung langjähriger Datenreihen der österreichischen Wertprüfung belegt, dass es bei der Frostfestigkeit von Wintergerste und Weizen in den letzten drei Jahrzehnten keinen züchterischen Fortschritt im Sinne eines signifikanten Trends gibt. Bereits in den 1970er und 1980er Jahren waren Sorten mit ausgeprägter Winterhärte verfügbar. Die ehemals registrierten Wintergersten 'Bomba', 'Dura', 'Judith', 'Probstdorfer Robusta', 'Rachel', 'Rebekka', 'Renta' und die Weizen 'Agron', 'Amadeus', 'Extrem',

Tabelle 2: Auswinterung durch Frost (Bonitur 1-9) in Wertprüfungen von Winterweizen und intervarietale Korrelationen (r) (6 Versuche der Feucht- und Übergangslagen 2011/12, 18 Sorten)

Table 2: Winterkill by freezing (scale of 1-9) in VCU trials of winter wheat and intervarietal correlations (r) (6 trials from the humid region 2011/12, 18 cultivars)

Sorte (Backqualität ¹)	Gra	Rei1	Rei2	Fre	Sch1	Sch2	Mittel
Winnetou (F)	4,0	3,5	3,8	7,3	8,3	8,8	6,0
Chevalier (M)	5,0	3,2	3,8	6,1	5,8	4,0	4,7
Lukullus (Q)	4,0	3,2	3,5	6,3	4,9	6,0	4,7
Pedro (M)	4,7	3,3	4,0	5,5	5,9	4,5	4,7
Hewitt (F)	3,2	3,0	3,3	6,5	5,0	6,3	4,6
Antonius (Q)	2,2	3,1	3,5	6,6	6,7	4,3	4,4
Justinus (M)	2,8	2,8	3,0	6,9	5,5	4,0	4,2
Henrik (F)	2,5	3,2	4,5	5,0	5,1	3,1	3,9
Plutos (M)	3,0	3,1	3,3	5,4	4,7	3,5	3,8
Richard (Q)	2,8	2,8	3,0	4,8	4,5	4,5	3,7
Estivus (M)	2,2	2,7	3,3	5,3	4,6	3,1	3,5
Sax (M)	2,2	2,6	3,3	4,5	4,5	2,1	3,2
Kerubino (M)	2,5	2,6	2,3	4,8	2,0	4,6	3,1
Mulan (M)	2,2	2,7	3,3	3,9	3,8	2,0	3,0
Norenos (Q)	1,5	2,3	3,5	3,9	3,2	2,8	2,9
Papageno (F)	1,0	2,2	2,5	3,4	2,2	3,8	2,5
Sailor (M)	1,7	2,0	2,3	2,4	1,0	1,3	1,8
Arktis (Q)	1,0	1,9	2,5	1,8	1,2	1,5	1,7
Gra	-	0,84**	0,58**	0,72**	0,70**	0,61**	0,83**
Rei1		-	0,78**	0,87**	0,90**	0,70**	0,94**
Rei2			-	0,56**	0,76**	0,32	0,69**
Fre				-	0,89**	0,78**	0,94**
Sch1					-	0,68**	0,94**
Sch2						-	0,84**

¹ F, Futterweizen; M, Mahlweizen; Q, Qualitätsweizen; *, ** signifikant bei $P<0,05$ bzw. $P<0,01$

‘Karat’, ‘Martin’, ‘Perlo’, ‘Pokal’ zeigen diesbezüglich ein ähnliches Niveau wie die aktuellen Sorten ‘Precosa’ und ‘SU Vireni’ bzw. ‘Norenos’ und ‘Papageno’. Jedenfalls ist im Zuchtmaterial eine ausreichende genetische Variabilität vorhanden. Auch die Tatsache, dass die Winterfestigkeit in Konkurrenz mit anderen Werteigenschaften steht, erklärt nicht den fehlenden Zuchterfolg. Die Hauptursachen sind das unregelmäßige Auftreten schädigender Kälte, der Aufwand für die Etablierung provokativer oder künstlicher Methoden und die meist unbefriedigende Eignung indirekter Parameter. Zudem gilt die Winterhärte bei manchen Züchtern nicht als prioritäres Merkmal. Die markergestützte Selektion auf Frosttoleranz (LEIPNER et al. 2010) hat bei den Getreidezüchtern bisher kaum Eingang gefunden. Standorte mit extremen klimatischen Bedingungen oder Jahre mit differenzierter Schädigung eignen sich am besten zur Beurteilung der Winterfestigkeit von Getreidesorten.

Trockenheit

Trockenheit ist ein bedeutsamer Umweltfaktor, der die Nutzung des genetischen Ertragspotenzials begrenzt. Je nach Ausmaß des Wassermangels werden zahlreiche Stoffwechsellvorgänge in Mitleidenschaft gezogen. Bei der Ertragsreaktion treten in hohem Maße G×U-Wechselwirkungen auf (BLUM 1989). Ergebnisse in frühen Wachstumsstadien lassen kaum Aussagen über die Dürretoleranz in späteren Stadien zu.

Vor allem im nordöstlichen Flach- und Hügelland gab es vom Herbst bis ins Frühjahr zuwenig Niederschlag. In den acht Monaten von Oktober 2011 bis Mai 2012 wurden an den Stationen Hohenau, Poysdorf und Mistelbach nur 131 bis 176 mm gemessen, das sind 47 bis 60% des Normwertes (Tabelle 3). Da in der Vegetationsperiode zeitweilig auch überdurchschnittliche Temperaturen herrschten, wirkte sich dies höchst ungünstig auf die Ertragsbildung aus.

Es wurden zahlreiche physiologische, morphologische und phänologische Merkmale als Indikatoren für Trockentoleranz beschrieben (PALEG und ASPINALL 1981, VAN GINKEL et al. 1998). Im Folgenden werden das Einrollen der Blätter und die Ährenspitzensterilität von Winterweizen als morphologische Parameter der Dürretoleranz untersucht.

Das Blattrollen ist ein Ausdruck des Welkens und tritt vorwiegend bei Poaceae auf. Es kann als adaptives Element zur Vermeidung von Blattseneszenz angesehen werden. Spätere Regenfälle sind dadurch von den Pflanzen besser nutzbar (RICHARDS et al. 2001). Das Einrollen der Blätter verringert die Transpiration und den Wasserverbrauch. Dennoch sind Genotypen, welche bei Trockenstress den Turgor in den Zellen länger aufrechterhalten, d.h. mit geringerem Blattrollen reagieren, zu bevorzugen. Sie verfügen offensichtlich über ein tiefer reichendes oder effizienteres Wurzelsystem und schaffen damit einen besseren Zugang zu Bodenwasser (BLUM 2011).

Die in den Jahren 2011 und 2012 in drei Versuchen erhobenen Daten lassen eine beachtliche genotypische Variabilität erkennen. Die Sorten ‘Midas’, ‘Lukullus’, ‘Vulcanus’ und ‘Xerxes’ waren weniger davon betroffen als ‘Capo’, ‘Element’, ‘Ergo’, ‘Lucio’ und ‘Norenos’ (Tabelle 4). Die Genotypen reagierten in den Einzelumwelten ähnlich ($r=0,47^*$ bis $0,72^{**}$). Allerdings erschwert die meist schwach ausgeprägte Beziehung zu Ertragsparametern die züchterische Nutzbarkeit. In einer von 2005 bis 2007 bei Winterweizen durchgeführten Prüferserie war das Blattrollen intervarietal nur lose ($r=0,55^*$ bzw. $0,41$ n.s.) mit dem Ertragsverlust assoziiert (OBERFORSTER und FLAMM 2007). Unterschiede im Blattrollen könnten auch von der Blattmorphologie etwas beeinflusst sein (JONES 1979).

Die Basalsterilität der Ähren ist zumeist das Ergebnis erhöhter zwischen- und innerpflanzlicher Konkurrenz infolge einer übermäßigen Bildung von Bestockungstrieben. Hingegen bedeutet eine während des Schossens auftretende Trockenperiode neben der Triebreduktion oftmals eine markante Rückbildung terminaler Ährchen. Bei Weizen äußert sich dies in weißlichen und verkümmerten Ährenspitzen (Abbildung 2). Bei extremer Wasserarmut kann die Hälfte der Ährchen reduziert sein. In den Prüfungen von 2011 und 2012 zeigten sich die Sorten ‘Capo’, ‘Element’, ‘Ergo’ und ‘Norenos’ stärker davon betroffen. In wesentlich geringerem Ausmaß bildeten ‘Arnold’, ‘Lucio’, ‘Lukullus’, ‘Pedro’ und ‘Xerxes’ Ährchen zurück (Tabelle 5). Die Sorten verhielten sich in den vier Versuchen ähnlich ($r=0,70^{**}$ bis $0,88^{**}$). Genotypische Unterschiede in der Zeitigkeit des

Tabelle 3: Niederschläge (mm) an drei Standorten des nordöstlichen Flach- und Hügellandes von Oktober 2011 bis Juli 2012 (Monatssumme, Abweichung vom langjährigen Monatsmittel)

Table 3: Precipitation (mm) at three locations of the northeastern plains and hills from October 2011 to July 2012 (monthly sum, deviation from long-term monthly average)

Monat	Hohenau		Poysdorf		Mistelbach	
	Absolut	Abweichung	Absolut	Abweichung	Absolut	Abweichung
Oktober	27	-3	34	+1	42	+10
November	1	-42	1	-40	2	-35
Dezember	14	-20	14	-20	18	-18
Jänner	27	±0	37	+7	42	+13
Februar	15	-10	20	-9	22	-7
März	6	-22	7	-27	11	-27
April	20	-18	24	-17	30	-6
Mai	21	-32	15	-41	8	-46
Juni	66	+4	119	+60	116	+44
Juli	52	-12	113	+55	90	+19
Σ Oktober - Mai	131	-147	152	-146	176	-116
Σ Oktober - Juli	249	-155	374	-31	374	-53

Quelle: ZAMG, LFS Mistelbach

Tabelle 4: Blattrollen als Symptom von Trockenstress (Bonitur 1-9) in Wertprüfungen von Winterweizen und intervarietale Korrelationen (r) (3 Versuche von 2011-2012, 19 Sorten)

Table 4: Leaf rolling as a symptom of drought stress (scale of 1-9) in VCU trials of winter wheat and intervarietal correlations (r) (3 trials from 2011-2012, 19 cultivars)

Sorte (Backqualität ¹)	And11	Mis11	And12	Mittel
Capo (Q)	7,8	6,0	7,5	7,1
Element (Q)	6,5	6,7	7,3	6,8
Norenos (Q)	6,0	6,3	7,3	6,5
Energo (Q)	6,7	7,0	5,5	6,4
Lucio (Q)	4,0	7,5	5,5	5,7
Adesso (Q)	4,5	5,0	6,5	5,3
Pannonikus (Q)	5,3	5,3	4,8	5,1
Estevan (Q)	4,5	5,0	5,8	5,1
Pedro (M)	5,0	5,3	4,8	5,0
Arnold (Q)	2,8	5,5	6,8	5,0
Albertus (Q)	3,5	4,8	6,5	4,9
Astardo (Q)	3,3	5,2	5,5	4,7
Fulvio (Q)	4,0	5,0	4,5	4,5
Angelus (Q)	2,7	3,3	6,3	4,1
Antonius (Q)	3,0	3,0	6,3	4,1
Midas (Q)	3,3	3,8	4,0	3,7
Lukullus (Q)	2,8	3,3	4,8	3,6
Vulcanus (Q)	2,8	2,8	3,5	3,0
Xerxes (M)	2,5	3,7	2,5	2,9
And11	-	0,72**	0,50*	0,89**
Mis11		-	0,47*	0,87**
And12			-	0,77**

¹ Abkürzungen siehe *Tabelle 2*

Ährenschiebens übten keinen Einfluss aus. Jedoch wäre es eine unzulässige Vereinfachung, das Ausmaß steriler Ährenspitzen mit den Ertragseinbußen gleichzusetzen. Denn eine Reduktion von Blütenanlagen bei Aufrechterhaltung der Funktionalität von Ährchen ist visuell wenig auffällig. Weiters ermöglicht das Tausendkorngewicht als zuletzt realisierte Ertragskomponente einen gewissen Ausgleich.

Hinsichtlich Blattrollen und Ährenspitzensterilität reagieren die Sorten ähnlich (z.B. 'Capo', 'Element', 'Energo', 'Lukullus', 'Norenos') bis deutlich abweichend (z.B. 'Lucio'). Die Ergebnisse deuten eine mangelhafte Adaptation von 'Capo', 'Element' oder 'Energo' an die Bedingungen der pannonischen Region an. Dem widerspricht allerdings, dass die genannten Sorten bedeutende Anbauflächen einnehmen.

Für die Züchtung auf Dürretoleranz ist besonders herausfordernd, dass die Ertragsreaktion der Genotypen über die Umwelten oft wenig reproduzierbar ist. Dies hängt einerseits mit den komplexen Anlage- und Reduktionsprozessen der Ertragskomponenten zusammen. In Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium, in welchem der Trockenstress die Pflanzen trifft, können die Sortenrangfolgen sehr verschieden sein. Andererseits wirken Trockenheit und Hitze oftmals gemeinsam und sind dann in ihren Effekten nicht voneinander zu isolieren. Auch sind die Methoden zur Charakterisierung der Genotypen mitunter ungenau oder erfordern einen hohen zeitlichen Aufwand (FLAMM et al. 2013). Durch Kombination mehrerer Merkmale und Einbeziehung von zur Trockenheit neigenden Selektionsstandorten ist eine verbesserte Adaptation zukünftiger Weizensorten an ein knappes Wasserangebot möglich (PAUK et al. 2010). Rasche züchterische Fortschritte in der Reaktion des Getreides auf Trockenstress sind jedoch nicht zu erwarten.

Tabelle 5: Ährenspitzensterilität als Symptom von Trockenstress (Bonitur 1-9) in Wertprüfungen von Winterweizen und intervarietale Korrelationen (r) (4 Versuche von 2011-2012, 13 Sorten)

Table 5: Spike tip sterility as a symptom of drought stress (scale of 1-9) in VCU trials of winter wheat and intervarietal correlations (r) (4 trials from 2011-2012, 13 cultivars)

Sorte (Backqualität ¹)	And11	Fuc12	And12	Mis12	Mittel
Capo (Q)	3,5	5,5	4,8	4,7	4,6
Norenos (Q)	4,5	6,0	3,0	4,8	4,6
Element (Q)	4,5	4,5	4,5	4,0	4,4
Energo (Q)	4,3	4,5	4,8	3,0	4,2
Albertus (Q)	3,3	4,0	3,3	2,8	3,4
Astardo (Q)	3,3	3,0	3,0	2,8	3,0
Adesso (Q)	3,3	2,5	3,0	2,8	2,9
Angelus (Q)	2,7	3,0	3,0	2,2	2,7
Arnold (Q)	2,8	2,0	2,8	2,0	2,4
Xerxes (M)	2,3	2,0	2,0	2,5	2,2
Lukullus (Q)	2,0	2,0	2,0	1,7	1,9
Pedro (M)	2,3	1,0	1,5	2,3	1,8
Lucio (Q)	1,5	2,0	1,3	1,2	1,5
And11	-	0,83**	0,83**	0,83**	0,94**
Fuc12		-	0,78**	0,88**	0,95**
And12			-	0,70**	0,89**
Mis12				-	0,92**

¹ Abkürzungen siehe *Tabelle 2*

Viröse Weizenverzweigung

Die Krankheit wurde von VACKE (1961) erstmals als viröse Weizenverzweigung (WDV) beschrieben. Sämtliche Untersuchungen der vergangenen Jahrzehnte bestätigen, dass das Virus nur mittels Saugtätigkeit einer Zwergzikade, der Wandersandzirpe (*Psammotettix alienus*), verbreitet wird. Für eine erfolgreiche Übertragung genügen bereits wenige Minuten Saugzeit. Ausfallgetreide stellt die Hauptinfektionsquelle des WDV für Neuansaat dar. Wild- und Kulturgräser folgen in ihrer Bedeutung an zweiter Stelle (MEHNER et al. 2003). Im Frühjahr aus den Dormanzstadien schlüpfende Larven sind zunächst nicht infektiös; sie nehmen die Viren durch Saugen an befallenen Pflanzen auf. Winterweizen kann sowohl im Herbst als auch im Frühjahr infiziert werden.

Bei Herbstinfektionen werden die Symptome zumeist erst im März ersichtlich. Der Weizen verfärbt seine Blätter und Triebe gelb bis rotviolett. Viele Pflanzen kommen nicht zum Schossen und sterben ab oder bilden verkürzte Triebe und kümmerliche Ähren. Am Standort Großnondorf wurden von 2007 bis 2012 Weizenversuche mit drei Saatzeiten, drei Sorten und einer Insektizidbeizung für die zweite Fröhsaatvariante durchgeführt. Die Fröhsaat (16. bis 25. September) blieb ertraglich im Mittel um 43% bzw. 35,6 dt·ha⁻¹ hinter dem Oktobertermin zurück. Die Einbußen sind auf Infektionen mit dem Gerstengelverzweigungsvirus (BYDV) und dem WDV in der letzten September- und ersten Oktoberdekade zurückzuführen. Zusätzlich zur direkten Schädigung durch die Viren sind die Bestände in manchen Jahren mehr von Auswinterung betroffen. Die Insektizidbeizung mit dem Wirkstoff Imidacloprid (Präparat Gaucho 600 FS) brachte stets eine Verbesserung. Dennoch wurde das Ergebnis der Normalsaat (12. bis 17. Oktober) durchschnittlich um 25% bzw. 20,4 dt·ha⁻¹ unterschritten (*Tabelle 6*). Eine Saatzeit

Tabelle 6: Kornertrag von Winterweizen (Rel.-%, dt-ha⁻¹) in Abhängigkeit von Saatzeit, Insektizidbeizung (IB) und Infektionen im Herbst mit insektenübertragenen Viren (BYDV, WDV) (6 Versuche am Standort Großnondorf von 2006/07-2011/12, Mittel aus jeweils 3 Sorten)

Table 6: Yield of winter wheat (Rel.-%, dt-ha⁻¹) as a function of sowing date, insecticide treatment and infections with insect-transmitted viruses (BYDV, WDV) in autumn (6 trials at the Großnondorf location from 2006/07-2011/12, average of 3 cultivars)

Variante	Saatzeit	Kornertrag ¹						Mittel	BYDV, WDV ²
		2007	2008	2009	2010	2011	2012		
Frühsaat	16/09-25/09	62	73	67	4	89	25	57	4,4
Frühsaat + IB	16/09-25/09	89	93	86	24	95	46	75	2,8
Normalsaat	12/10-17/10	100	100	100	100	100	100	100	1,0
Spätsaat	12/11-17/11	91	92	87	92	89	91	90	1,0
Mittel (100%) (dt-ha ⁻¹)		77,9	97,8	82,5	69,2	103,4	69,8	83,4	
GD _{5%} (dt-ha ⁻¹)		4,6	5,1	4,9	3,7	4,9	4,7		

¹ Sorten: Capo, Estevan, Philipp, Saturnus

² Mittlere Symptombonitur (BYDV und WDV): 1, kein Befall; 9, sehr starker Befall

um Mitte Oktober bewirkte, dass die Bestände aufgrund der bei kühlerer Temperatur geringen Vektormobilität nahezu virusfrei blieben. Bei Winterweizen ist der Zusammenhang von Saatzeit und Virusinfektionen im Herbst evident.

In der Saison 2011/12 waren Weizenbestände in weiten Teilen des Weinviertels sowie im pannonisch geprägten östlichen Waldviertel von WDV betroffen. Der Befall dürfte überwiegend im zeitigen Frühjahr stattgefunden haben. In der letzten Aprilwoche und Anfang Mai stiegen die Temperaturen tagsüber bereits auf 25 bis 30°C. Infizierte Bestände fielen Ende Mai und im Juni durch leuchtend gelbe Fahnenblätter auf. Teilweise blieben die Ähren in der Blattscheide oder starben während des Herausschiebens ab. Insgesamt zeigten mehrere zehntausend Hektar Winterweizen sowie in geringerem Maße auch Winterdinkel und Winterdurum entsprechende Symptome. Von 18 Verdachtsproben bei Winterweizen konnte WDV allerdings nur in 12 Fällen nachgewiesen werden.

Wegen klimabedingt höherer Temperaturen im Herbst ist langfristig eine zunehmende Bedeutung von durch Insekten übertragenen Viren (BYDV, CYDV, WDV) wahrscheinlich (HABEKUSS et al. 2009). Über genotypische Unterschiede in der Reaktion auf WDV-Befall wurde bereits mehrfach referiert. VACKE und CIBULKA (2000) fanden bei Winterweizen Ertragsverluste je nach Sortenresistenz und Infektionstermin von 21 bis 93%. Allerdings sind bei der virösen Weizenverzweigung im Gegensatz zur virösen Gelbverzweigung bisher keine QTL bekannt (ORDON 2008).

Spätfrost

Gravierende Schäden von Wintergetreide durch Spätfrost sind in Österreich und Mitteleuropa seltene Ereignisse (RADEMACHER 1950, NEURURER 1957). In den klimatisch begünstigten Niederungen mit weit vorangeschrittener Pflanzenentwicklung treten Maifröste kaum auf. Hingegen ist das Getreide in höheren Lagen des Alpenraumes, des Mühl- und Waldviertels, wo im Mai öfter mit einem Kälteeinbruch gerechnet werden muss, in der Entwicklung noch zurück und damit unempfindlicher.

Das Ausmaß der Schäden hängt von der Dauer des Frostereignisses, der niedrigsten erreichten Temperatur, dem Entwicklungsstadium des Getreides und dem Wassergehalt der Pflanzen ab. Zu Schossbeginn kann Winterweizen Frost

bis -11°C widerstehen; beim Ährenschieben und zur Blüte sind es hingegen nur mehr -1°C. Optimal wachsende und mit Stickstoff versorgte Bestände reagieren sensibler. Hingegen verbessert Trockenstress aufgrund des geringeren Wassergehalts in den Pflanzen die Toleranz gegenüber Spätfrost (WARRICK und MILLER 1999).

Temperaturen von +3 bis -6°C in der Nacht vom 17. auf den 18. Mai 2012 haben Wintergerste, Winterroggen, Triticale, Winterweizen und Winterdurum in einem empfindlichen Entwicklungsstadium getroffen. Schäden gab es im nordöstlichen Flach- und Hügelland, im östlichen Alpenvorland sowie in geringerem Maße im Mühl- und Waldviertel. Mitunter blieb ein erheblicher Teil der Ähren schartig bzw. bei Wintergerste auch völlig taub. Das Sommergetreide überstand die Frostnacht aufgrund der späteren Entwicklung weitgehend problemlos.

Die größten Ausfälle verzeichnete die Wintergerste. Im Pannonikum und östlichen Alpenvorland war das Ährenschieben (BBCH 59) zwischen 28. April und 14. Mai. In der Frostnacht befanden sich manche Bestände noch in der Blüte, überwiegend aber bereits im Stadium der frühen Milchreife. Angelegte Körner starben teilweise ab und schrumpften in der Folge ein. Wegen des geringen Gewichtes behielten partiell oder vollständig sterile Ähren ihre aufrechte Haltung bis zur Reife bei. Bestände mit hohem Anteil geschädigter Ähren erbrachten mitunter nur 3 bis 15 dt-ha⁻¹ Ertrag. Massiv betroffene Schläge wurden oft noch im Mai in Biogasanlagen verwertet. In den Vergleichsprüfungen zeigten die Sorten 'Anemone', 'Precosa', 'Reni' und 'Semper' etwas mehr Schartigkeitsgrad als 'Christelle' und 'KWS Meridian'.

Bei Winterweizen waren die Ähren am 18. Mai vielfach noch in den Blattscheiden verborgen, diese bot allerdings nur wenig Schutz vor der Kälte. Der Spätfrost äußerte sich in einer partiellen Sterilität der Ähren. Im nordöstlichen Flach- und Hügelland zeigten einzelne Bestände einen Anteil bis 15% solcher Ähren. Zumeist war entweder der basale, der mittlere oder obere Teil der Ähre nicht mit Körnern besetzt (Abbildung 2). Ausschlaggebend sind geringfügige Unterschiede im Blühzeitpunkt innerhalb der Ähre. Mitunter waren die Spelzen gelbgrün aufgehellt oder reduziert, sodass nur mehr die Ährenspindel übrig blieb. Bei der Sorte 'Lucio' waren die Symptome ausgeprägter als bei 'Midas', 'Norenos', 'Pedro', 'Vulcanus' und 'Xerxes'. Im

Gegensatz zu Wintergerste wurden bei Weizen vollkommen sterile Ähren nur selten beobachtet.

Die Züchtung auf Toleranz gegenüber Spätfrost ist ein schwieriges Unterfangen. Bereits kleine Unterschiede in der Entwicklung der Genotypen können zu fehlerhaften Interpretationen der Ergebnisse führen (FREDERIKS et al. 2012). Sorten mit früher Halmstreckung und frühem Ährenschieben sind tendenziell mehr gefährdet als Sorten mit langsamer Entwicklung. In den Prüfungen festgestellte Differenzen in der Empfindlichkeit basieren oftmals auf Unterschieden im Wachstumsstadium. Für die Getreidezüchter Mitteleuropas ist die Toleranz gegenüber Spätfrost derzeit kein Selektionskriterium. Jedoch könnten Spätfrost aufgrund des Klimawandels, des im Frühjahr zeitiger einsetzenden Wachstums und einer Tendenz zur genetischen Verfrühung von Weizensorten für Trockengebiete künftig mehr Probleme bereiten.

Zwiewuchs

Bei Getreide ist die Anlage von Bestockungstrieben genetisch reguliert und wird von den Umweltbedingungen beeinflusst (DUGGAN et al. 2005). Mit dem Eintritt in das Schosstadium endet normalerweise die Bestockung und beginnt die Rückbildung überzähliger Triebe. Die



Abbildung 2: Spätfrostschaden (2 Ähren links) und durch Trockenstress verursachte Ährenspitzensterilität (2 Ähren rechts) bei Winterweizen

Figure 2: Spring freeze injury (2 spikes on the left) and drought stress-induced spike tip sterility (2 spikes on the right) on winter wheat

grundsätzliche Fähigkeit zur Anlage von Seitenachsen geht jedoch nicht verloren. Nach früher Lagerung, durch Spätfrost verursachter Taubährigkeit, Trockenperioden, Hagelschlag oder Virusinfektionen im Frühjahr ist bei ausreichendem Wasserangebot ein Austrieb von am Halmgrund befindlichen Knospen möglich. Das Ergebnis ist ein nicht erntefähiges Gemenge von bereits weitgehend reifen und grünen Ähren oder Rispen.

Im Jahr 2012 waren viele Getreidebestände stark zwiewüchsig. In Ostösterreich und im Alpenvorland betraf es zuerst die im Februar ausgedünnten Wintergersten. Bei den durch Spätfrost partiell sterilen Ähren war die unterdrückende Wirkung der Haupthalme auf die Knospen (Apikaldominanz) reduziert, was zur Bildung neuer Nebentriebe führte. Der Zusammenhang von durch Spätfrost verursachter Schartigkeit und Zwiewuchs wird anhand von Boniturdaten deutlich (Abbildung 3). Einen ähnlichen Effekt übte die fehlende Assimilatsenke bei Weizenpflanzen mit durch WDV-Frühjahrsinfektionen abgestorbenen Ähren aus. Regenfälle im Juni führten insbesondere im östlichen Waldviertel sowie im Weinviertel verbreitet zu Zwiewuchs. Betroffen waren vor allem dünne und kurzhalmige Bestände von Winterweizen, Winterdurum, Dinkel, Sommergerste und Sommerdurum. Ähren von zwiewüchsigen Halmen liefern zumeist mangelhaft ausgebildete Körner. Wird mit der Ernte ein bis zwei Wochen zugewartet, kann dies beim bereits totreifen Erstbestand Ährenverluste oder Kornausfall verursachen. Wechselhafte Witterung in dieser Zeit schädigt zusätzlich durch Auswuchs und abgesenkte Fallzahlen.

In Vergleichsprüfungen zeigten die Sortimente eine differenzierte Neigung zu Zwiewuchs. Allerdings ist das Merkmal nicht unmittelbar züchterisch relevant. Vielmehr geht es darum, durch entsprechende Winterhärte, Trockenheitstoleranz und Standfestigkeit sowie durch richtig gesetzte pflanzenbauliche Maßnahmen Zwiewuchs zu vermeiden.

Zusammenfassung

In dieser Studie werden die Themen Auswinterung, Trockenheit, viröse Weizenverzweigung, Spätfrost und Zwiewuchs bei Wintergerste und Winterweizen behandelt. Die Ausführungen basieren auf Ergebnissen von Exaktversuchen und Beobachtungen aus der landwirtschaftlichen Praxis.

Die Gründe für das Auswintern können sehr verschieden sein. Werden die Schäden den wesentlichsten Ursachen (niedrige Temperaturen, Befall mit Schneeschimmel, Typhulafäule) möglichst präzise zugeordnet, sind die G×U-Wechselwirkungen deutlich vermindert. Im Jahr 2012 waren die in der ersten Februarhälfte einwirkenden Fröste von -15 bis -22°C ausschlaggebend. Der in Sortenwertprüfungen festgestellte Schädigungsgrad ließ sich über die Umwelten zumeist gut reproduzieren (Wintergerste: $r=0,64^{**}$ bis $0,90^{**}$; Winterweizen: $r=0,32$ n.s. bis $0,90^{**}$). Von Oktober 2011 bis Mai 2012 erhielten Teile der pannonischen Region nur 130 bis 180 mm Niederschlag. Im Weizensortiment wurden die Trockenstress-Symptome Blattrollen und Ährenspitzensterilität untersucht. Ergebnisse aus 2011 und 2012 zeigten eine Wiederholbarkeit von $r=0,47^*$ bis $0,72^{**}$ (Blattrollen) bzw. $r=0,70^{**}$ bis $0,88^{**}$ (Ährenspitzensterilität). Beide Parameter eignen sich jedoch nur sehr

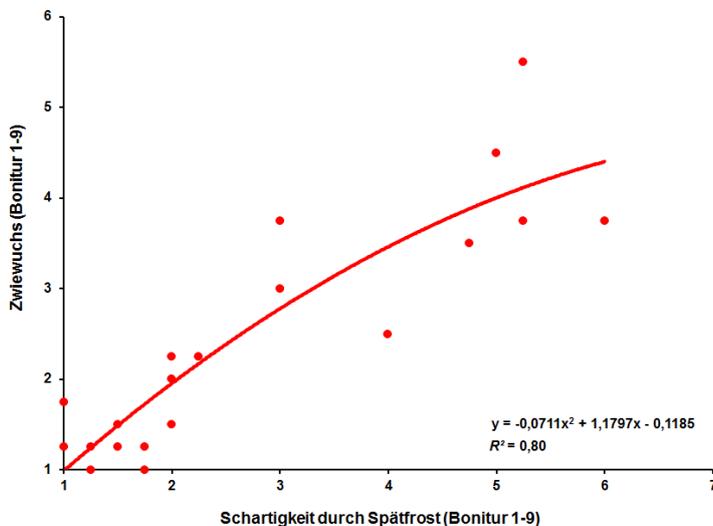


Abbildung 3: Intervarietaler Zusammenhang von durch Spätfrost verursachter Schartigkeit und Zwiewuchs (Bonitur 1-9) (Versuch Atzenbrugg 2012, 20 Sorten)

Figure 3: Intervarietal relationship of partial seed set caused by late spring frost and secondary tillering (scale of 1-9) (Trial at Atzenbrugg in 2012, 20 cultivars)

eingeschränkt zur Beurteilung der Trockentoleranz von Genotypen. Im Nordosten des Landes trat bei Winterweizen oftmals viröse Weizenverzweigung (WDV) auf. Die Pflanzen dürften in erster Linie im Frühjahr und in geringerem Maße im Herbst infiziert worden sein. Im nordöstlichen Flach- und Hügelland, im östlichen Alpenvorland und Waldviertel sank in der Nacht vom 17. auf den 18. Mai die Temperatur auf +3 bis -6°C ab. Der Spätfrost führte bei Getreide (insbesondere Wintergerste, Winterweizen und Roggen) mitunter zu partieller oder gänzlicher Taubährigkeit. Im Juni und Juli präsentierte sich das Getreide gebietsweise stark zwiewüchsig. Betroffen waren vor allem Bestände, welche unter Auswinterung, Trockenheit, Spätfrost oder viröser Weizenverzweigung gelitten hatten.

Literatur

- BFL, 2002: Methoden für Saatgut und Sorten. Richtlinien für die Sortenprüfung. Sorten- und Saatgutblatt, Schriftenreihe 59/2002. Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien.
- BLUM A, 1989: Breeding methods for drought resistance. In: JONES HG, FLOWERS TJ, JONES MB (Eds.), *Plants under stress*, 197-215. Cambridge Univ Press, Cambridge.
- BLUMA, 2011: *Plant breeding for water-limited environments*. Springer, New York.
- DUGGAN BL, RICHARDS RA, VAN HERWAARDEN AF, FETTEL NA, 2005: Agronomic evaluation of a tiller inhibition gene (*tin*) in wheat. I. Effect on yield, yield components, and grain protein. *Aust J Agric Res* 56, 169-178.
- FLAMM C, SCHERIAU S, ZECHNER E, LIVAJA M, PAUK J, 2013: Praktische Anwendbarkeit von Trockenstressparametern für die Weizenzüchtung. Bericht 63. Tagung der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2012, 87-93. LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irndning.

FOWLER DB, 1979: Selection for winterhardness in wheat. II. Variation within field trials. *Crop Sci* 19, 773-775.

FOWLER DB, GUSTA LV, 1979: Selection for winterhardness in wheat. I. Identification of genotypic variability. *Crop Sci* 19, 769-772.

FREDERIKS TM, CHRISTOPHER JT, HARVEY GL, SUTHERLAND MW, BORRELLAK, 2012: Current and emerging screening methods to identify post-head-emergence frost adaptation in wheat and barley. *J Exp Bot* 63, 15, 5405-5416.

HABEKUSS A, RIEDEL C, SCHLIEPHAKE E, ORDON F, 2009: Breeding for resistance to insect-transmitted viruses in barley - an emerging challenge due to global warming. *J Kulturpflanzen* 61, 53-61.

JONES HG, 1979: Visual estimation of plant water status in cereals. *J Agric Sci* 92, 83-89.

LEIPNER J, GIRAUD A, STAMP P, KELLER B, PLASSÉ C, 2010: Phänotypische und genetische Analyse der Frosttoleranz genetischer Ressourcen von Weizen unter Feldbedingungen. Bericht 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009, 25-29. LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irndning.

MEHNER S, MANURUNG B, GRÜNTZIG M, HABEKUSS A, WITSACK W, FUCHS E, 2003: Investigations into the ecology of the *Wheat dwarf virus* (WDV) in Saxony-Anhalt, Germany. *J Plant Dis Prot* 110, 313-323.

NEURURER H, 1957: Spätfroste als Ursache partieller und totaler Weißährigkeit des Getreides. *Der Pflanzenarzt* 10, 92.

OBERFORSTER M, FLAMM C, 2007: Reaktion eines Weizensortiments auf induzierten Trockenstress. *Vortr Pflanzzüchtg* 72, 199-202.

ORDON F, 2008: Pflanzzüchterische Möglichkeiten der Anpassung von Nutzpflanzen an zukünftige Produktionsbedingungen. In: VON TIEDEMANN A, HEITEFUSS R, FELDMANN F (Eds.), *Pflanzenproduktion im Wandel - Wandel im Pflanzenschutz*, 90-102. Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig.

PALEG LG, ASPINALL D, 1981: *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Academic Press Australia, Sydney.

PAUK J, CSEUSZ L, LANTOS C, MIHÁLY R, SZÉNÁSI M, FEHÉRNÉ JE, LELLEY T, MAJER P, SASS L, HORVÁTH GV, VASS I, DUDITS D, 2010: Drought stress and the response of wheat: nursery and complex stress diagnostic experiments. Bericht 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009, 15-18. LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irndning.

RADEMACHER B, 1950: Über das Bild der Spätfrostschäden an Ährengetreide und Mais. *Z Pflanzenkrkh Pflanzensch* 57, 401-408.

RICHARDS RA, CONDON AG, REBETZKE GJ, 2001: Traits to improve yield in dry environments. In: REYNOLDS MP, ORTIZ-MONASTERIO JI, MCNAB A (Eds.), *Application of physiology in wheat breeding*, 88-100. CIMMYT, Mexico.

STATISTIK AUSTRIA, 2012: *Feldfruchternte 2012. Endgültige Ergebnisse. Schnellbericht 1.12*. Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien.

VACKE J, 1961: *Wheat dwarf virus* disease. *Biol Plant* 3, 228-233.

VACKE J, CIBULKA R, 2000: Response of selected winter wheat varieties to *Wheat dwarf virus* infection at an early growth stage. *Czech J Genet Plant Breed* 36, 1-4.

VAN GINKEL M, CALHOUN DS, GEBEYEHU G, MIRANDAA, TIAN-YOU C, PARGAS LARA R, TRETOWAN RM, SAYRE K, CROSA J, RAJARAM S, 1998: Plant traits related to yield of wheat in early, late or continuous drought conditions. *Euphytica* 100, 109-121.

WARRICK BE, MILLER TD, 1999: Freeze injury on wheat. Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University System, SCS-1999-15.