

Zur Torsomethode

Die Nachwuchslängen als Indikator für Frostschäden und Frostresistenz

G. KRETSCHMER und B. BEGER

Institut für Pflanzenzüchtung Dornburg/Saale der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Contribution to the torso method. Regrowth, an indicator of cold damage and frost resistance

Summary. For cold tests by the torso method roots and tops of young wheat plants are cut off 1 to 2 cm below and above the crown. The remainder is called torso. They are exposed to cold (or other stress) and thereafter allowed to grow for 3 days in a favourable ambient. The distance from the top of the stump of the oldest leaf which has no longer grown to that of the youngest leaf measured after the 3 day period is the regrowth. Evaluating torso trials one can make use of either the percentage of plants with any regrowth i.e. survivors, or of the average length of regrowth measured in mm, i. e. the regrowth-millimeters. Using regrowth-millimeters one gets more precise results but also increases the importance of some factors acting as source of error. The present paper reviews hitherto unpublished experiences concerning main factors (1) to (15) affecting regrowth-millimeters. It is shown that inherited ability to become hardened (1) and reaction to cold stress (11) greatly influence regrowth-millimeters thus assuring the usefulness of the torso method. Cutting and other inherencies of the torso method (3) do not cause trouble, if the following factors are sufficiently controlled. Five of them are especially dangerous because they can never be entirely eliminated as sources of error: Inherited qualities affecting regrowth independent of hardness (2); the developmental state of the plants (4); the supply of nutrients in the plants (5); the supply of nutrients and water from the soil (6); temperature and light during the development of the plants before the cold test (7). Two further factors will not cause any trouble if suitable techniques are used: preparing and handling the torsos (9); the enclosure of the torsos in glass tubes immersed in a cooling bath (10). The last five factors are quite easily eliminated: depth of the tillering nodes (8); duration of cold stress (12); rate of cooling (13); environment during (14) and duration of regrowth (15). From these results can come some advice, e.g.: One should not compare regrowth-millimeters directly but refer to them as a percentage of the regrowth of controls; freezing trials of varieties should be carried out in midwinter and with plants showing more than 3 leaves.

Die Torsomethode (KRETSCHMER, 1960) ermöglicht es, Wirkungen von Frost (oder anderen Belastungen) auf Getreidepflanzen quantitativ zu erfassen.

Die Torsomethode besteht aus den aufeinander folgenden Behandlungen, die in Abb. 1 genannt sind. Bei dem Stutzen = Herstellen der Torsos wird jede Pflanze 1 bis 2 cm über und unter dem Korn

oder später dem Bestockungsknoten so abgeschnitten, daß Blattstümpfe stehen bleiben, deren Schnittkanten in einer Ebene liegen. Beim Nachwachsen verlängert sich der Stumpf jedes jüngsten Blattes. Das älteste Blatt wächst nicht, und seine Schnittkante dient als Nullstrich der Skala, mit der die Nachwuchslänge am jüngsten Blatt gemessen wird.

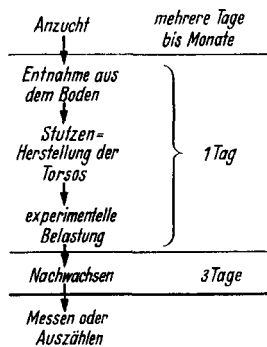


Abb. 1. Die Arbeitsgänge bei der Torsomethode

Die Auswertung von Torsomethode-Versuchen kann mit Hilfe von Messen oder Auszählen erfolgen. Beim Messen wird an jedem Torso der Abstand zwischen den Schnittkanten des jüngsten und ältesten Blattes gemessen. Für die Mittelwerte aus diesen Nachwuchslängen der einzelnen Torsos einer Variante oder Kontrolle wird die Bezeichnung Nachwuchs-Millimeter eingeführt. Es hat sich bewährt, die Nachwuchs-Millimeter der Varianten rechnerisch auf die der zugehörigen Kontrollen zu beziehen und so als Relativen Nachwuchs beim Auswerten zu verwenden. Beim Auszählen wird festgestellt, bei wie vielen Torsos jeder Variante oder Kontrolle kein Nachwuchs vorhanden ist. Die Zahl dieser Torsos wird als Todes-Prozente ausgedrückt.

Nach den ersten Erfahrungen mit der Torsomethode entstand der Eindruck, daß zum Auswerten die Todes-Prozente vorteilhafter sind als die Nachwuchs-Millimeter (KRETSCHMER, 1959a). Trotzdem wurden weiterhin bei allen Versuchen die Nachwuchslängen gemessen. Mit der Zeit stellte sich dann heraus, daß die Nachwuchs-Millimeter den Todes-Prozente überlegen sein können, besonders wenn hohe Ansprüche an die Genauigkeit gestellt werden. Unter bestimmten Voraussetzungen lassen sich mit den Nachwuchs-Millimetern kleine Unterschiede der Reaktionen auf Frostbelastungen nachweisen, die beim Auswerten mit Todes-Prozente nicht in Erscheinung treten. Naturgemäß beeinflussen aber nicht nur die kleinen Unterschiede der Reaktionen auf experimentell variierte Faktoren die Nachwuchs-Millimeter, sondern ebenso tun das Unterschiede der Reaktion auf andere Faktoren, die dann als Fehlerquellen fungieren.

Die störenden Faktoren können auf die Nachwuchslängen der einzelnen Torsos ungleich oder gleichmäßig einwirken. Bei ungleicher Wirkung gibt es starke Streuungen der Nachwuchslängen und -millimeter, bei gleichmäßiger Wirkung gibt es entweder besonders unangenehme, versteckte Fehler bei einzelnen Versuchsvarianten oder aber harmlose konstante Fehler.

Die Streubreiten innerhalb und zwischen den Wiederholungen sind bei vielen Versuchen gering und nur ein Bruchteil der Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten. Ein Beispiel sind die in Tab. 7 gezeigten Versuchsergebnisse. Es kommt aber immer wieder vor, daß die Ergebnisse eines Versuches wegen zu großer Streubreiten unzuverlässig oder unbrauchbar sind.

Wenn alle Pflanzen bzw. Torsos einer Variante gleichmäßig von störenden Faktoren beeinflusst werden, dann wird eine Wirkung des Faktors vorgetäuscht, der im Versuch variiert ist, z. B. der Sorteneigenschaften oder der Abhärtung. So können falsche Resultate entstehen, die als solche nicht erkannt werden.

Die vorliegende Untersuchung hat die Aufgabe, die Faktoren, die auf die eine oder andere Weise Störun-

gen bei Torsomethode-Versuchen mit Auswertung an Hand der Nachwuchs-Millimeter verursachen können, namhaft zu machen und dann an Versuchsergebnissen oder allgemeinen Erfahrungen zu zeigen, was man tun kann und muß, um diese Störungen zu vermeiden.

Nach den bisherigen Erfahrungen lassen sich alle Faktoren, die einen Einfluß auf die Nachwuchslängen haben können, mit den folgenden 15 Überschriften erfassen:

1. Die für Frostresistenz maßgebenden erblichen Eigenschaften.
2. Die erblichen Eigenschaften, die unabhängig von der Abhärbarkeit die Nachwuchslängen beeinflussen.
3. Das zur Torsomethode gehörende Stutzen.
4. Der Entwicklungszustand der Pflanzen.
5. Die Nährstoffreserven in den Pflanzen.
6. Die Nährstoff- und Wasserversorgung aus dem Boden.
7. Temperatur und Licht vor der Kältebehandlung.
8. Die Tiefenlage der Bestockungsknoten.
9. Die Behandlung der Pflanzen während des Präparierens als Torsos.
10. Der Aufenthalt der Torsos in den Glasröhren, die in das Alkoholbad eingetaucht werden.
11. Die Belastungstemperatur bei der Kältebehandlung.
12. Die Dauer der Kältebehandlung.
13. Die Kühlgeschwindigkeit bei der Kältebehandlung.
14. Die Umwelt während des Nachwachsens.
15. Die Dauer des Nachwachsens.

Faktor 1

Die für Frostresistenz maßgebenden erblichen Eigenschaften

Die Frostresistenz jeder Pflanze wird in jedem Zeitpunkt zugleich durch erbliche Eigenschaften bestimmt und durch die Umwelt, in der sie lebte und lebt.

Die Eignung der Nachwuchslängen als Indikator für Frostresistenz hängt davon ab, ob zwischen Sorten und Zuchtstämmen vorhandene Unterschiede der Frostresistenz mit signifikanten Unterschieden der Nachwuchs-Millimeter gekoppelt sind. Nach mehrjähriger Erfahrung ist das der Fall. Hierzu einige Beispiele:

1. Seit 1958 wurden Torsomethode-Versuche mit bekannten Sorten durchgeführt. Immer wieder stellte sich dabei heraus, daß die Rangordnung nach Todes-Prozenten dieselbe war wie die von vornherein bekannte Rangordnung nach Frostresistenz (KRETSCHMER, 1960). Außerdem stellte sich heraus, daß zwischen den Nachwuchs-Millimetern und Todes-Prozenten enge Korrelationen bestehen. Also muß sich auch aus den Nachwuchs-Millimetern eine Rangordnung ergeben, die der nach Frostresistenz zum mindesten sehr ähnlich ist.

2. Enge Korrelationen zwischen Nachwuchs-Millimetern und Todes-Prozenten wurden bei 15 Versuchen aus den Wintern 1958/59 und 1959/60 statistisch nachgewiesen. Diese Versuche wurden mit den Belastungstemperaturen I, II, III (relativ warm, mittel

und kalt) und verschiedenen Sorten durchgeführt, zu denen als extreme Minhardi und Reward gehörten. Die Temperaturen lagen für Stufe I zwischen -3.0 und -11.2 °C (Mai und Februar), für Stufe III zwischen -6.7 und -17.4 °C (Mai und Dezember). Korrelationsberechnungen mit Berücksichtigung aller Temperaturstufen und Sorten des einzelnen Versuches ergaben in allen 15 Fällen Korrelationskoeffizienten mit Sicherungen bei $P = 0.1\%$. Berechnungen mit Berücksichtigung aller Sorten jedes Versuches, aber nur je einer Temperaturstufe ergaben hohe Korrelationskoeffizienten ($P = 0.1\%$) bei Stufe I in 7 Versuchen, bei II in 10 und bei III in 12 von den 15 Versuchen. Nur fünfmal bei Stufe I, zweimal bei II und einmal bei Stufe III ließen sich keine Korrelationen zwischen den Nachwuchs-Millimetern und den Todes-Prozenten statistisch nachweisen.

3. Ein weiteres Beispiel liefert die Versuchsserie, die hier als Monatliche Prüfungen 1964/65 bezeichnet wird. Die wichtigsten Daten sind in Abb. 2 und Abb. 3

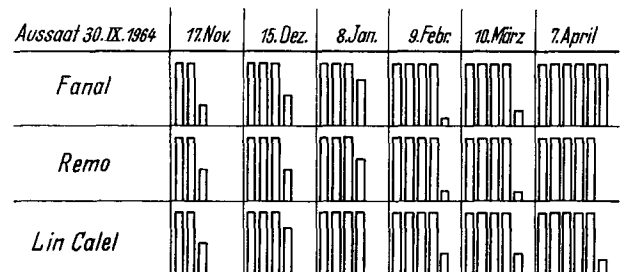


Abb. 2. Entwicklungszustand der Pflanzen bei den Monatlichen Prüfungen 1964/65. — Jeder Balken repräsentiert ein Blatt.

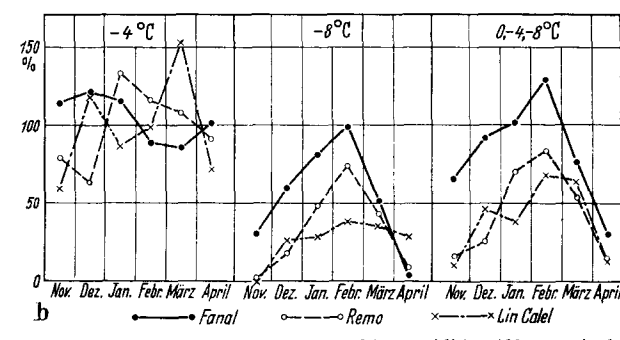
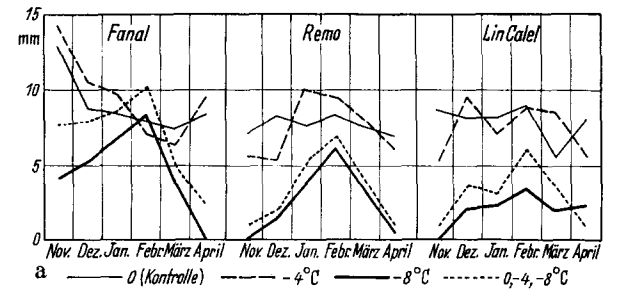


Abb. 3. Wirkung erblicher Eigenschaften und jahreszeitlicher Abhärtung in den Monatlichen Prüfungen 1964/65. — a) Nachwuchs-Millimeter; b) Relativer Nachwuchs

Signifikanz-Tabelle

Datum	Hauptwirkung			Wechselwirkung		
	Sorte	Belastg.	Wiederholung	Sorte/Belastg.	Sorte/Wiederh.	Belastg./Wiederh.
Nov. 64	**	**		**		
Dez. 64	**	**		**		
Jan. 65	**	**		**		
Feb. 65	*	**		**		
März 65		**				
Apr. 65	**	**		**		

* signifikant gegen $F_{tab. 5\%}$ — ** signifikant gegen $F_{tab 1\%}$

dargestellt. Die Abb. 3b zeigt, daß der Unterschied zwischen Fanal und Remo hinsichtlich des Relativen Nachwuchses im November, Dezember, Januar und Februar immer dem durch die Erfahrung bekannten Unterschied ihrer Abhärbarkeit entsprach: Fanal (früher Hadmerslebener VIII) war im Winter besser abhärubar als Remo (früher Peko). Im März verschwand dieser Unterschied.

Die erblichen Eigenschaften, die über Frostresistenz entscheiden, kommen nicht nur bei Sorten-Rangordnungen zum Ausdruck. Denn die Ab- und Enthärtung einer einzelnen Sorte im Verlauf eines Winters ist die von der Abhärbarkeit gesteuerte Reaktion auf die Veränderungen der Umwelt mit der Jahreszeit. Die Zu- und Abnahme des Relativen Nachwuchses von Fanal und von Remo im Winter 1964/65, wie sie in Abb. 3b gezeigt ist, entspricht dem mutmaßlichen Gang der Abhärbarkeit beider Sorten.

Der argentinische Wechselweizen Lin Cael wurde in die Prüfungen einbezogen, um Auskunft darüber zu bekommen, ob eine exotische Züchtung andere Züge der Abhärbarkeit zeigen kann als die mitteleuropäischen. Nach Abb. 3 ist das offenbar der Fall. Nach HÄNSEL (1954) vereinigt Lin Cael geringen Kältebedarf mit hoher Kälteresistenz.

4. Das Hand-in-Hand-Gehen von Nachwuchs-Millimetern und Todes-Prozenten ist in Tab. 1 durch die Werte von zwei Versuchen anschaulich gezeigt.

Tabelle 1. *Nachwuchs-Millimeter und Todes-Prozente bei den einzelnen Varianten in zwei Prüfungen.*

Jede Variante bestand aus 3 × 25 Torsos. Die Genauigkeit der Temperaturmessungen lag bei ± 0,5 bis 1 °C

Versuch vom 19. November 1958					
Belastungstemperatur:	keine	-5,7	-8,6	-11,1	-12,0
Nachwuchs-Millimeter					
Ridit	18,5	8,8	5,6	1,5	0,2
Hadmerslebener IV	14,5	9,5	4,2	0,7	0,0
Carsten IV	15,3	8,1	2,7	0,0	0
Salzmünder Standard	16,6	8,6	2,4	0	0
Todes-Prozente					
Ridit	0	3	5	41	84
Hadmerslebener IV	0	1	12	71	97
Carsten IV	0	0	12	99	100
Salzmünder Standard	0	3	34	100	100

Versuch vom 4. Januar 1960						
Belastungstemperatur:	keine	-6,7	-9,4	-11,4	-13,7	-16,6
Nachwuchs-Millimeter						
Minhardi	8,5	6,4	5,6	3,3	2,0	0,7
Hadmerslebener VIII	11,0	7,3	5,7	1,8	0,4	0
Streng's Marschall	8,1	5,0	2,6	0,3	0	0
Peko	9,7	2,6	1,9	0,1	0	0
Todes-Prozente						
Minhardi	0	1	1	20	17	30
Hadmerslebener VIII	0	0	0	24	59	100
Streng's Marschall	0	7	16	73	100	97
Peko	0	4	8	72	100	100

Die Beispiele 1. bis 4. zeigen, daß mit den Nachwuchs-Millimetern subletale, reversible Schädigungen erfaßt werden, bevor sie ausheilen oder irreversibel werden. Dadurch ist die Torsomethode bei Auswertung mit den Nachwuchs-Millimetern denjenigen Prüfverfahren überlegen, bei welchen der Schaden erst nach zehn und mehr Tagen festgestellt wird. Die reversiblen Schäden verdienen Beachtung, weil es

Tabelle 2. *Die Nur-Kontrollen-Prüfungen 1964/65.*

	Nachwuchs-Millimeter												Ø				
	Okt.			November			Dezember			Januar				März			April
	26.	10.	23.	30.	7.	12.	18.	25.	15.	19.	22.	29.	1.	5.	8.	13.	21.
Dankowska Fanal Zapf's Neuzucht	18,0	15,5	12,2	13,3	9,4	10,3	11,2	9,8	6,7	8,8	9,7	8,8	9,9	13,4	11,1	8,9	16,9
	17,6	18,9	12,6	15,8	9,3	10,7	10,9	9,5	4,9	8,7	8,3	8,9	8,5	12,7	10,0	9,0	14,8
	18,6	16,1	10,0	11,3	9,3	8,3	8,4	7,6	4,4	7,1	5,5	5,4	7,0	9,6	5,5	7,9	9,8
Streng's Marschall Austro Bankut Mauerner unbegr.	—	15,8	9,8	12,2	8,3	7,9	9,1	8,5	3,6	7,3	5,4	5,3	5,4	8,6	10,2	7,0	13,7
	20,3	15,9	12,7	11,9	9,5	10,1	10,3	7,6	3,8	7,6	5,6	5,4	7,4	9,8	7,1	10,4	11,5
	19,1	16,0	8,5	12,6	7,1	9,4	7,7	9,1	3,5	6,5	6,5	5,0	5,9	9,8	6,1	7,3	8,7
Ceska Remo Lin Cael	19,4	17,2	10,3	12,7	8,8	9,5	9,9	8,7	4,6	9,3	8,1	7,0	7,2	11,6	8,2	—	—
	22,4	17,6	8,8	12,1	9,2	8,9	10,9	9,7	6,7	6,8	7,4	9,4	8,4	12,0	7,7	7,5	15,0
	19,2	17,3	9,0	7,2	6,3	6,7	6,8	5,9	3,5	6,0	2,2	4,0	4,6	10,5	6,0	8,3	11,1
F-Test F = *F tab. 5% **F tab. 1%	**	2,44	**	14,89	*	2,61	**	2,33	**	5,23	**	21,37	1,64	**	**	**	*
	5,20	5,16	5,16	2,59	3,23	7,04	2,59	2,59	2,59	0,85	7,08	2,59	2,59	4,78	7,68	4,65	4,27
	2,77	2,59	2,59	3,89	2,59	2,59	3,89	3,89	3,89	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	2,77	2,77
bei 9 Sorten b. 3 harten Wi-Weizen	79	82	67	46	74	63	61	69	52	65	57	43	46	64	50	67	51
	95	82	79	71	99	78	75	78	66	80	57	61	71	72	50	88	58

von ihnen abhängen dürfte, wie die Saat auf neue Kälte, auf Verschlechterung der Bodenstruktur und auf Parasitenbefall reagiert. Denn dadurch dürfte der Ernteertrag erheblich beeinflußt werden.

Für den Faktor 1 ergibt sich:

Die Nachwuchs-Millimeter bzw. der Relative Nachwuchs sind brauchbare Maßstäbe für Frostresistenz.

Faktor 2

Die erblichen Eigenschaften, die unabhängig von der Abhärbarkeit die Nachwuchslängen beeinflussen

Es ist zu erwarten, daß Getreide-Torsos verschiedener Sorten und Zuchtstämme auch unter gleichen Umweltbedingungen und ohne irgendeine Beanspruchung der Frostresistenz ungleich schnell wachsen können. Solche Ungleichheit wäre eine Wirkung des Faktor 2.

Hier interessiert die Frage, ob der Faktor 2 die Nachwuchs-Millimeter derart beeinflussen kann, daß dadurch ein Einfluß der Frostresistenz vorgetäuscht werden kann. Die Nur-Kontrollen-Prüfungen 1964/65 zeigen, daß das vorkommt, weil die Nachwuchs-Millimeter der 9 benutzten Sorten bei keiner der 19 Prüfungen übereinstimmten. In Tab. 2 sind als Ergebnisse dieser Nur-Kontrollen-Prüfungen die Nachwuchs-Millimeter der 9 Sorten an 19 Tagen zusammengestellt. Tab. 2 zeigt, daß die Nachwuchs-Millimeter der Sorten an jedem einzelnen Tage sehr ungleich waren. Im Extremfall am 22. März verhielten sich die Nachwuchs-Millimeter von Lin Calel zu denen von Dankowska wie 1 : 4,4.

Um innerhalb der etwas verwirrenden Mannigfaltigkeit in Tab. 2 allgemeine Tendenzen zu finden, wurden zwei Berechnungen durchgeführt. Bei der ersten wurden bei jeder einzelnen Prüfung die längsten Nachwuchs-Millimeter gleich hundert gesetzt und die kürzesten als Prozente darauf bezogen. Die so errechneten Werte sind in Tab. 2 unten eingetragen. Die Zahlen zeigen, daß die Bereiche, innerhalb derer die Nachwuchs-Millimeter aller 9 Sorten bei den einzelnen Prüfungen lagen, recht breit sind. Die 3 harten Winterweizen hatten nur bei 3 Prüfungen untereinander ähnliche Nachwuchs-Millimeter. Dafür waren bei 3 anderen Prüfungen die Nachwuchs-Millimeter von Dankowska etwa doppelt so lang wie die von Zapf's Neuzucht. Der Faktor 2 ist also nicht mit der sorteneigenen Abhärbarkeit (Faktor 1) gekoppelt.

Tabelle 3. Die Nur-Kontrollen-Prüfungen 1964/65: Häufigkeit des Einnehmens bestimmter Plätze in der Sorten-Rangordnung nach Nachwuchs-Millimetern bei jeder der 9 Sorten in 16 Prüfungen.

	Plätze		
	1.-3.	4.-6.	7.-9.
Fanal	16	0	0
Dankowska	14	1	1
Remo	9	5	2
Ceska	3	13	0
Austro-Bankut	3	10	3
Mauerner unbegrannter	0	7	9
Streng's Marschall	1	5	10
Zapf's Neuzucht	0	5	11
Lin Calel	2	1	13

Bei der zweiten Berechnung wurde für jede der 16 Prüfungen, an denen alle 9 Sorten beteiligt waren, die Sorten-Rangordnung nach Nachwuchs-Millimetern bestimmt. Dann wurde für jede Sorte ausgezählt, wie oft sie den 1. bis 3., den 4. bis 6. oder den 7. bis 9. Platz belegte. Danach ergab sich die Tab. 3. Die Stellung von Fanal und Dankowska zeigt, daß offenbar eine Beziehung zwischen den Faktoren 1 und 2 besteht. Aber die Plätze von Remo, Ceska und Zapf's Neuzucht zeigen, daß mitunter eine recht resistente Sorte besonders kurze Nachwuchs-Millimeter hat und wenig abhärtable Sorten relativ lange Nachwuchs-Millimeter haben können.

Für den Faktor 2 ergibt sich:

Bei Zuchtstammprüfungen darf man niemals von relativ langen Nachwuchs-Millimetern der Kontroll-Torsos auf hohe Frostresistenz schließen.

Auswertungen von Torsomethode-Versuchen mit unkorrigierten Nachwuchs-Millimetern können zu Fehldiagnosen führen. Als korrigierter Wert wird der Relative Nachwuchs vorgeschlagen und verwendet.

Faktor 3

Das zur Torsomethode gehörende Stutzen

Mit Faktor 3 ist die Tatsache gemeint, daß aus Getreidepflanzen durch Stutzen die Torsos hergestellt werden. Die Art und Weise, wie das Stutzen ausgeführt wird, ist Faktor 9.

Mit der Torsomethode sollen Schädigungen durch Frost (oder andere Belastungen) nachgewiesen werden. Es ist denkbar, daß das Stutzen, das Herstellen von Torsos, bereits eine Schädigung ist, durch die die Nachwuchs-Millimeter von Prüfungsvarianten ungleich beeinflußt werden, so daß ein Wirken von schädigendem Frost vorgetäuscht wird. Das Stutzen gehört aber zum Wesentlichen der Torsomethode. Man darf niemals sagen, die Nachwuchs-Millimeter könnten wegen des Faktor 3 einen falschen Maßstab für Frostresistenz abgeben. Sie sind ein konventioneller Maßstab, der sich bewährt hat.

Es ist unbekannt, wie sich das Stutzen von Blättern und Wurzeln auf einen Getreidetorso auswirkt und warum es möglich ist, trotz der Gefährdung durch den Faktor 3 zuverlässige Schlüsse von den Nachwuchs-Millimetern auf die Frostresistenz zu ziehen. Die nötigen experimentellen Vergleiche der Nachwuchslängen an Torsos mit dem entsprechenden Zuwachs an intakten Pflanzen fehlen noch. In Vorversuchen wurden die Nachwuchs-Millimeter von normalen Torsos mit denen von Halbtorsos verglichen. Das sind Pflanzen, deren Wurzeln unversehrt im Boden blieben, während die Blätter gestutzt wurden. Die Halbtorsos bildeten eine in Abb. 3 nicht enthaltene Variante der Monatlichen Prüfungen 1964/65. In Abb. 4 sind die Nachwuchs-Millimeter der Torsos und Halbtorsos von Fanal, Remo und Lin Calel zusammengestellt. Diese Torsos sind mit den Kontrollen der Abb. 3a identisch. Wenn der Faktor 3 ohne Wirkung wäre, dann müßten bei jeder Sorte die beiden Kurven eng zusammenliegen, so wie bei Fanal und Remo im November und Dezember. Der anschließende Verlauf zeigt ein bei beiden Sorten recht ähnliches Wirken des Faktor 3. Lin Calel verhält sich im November, Februar und März ganz anders. Der Unterschied zwi-

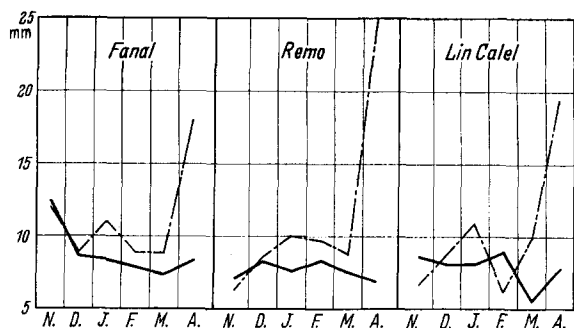


Abb. 4. Einfluß der Wurzeln auf die Nachwuchs-Millimeter bei den Monatlichen Prüfungen 1964/65. — Normale Torsos (Kontrollen); - - - - - Halbtorsos = Pflanzen mit intakten Wurzeln im Boden und gestützten Blättern.

schen Halbtorsos und Torsos bei Fanal und Remo ist also nicht eine für Winterweizen gültige Norm. Das Paradox mit den im November und Februar kürzeren Nachwuchs-Millimetern der Halbtorsos bei Lin Calel dürfte auf geringe Differenzen des Mikroklimas bei den Pflanzen für Torsos und Halbtorsos vor der Prüfung zurückgehen. Daraus wäre zu entnehmen, daß Lin Calel auf solche Mikroklima-Besonderheiten heftiger reagiert als Fanal und Remo.

Für den Faktor 3 ergibt sich:

Bei Torsomethode-Versuchen nach Mitte März ist mit unvermeidbaren Störungen durch den Faktor 3 zu rechnen, bei Sorten aus fremden Klimagebieten vielleicht auch im Hauptwinter.

Auch wegen des Faktor 3 dürfen die Nachwuchs-Millimeter verschiedener Varianten und Prüfungen allgemein nur als korrigierter Relativer Nachwuchs verglichen werden.

Faktor 4

Der Entwicklungszustand der Pflanzen

Es ist zu erwarten, daß der Einfluß des Pflanzenalters bzw. Entwicklungszustandes auf die Nachwuchs-längen durch die Auswahl gleicher Körner, durch einheitliche Anzucht und durch die Auswahl einheitlicher Pflanzen weitgehend zu eliminieren ist. Die geringen Grenzdifferenzen mancher Versuche zeigen, daß das grundsätzlich möglich ist. Andererseits war unbekannt, wie groß Störungen durch den Faktor 4 sein können und welche anderen Faktoren ihm Vorschub leisten.

Durch einige Prüfungen wurde festgestellt, daß der Faktor 4 bei sehr jungen Pflanzen erheblich stärker wirken und stören kann als bei älteren.

Im Sommer 1960 sollte der Einfluß des Alters bzw. der Länge des einzelnen Blattes geprüft werden. Dazu wurden Pflanzen von 5 Aussaaten sowohl nach der Blattzahl wie nach der Länge des jüngsten Blattes sortiert und mit der Torsomethode ohne Temperaturbelastung geprüft. Es gab bei den Gruppen große Unterschiede der Nachwuchs-Millimeter. Aber Korrelationen zwischen der Blattlänge (cm) und den Nachwuchs-Millimetern gab es nur bei den Pflanzen im 1- bis 2-Blatt-Stadium:

1-Blatt-Stadium: Korrel.-Koeff. 0.801 GD 5% 0.773

2-Blatt-Stadium: Korrel.-Koeff. 0.796 GD 5% 0.727

3-Blatt-Stadium: Korrel.-Koeff. 0.231 GD 5% 0.773

4-Blatt-Stadium: Korrel.-Koeff. 0.292 GD 5% 0.727

Hiernach hat die von SACHS „als große Periode bezeichnete Tatsache“ nur bei sehr jungen Pflanzen

einen störenden Einfluß auf die Nachwuchs-längen. Es handelt sich um die „Tatsache, daß ein wachsender Pflanzenteil zunächst mit kleinen Zuwachsen beginnt, dann immer schneller wächst, ein Maximum der Wachstumsgeschwindigkeit erreicht und dann immer langsamer wächst, bis endlich Stillstand eintritt“ (SACHS, 1874, S. 162).

Der Einfluß des Pflanzenalters im Unterschied zum Blattalter wurde in folgenden 4 Versuchen geprüft:

1. Am 20. April und 5. Mai 1959 gab es Versuche mit jungen und alten Pflanzen aus Saaten vom 4. April 1959 und vom Oktober 1958. Die Nachwuchs-Millimeter der hier allein interessierenden Kontrollen sind in Tab. 4 zusammengestellt. Die Zahlen zeigen, daß am 20. April die jungen Pflanzen, die im 1¹/₂-Blatt-Stadium waren, etwa doppelt so lange Nachwuchs-Millimeter hatten wie die alten Pflanzen. Zwei Wochen später war dieser Unterschied bei Hadmerslebener VIII verschwunden, bei Peko kaum verändert. Demnach darf man nicht erwarten, daß eine plötzliche Veränderung des die Nachwuchs-Millimeter beeinflussenden Alters bei allen Sorten in dasselbe Entwicklungsstadium fällt, etwa zwischen das 2- und 3-Blatt-Stadium. Die Nachwuchs-Millimeter vom 20. April und 5. Mai in Tab. 4 dürfen nicht unmittelbar miteinander verglichen werden, weil das Nachwuchs unter verschiedenen Bedingungen stattfand.

Tabelle 4. Nachwuchs-Millimeter bei alten und jungen Pflanzen ohne Temperaturbelastung.

Kontrollen der Prüfungen am 20. 4. und 5. 5. 1959 nach Aussaaten im Oktober 1958 („alt“) und am 4. 4. 1959 („jung“).

	Nachwuchs-Millimeter am	
	20. 4.	5. 5.
Hadmerslebener VIII		
alt	7,6	11,3
jung	15,2	12,0
Peko		
alt	7,1	7,7
jung	12,2	11,1

— F-Test: $F = 128,11^{**}$; $7,62^*$

*) $F_{\text{tab. 5\%}} = 4,76$ — **) $F_{\text{tab. 1\%}} = 9,78$

2. Bei einer Prüfung im Oktober 1959, deren Ergebnisse in Tab. 5 enthalten sind, waren die Nachwuchs-Millimeter im 1-Blatt-Stadium länger als im 2-Blatt-Stadium.

Tabelle 5. Nachwuchs-Millimeter bei Pflanzen in drei Entwicklungsstadien am 24. Oktober 1960.

Sorte: Hadmerslebener VIII

Saat-termin	Entwicklungszustand des jüngsten Blattes am 21. 10. 1960	Nachwuchs-Millimeter
3. 10.	Blatt 1 fast oder ganz entfaltet	20,4
30. 9.	Blatt 2 fast oder ganz entfaltet	15,0
24. 9.	Blatt 2 entfaltet, 3 sichtbar	13,1

3. Tab. 6 zeigt einen Ausschnitt aus den Ergebnissen des Versuches im Sommer 1960, bei dem auch die oben erwähnten Wirkungen des Alters bzw. der Länge des jüngsten Blattes geprüft wurden. Trotz der bei diesem Versuch besonders großen Streubreiten der Nachwuchs-längen waren die Nachwuchs-Millimeter mit zunehmendem Pflanzenalter eindeutig abnehmend.

Tabelle 6. *Nachwuchs-Millimeter bei Pflanzen in vier Entwicklungsstadien am 2. August 1960.*
Sorte: Hadmerslebener VIII

Saat-termin	Zahl der Pflanzen	Jüngstes Blatt	Nachwuchs-Millimeter
26. 7.	147	Blatt 1	31,8
23. 7.	148	Blatt 2	25,3
20. 7.	45	Blatt 2	19,0
20. 7.	113	Blatt 3	21,4

Tabelle 7. *Nachwuchs-Millimeter bei Pflanzen in drei Entwicklungsstadien und mit und ohne Korn am 26. August 1960.*
Sorte: Hadmerslebener VIII

Saat-termin	Entwicklungs-zustand	Zahl der Pflanzen	Nachwuchs- Millimeter	
			mit Korn	ohne Korn
16. 8.	Blatt 1 noch gerollt	25 } 50	30,5 } 29,45	19,3 } 19,45
		25 }	28,4 }	19,6 }
12. 8.	Blatt 2 eben entfaltet	25 } 50	29,9 } 29,95	19,0 } 19,8
		25 }	30,0 }	20,6 }
10. 8.	Blatt 3 eben sichtbar	25 } 50	34,5 } 34,15	21,0 } 20,85
		25 }	33,8 }	20,7 }
F-Test:		F	F _{tab. 1%}	F _{tab. 5%}
Behandlungen:		1491,92**	98,49	
Aussaaten:		43,68*	99,00	19,00

4. Die bei 1., 2. und 3. immer wieder deutliche Abnahme der Nachwuchs-Millimeter mit zunehmendem Alter fehlte bei einem Versuch vom 26. August 1960. Wie Tab. 7 zeigt, gab es bei Pflanzen im knappen 1- bis reichlichen 2-Blatt-Stadium Nachwuchslängen von 29,4, 30,0 und 34,2 mm mit einer geringen Zunahme beim Übergang vom 2- zum 3-Blatt-Stadium.

Das Pflanzenalter begrenzt die Anwendbarkeit der Torsomethode auf die Stadien vor der Halmbildung. Denn bald nach Beginn der Streckung liegt die wachsende Zone oberhalb von dem mit Torsos erfaßbaren basalen Bereich.

Für den Faktor 4 ergibt sich:

Bei Sorten- und Zuchtstammprüfungen darf nur der Relative Nachwuchs bei der Auswertung verwendet werden.

Für Zuchtstammprüfungen sind Pflanzen im >3-Blatt-Stadium geeigneter als jüngere.

Je jünger die Pflanzen sind, die bei einem Torsomethode-Versuch benutzt werden, um so sorgfältiger sind Pflanzen eines einheitlichen Entwicklungsstadiums auszuwählen.

Zuchtstammprüfungen mit der Torsomethode sollten niemals im Sommer durchgeführt werden.

Faktor 5

Die Nährstoffreserven in den Pflanzen

Abb. 4 zeigte, daß die Nachwuchs-Millimeter von Halbtorsos, die bei Faktor 3 erwähnt wurden, im November und Dezember 1964 ebensolang waren wie die der Torsos oder sogar etwas kürzer. Das Abschneiden der Wurzeln bewirkte damals also keine Verkürzung der Nachwuchslängen. Die Pflanzen waren im November im 2¹/₂-, im Dezember im 3¹/₂-Blatt-Stadium (Abb. 2). Bei der Prüfung im Januar 1965 waren die Pflanzen nicht viel weiter entwickelt als im Dezember, aber die Nachwuchslängen der Halbtorsos waren nun um 2,4 bis 2,8 mm länger als die der Torsos. Wahrscheinlich wurden die letzten Endospermreste zwi-

schen den Prüfungen im Dezember und Januar verbraucht. Dann waren die Torsos bei den Prüfungen im November und Dezember gegenüber den Halbtorsos nicht benachteiligt, weil sie über ihr Endosperm verfügten. Bei der Prüfung im Januar blieben sie hinter den Halbtorsos zurück, weil es nun kein Endosperm mehr gab. Gegen diese Annahme spricht die Folgerung von HÄNSEL (1962) aus seinen Untersuchungen über Faktoren mit Einfluß auf den Endosperm-Verbrauch: es ist „damit zu rechnen, daß das Endosperm vollständig verbraucht ist, wenn das 3. Blatt an der Hauptachse eben erschienen ist.“ Aber HÄNSEL hat in derselben Arbeit gezeigt, daß der Zeitpunkt für die letzte Endospermnutzung keineswegs allein durch den Entwicklungszustand bzw. die Blattzahl der Weizenpflanzen bestimmt wird. SADONZEW und BONDARENKO (1965) haben in der Ukraine beobachtet, daß Winterweizen-Pflanzen mitunter „aus Feuchtigkeitsmangel oder aus anderen Gründen mit 2–3 Blättern, mit wenig entwickeltem Bestockungsknoten und einem schwachen Wurzelsystem in den Winter gehen. Diese Pflanzen haben die Nährgewebe des Samens verbraucht“. Die Pflanzen der Monatlichen Prüfungen 1964/65 waren immer gut mit Feuchtigkeit versorgt. Vielleicht waren auch alle „anderen Gründe“ für vorzeitige Endospermentleerung nicht vorhanden, so daß nach der Prüfung im Dezember, aber nicht mehr bei der im Januar noch Endosperm verfügbar war.

Aus einem Dornburger Versuch geht hervor, daß das Endosperm auf die Nachwuchslängen junger Pflanzen einen erheblichen Einfluß haben kann. Am 23. August 1960 wurden aus 3 Winterweizen-Aussaaten je 100 möglichst einheitliche Pflanzen zu Torsos verarbeitet. Zugleich mit dem Stutzen wurde von jeder zweiten Pflanze der noch vorhandene Rest des Kornes abgetrennt. Das ging leicht und augenscheinlich ohne Verletzung lebenswichtiger Pflanzengewebe vor sich. Tab. 7 zeigt, daß unabhängig davon, ob die Pflanzen im 1-, 2- oder beginnenden 3-Blatt-Stadium waren, auf das Abtrennen der Kornreste eine Verkürzung der Nachwuchs-Millimeter um ein Drittel folgte.

Der Faktor 5 kann demnach in Ergebnisse von Torsomethode-Versuchen mit Pflanzen im <4-Blatt-Stadium schwere Fehler hineinbringen, sobald Stämme mit ungleicher Endospermentleerung benutzt werden. HÄNSEL (1961) hat Keimpflanzen als ungeeignet für einmalige Frostresistenzprüfungen erklärt, weil deren Frostresistenz weitgehend vom Entwicklungsstadium abhängt und weil die Beziehungen zwischen Resistenz und Endospermentleerung verwickelt sind.

Die Bedeutung der Endosperm-Reserven für die Nachwuchslängen darf als gesichert angesehen werden. Die gleichsinnige Bedeutung der aus gespeicherten Assimilaten bestehenden Reserven ergibt sich aus drei Argumenten:

1. Das Belassen der Wurzeln an den Halbtorsos (Abb. 4) hatte ab Januar längere Nachwuchs-Millimeter an den Halbtorsos als an den Torsos zur Folge. Das dürfte in erster Linie durch Mobilisieren von Reserven aus dem Wurzelgewebe ermöglicht worden sein.

2. Bei Faktor 7 wird erwähnt, daß Torsos um so längere Nachwuchslängen zustande bringen, je intensiver sie vor dem Stutzen belichtet wurden. Durch die Belichtung wurde also im Gewebe der Torsos selbst die Speicherung von Assimilaten gefördert, die dann beim Nachwachsen mobilisiert wurden.

3. SCHMALZ (1961) hat gezeigt, daß die Winterhärte von Weizenpflanzen in hochgestellten Kästen durch Abschneiden der Blätter im 1-Blatt-Stadium herabgesetzt wird und erst recht durch späteres Wiederholen dieses Stutzens. Wenn man so behandelte Pflanzen mit der Torsomethode prüfen würde, dann muß die Enthärtung in einer Verkürzung der Nachwuchs-Millimeter zum Ausdruck kommen. SCHMALZ hält es für wahrscheinlich, daß die nachgewiesene Enthärtung eine Folge der Verarmung an Reserven infolge Fehlens der assimilierenden Pflanzenteile ist.

Aus den Versuchen von SCHMALZ (1961) ergibt sich eine wichtige Konsequenz: wenn Getreidepflanzen, die für Torsomethode-Versuche oder andere Frostresistenzprüfungen vorgesehen sind, von Wild oder anderen Tieren verbissen werden, dann darf man entweder nur die abgefressenen verwenden, oder nur die unversehrten, oder man muß rechtzeitig die verschont gebliebenen mit einer Schere stutzen.

Für den Faktor 5 ergibt sich:

Pflanzen im <4-Blatt-Stadium sind für Prüfungen mit der Torsomethode ungeeignet, solange unbekannt ist, ob alle Pflanzen über gleiche Endospermreste verfügen.

Verbissene Pflanzen dürfen für Torsomethode-Versuche nicht benutzt werden, es sei denn, daß der Verlust grüner Teile bei allen Pflanzen einheitlich ist.

Faktor 6 Die Nährstoff- und Wasserversorgung aus dem Boden

Mit einem Einfluß der Nährstoff- und Wasserversorgung aus dem Boden auf die Nachwuchslängen ist selbstverständlich zu rechnen. Bisher wurde nicht untersucht, wie groß der Einfluß dieses Faktors sein kann.

Nach allgemeinen Erfahrungen ist es leicht möglich, den Einfluß des Faktor 6 auf die Nachwuchslängen durch die Anzucht-Bedingungen so klein oder konstant zu halten, daß er als Fehlerquelle vernachlässigt werden darf. Das dürfte am besten durch Anzucht der Pflanzen in Kästen mit etwa 15 cm tiefem, gut durchmischem Boden zu erreichen sein. Bodenart und Sand-Beimischungen dürften erheblichen Einfluß haben. Bei Anzucht auf dem Acker lassen sich Störungen durch den Faktor 6 kaum ausschalten.

Für den Faktor 6 ergibt sich:

Für Torsomethode-Versuche sind Pflanzen, die in gleichmäßig hergerichteten Kästen wachsen, besonders geeignet. Verwendung von Freiland-Pflanzen ist im allgemeinen ein Notbehelf.

Faktor 7 Temperatur und Licht vor der Kältebehandlung

Temperatur und Licht sind entscheidend für Ab- und Enthärtung von Getreide und anderen Pflanzen,

gleichgültig, ob sie im Freien als Wetterelemente oder im Klimaraum zur Wirkung kommen. Kühle Temperatur und Langtag bewirken unmittelbar eine Abhärtung und dadurch mittelbar eine Verlängerung des Relativen Nachwuchses. Im vorliegenden Zusammenhang interessiert dieser Einfluß nicht. Als Faktor 7 ist lediglich der Einfluß von Temperatur und Licht zu beachten, der bewirkt, daß die Nachwuchslängen der Kontrolltorsos länger oder kürzer sind je nach der Temperatur und Belichtung, der die Pflanzen vor der Prüfung ausgesetzt waren.

Die Auswertung einiger Versuchsergebnisse und Beobachtungen führte zu der Arbeitshypothese, daß im allgemeinen niedrigere Temperaturen im Bereich zwischen 0 und 10 °C und stärkeres Licht vor Prüfungen die größeren Nachwuchs-Millimeter bewirken und daß dem entsprechend höhere Temperaturen und schwächeres Licht die kleineren Nachwuchs-Millimeter bewirken.

Der erste, die Temperatur betreffende Teil der Hypothese wird mit dem folgenden Versuch begründet: Am 3. April 1964 wurden von 3 Weizensorten intakte Pflanzen mit anhaftender Erde gleichmäßig auf die Klimaräume I, II, III verteilt. Die Lufttemperatur war in I auf 3,5 bis 5, in II auf 5,5 bis 7, in III auf 7,5 bis 10 °C eingestellt. Jeder Raum erhielt Tageslicht durch ein Fenster. Die Pflanzen blieben 3 Tage in diesen Räumen. Dann wurden von jeder Sorte aus jedem Raum 40 Pflanzen als Torsos gestutzt und zum dreitägigen Nachwachsen bei etwa 8 °C gestellt. Die dabei gewachsenen Nachwuchs-Millimeter sind in Tab. 8 zusammengestellt. Sie waren bei allen 3 Sorten nach der kältesten Temperatur (I) signifikant länger als nach der wärmsten (III). Das unregelmäßige Verhalten der Nachwuchs-Millimeter nach der mittleren Temperatur (II) zeigt, daß keine quantitative Beziehung zwischen Anzuchttemperatur und Nachwuchs-Millimetern bestand. Das war auch nicht zu erwarten, weil in keinem der drei Klimaräume die Temperatur und Belichtung überall gleich waren.

Tabelle 8. Nachwuchs-Millimeter nach verschiedenen, während 3 Tagen vor der Prüfung konstanten Vortemperaturen, gemessen am 6. April 1964.

Stufe	Vortemperaturen °C zwischen	Nachwuchs-Millimeter ¹⁾		
		Minhardi	Fanal	Streng's Marshall
I	3 ¹ / ₂ und 5	4,2	2,6	1,8
II	5 ¹ / ₂ und 7	4,4	2,5	1,0
III	7 ¹ / ₂ und 10	2,5	1,8	0,9

¹⁾ Mittel aus je 40 Torsos

F-Test

Sorten: F = 42,49** F_{tab. 1%} = 6,93
 Vortemperaturen: F = 8,93** F_{tab. 1%} = 6,93
 Sorten/Vortemperaturen: F = 3,22 F_{tab. 5%} = 3,26

Der zweite, das Licht betreffende Teil der Hypothese wird mit der Tatsache begründet, daß die Kontroll-Torsos bei normalen Prüfungen im Sommer viel längere Nachwuchs-Millimeter haben als im Herbst, und im Herbst und Frühling längere als im Winter.

Bei den Nur-Kontrollen-Prüfungen 1964/65 (Tab. 2) zeigte sich, daß die Nachwuchs-Millimeter im Winter kürzer sind als vor und nach dem Winter. Die Nachwuchs-Millimeter im Winter verhielten sich zu denen im Herbst und Frühjahr etwa wie 1 zu 2 bis 3. Dabei

hielt der Winter bis Mitte März an. Im Januar war das Wetter zunächst für die Jahreszeit zu warm, anschließend war der Boden ständig hart gefroren, so daß erst am 15. März die Prüfungen wieder aufgenommen werden konnten.

Daß der Nachwuchs im Herbst kürzer ist als im Sommer, läßt sich durch den Vergleich von zwei Versuchen demonstrieren. Der eine (A) ist die in Tab. 7 gezeigte Prüfung vom 23. August 1960 bzw. deren Variante Torsos mit Korn/Saat 10. 8.; der andere (N) ist die Monatliche Prüfung am 17. November 1964 bzw. deren Fanal-Kontrollen (Abb. 3a). Die Versuchsbedingungen stimmten abgesehen von der Jahreszeit gut überein: Die benutzte Sorte war dieselbe, wenn sie auch 1960 Hadmerslebener VIII hieß. Der mittlere Entwicklungszustand der benutzten Pflanzen war fast gleich, denn bei (A) war das 3. Blatt eben sichtbar, bei (N) hatte es ein Drittel seiner Länge erreicht. Nach dem, was bei Faktor 4 festgestellt wurde, ist dieser kleine Unterschied belanglos. Die Pflanzen wuchsen bei (A) in Pikierkästen, bei (N) in eingefütterten Blumentöpfen, beide Male im Freien ohne Beschattung. Das Nachwachsen erfolgte bei (A) und (N) im Brutschrank mit 10 bis 10,5 °C und feuchtigkeitsgesättigter Luft. Die Nachwuchs-Millimeter waren bei (A) mehr als doppelt so lang wie bei (N), nämlich 34,1 mm bei (A) und 12,4 mm bei (N). Dieser Unterschied muß ganz oder fast ganz durch das Wetter während der Anzucht verursacht sein. Denn alle anderen Faktoren stimmten ja bei (A) und (N) hinreichend überein.

Die Witterung war vor dem (A)-Versuch hochsommerlich mit häufig unterbrochenem Sonnenschein. Vor dem (N)-Versuch war es monoton kühl und trübe mit häufigem Nebel, tiefen Wolken und sehr seltenem Sonnenschein. Das Wetter unmittelbar vor den Prüfungen kann durch einige Daten der Dornburger Klimastation charakterisiert werden:

	August 1960		November 1964	
	21.	22.	15.	16.
Lufttemperatur-Maxima °C	18,1	26,6	11,4	9,4
Lufttemperatur-Minima °C	10,6	12,0	5,7	4,0
Sonnenscheindauer Std.	2,0	7,8	0,5	0

Die Temperatur kann für den viel längeren Nachwuchs im August nicht verantwortlich gemacht werden, weil der durch das Experiment begründete erste Teil der Arbeitshypothese besagt, daß die niedrigere Temperatur vor einer Prüfung die größeren Nachwuchs-Millimeter bewirkt. Aber vor der (A)-Prüfung war die Temperatur höher als vor der (N)-Prüfung und die Nachwuchs-Millimeter waren viel größer. Offenbar ist der Einfluß des Lichtes (Tageslänge und Einstrahlung pro Stunde) sehr groß und hat bei (A) und (N) den Temperatur-Einfluß wirkungslos gemacht.

Für den Faktor 7 ergibt sich:

Bei allen Torsomethode-Versuchen ist zu berücksichtigen, daß Temperatur und Licht während der Anzucht die Nachwuchslängen stark beeinflussen können.

Prüfungsergebnisse von verschiedenen Tagen dürfen nur als Relativer Nachwuchs verglichen werden.

Zuchtstammprüfungen sollten auf eine möglichst kurze, in jedem Jahr gleiche Periode beschränkt

werden, am besten auf die Monate Dezember, Januar und Februar.

Faktor 8

Die Tiefenlage der Bestockungsknoten

Die Wirkung der Tiefenlage der Bestockungsknoten auf die Nachwuchslänge wurde bisher nicht untersucht. Sie muß wegen der Temperaturwirkung (Faktor 7) besonders groß sein, wenn die Temperatur unter der Bodenoberfläche schnell ab- oder zunimmt. Das kommt unter jungen, offenen Beständen bei Strahlungswetter vor. Gleichmäßige Tiefenlage ist durch gleichmäßig tiefe Saat, am besten bei 2 cm, mit Sicherheit zu erreichen. Erfahrungsgemäß gelingt die Aussaat mit einheitlicher Tiefe im Freiland nur selten. Wenn man Freiland-Pflanzen benutzt, kann man einheitliche Pflanzen nach der Länge des weißlich-bleichen Teiles unterhalb der grünen Blatteile auswählen. Nach LAPCEVIČ und CYBUL'KOV (1962) liegt die Grenze zwischen weißlichem und grünem Teil um einen im einzelnen Versuch ziemlich konstanten Betrag unter der Bodenoberfläche. In einem Versuch von LAPCEVIČ und CYBUL'KOV war dieser Betrag im Mittel gleich 7,9 mm, in den Gruppen-Extremen gleich 6,1 und 9,7 mm. Bei tiefer Saat entstehen Pflanzen mit ansehnlichem Halmheber. Die Pflanzen sind dann derart anders gebaut, daß man aus ihnen keine normalen Torsos herstellen kann. Sie wurden und werden von Torsomethode-Versuchen ausgeschlossen.

Für den Faktor 8 ergibt sich:

Für Versuche mit der Torsomethode sind nur Pflanzen mit einheitlicher Lage der Bestockungsknoten ohne deutlich entwickelte Halmheber geeignet. Man bekommt sie bei gleichmäßiger Aussaat in 2 cm Tiefe in Kästen. Wenn Freilandpflanzen geprüft werden sollen, dann muß man Pflanzen auswählen, die keinen Halmheber haben und bei denen der bleiche Teil zwischen grünem Blatteil und Bestockungsknoten bzw. Korn an allen Pflanzen gleich lang ist.

Faktor 9

Die Behandlung der Pflanzen während des Präparierens als Torsos

Zum Faktor 9 gehört unter anderem: die Länge der verbleibenden Blatt- und Wurzelstümpfe; das Anfassen mit Händen oder Pinzetten; die Anordnung auf dem Arbeitstisch und abseits davon.

Zunächst wurde angenommen, daß durch detaillierte Arbeitsvorschriften der Faktor 9 mühelos zu eliminieren ist. Später stellte sich heraus, daß er als mögliche Fehlerquelle unterschätzt wurde.

Eine 1959 verfaßte Arbeitsanweisung (KRETSCHMER, 1959b) ging unter anderem darauf aus, die Pflanzen und Behälter während des Präparierens dem Einfluß der Körperwärme beteiligter Personen zu entziehen. Im Arbeitsraum soll die Lufttemperatur der Umwelttemperatur der Pflanzen vor der Prüfung gleich sein, also meist wenig über null Grad liegen. In der Anweisung steht: „Beim Schneiden hält man die Pflanzen so über ein leeres Fach des Behälters“, daß der fertige Torso in das Fach hineinfällt. „Wenn es nötig ist, einen Pflanzentorso anzufassen, muß dazu eine kalte Pinzette benutzt werden.“ Mit Einführung des Spezial-Thermostaten traten an die

Stelle der Behälter Glasröhrchen mit innerem Durchmesser von 16 mm. In diese kann man keinen Torso hineinfallen lassen. Das leistete einer sehr störenden Komponente des Faktor 9 Vorschub, die einen Versuch im Januar 1965 unbrauchbar machte.

Am 4. Januar 1965 sollte geprüft werden, ob einheitliche Torsos nach Aufenthalt von $\frac{1}{2}$ bis 8 Stunden im Thermostaten bei konstanter Badtemperatur von $0,0^\circ\text{C}$ immer gleiche oder aber abnehmende Nachwuchs-Millimeter haben. In dem Meßprotokoll vom 7. Januar gruppierten sich die Nachwuchs-Millimeter in der unverständlichen Anordnung, die Tab. 9 zeigt. Die Nachwuchs-Millimeter waren nach 3 und 4 Stunden (Gruppe Y) um 3,3 und 2,0 mm, also hochsignifikant kürzer als nach den kürzeren (X) und längeren (Z) Aufenthalten im Thermostaten. Diese Differenzen konnten unmöglich von der Dauer verursacht sein. Das Suchen nach der Ursache für diese Störung führte zu der Feststellung, daß jede der drei Gruppen X, Y, Z von einer anderen Person präpariert war. Daß dieser Personen-Effekt tatsächlich die Ursache für die Unterschiede $X > Z > Y$ war, ließ sich durch einen Versuch am 12. Januar beweisen. Für diesen und alle späteren Versuche wurde angeordnet, daß jede der drei Personen bei jeder Variante die Torsos für nur die erste oder nur die zweite oder dritte Wiederholung präpariert. Der Versuch mit Präparieren am 12. und Messen am 15. Januar ist in Tab. 9 unten eingetragen. Er stimmt mit dem andern Versuch in Tab. 9 hinsichtlich der Dauer der Aufenthalte überein, aber nicht hinsichtlich der Badtemperatur, die am 12. konstant bei $-7,0^\circ\text{C}$ lag. Tab. 9 zeigt, daß diese Temperatur belastend wirkte, denn mit zunehmender Aufenthaltsdauer wurden die Nachwuchs-Millimeter kürzer. Die eingestreuerten Zunahmen um 0,6 bis 0,9 mm sind nicht signifikant. Die Gruppen X, Y, Z sind jetzt die drei Wiederholungen, gekennzeichnet einmal dadurch, daß jede von einer anderen Person präpariert wurde, dann dadurch, daß sie sich signifikant unterscheiden. Im Versuch vom 7. Januar verhielten sich die drei Mittelwerte aller ersten, zweiten und dritten Wiederholungen wie 100:101:103, im Versuch vom 12. Januar dagegen wie 100:73:88. Der Personen-Effekt wirkte jetzt also auf die einzelnen Varianten ziemlich gleichmäßig als konstanter Fehler, aber auf die einzelnen Wiederholungen ungleich.

Die Versuchsergebnisse aus den Jahren vor 1965 sind sicher nicht von dem Personen-Effekt entstellt. Denn damals war es üblich, daß immer nur Material von einer einzelnen Variante auf dem Arbeitstisch sein durfte. Damit sollte jeder Verwechslung von Pflanzen bzw. Etiketten vorgebeugt werden.

Als eine andere Komponente des Faktor 9 wurde der Zeitpunkt des Präparierens geprüft. Bei normalen Versuchen dauert das Präparieren aller Varianten und Kontrollen etwa 3 bis 4 Stunden. Bei den drei in Tab. 10 zusammengestellten Versuchen wurde von

Tabelle 9. *Nachwuchs-Millimeter unter Einfluß des Personen-Effektes.*

Sorte: Fanal

Für jede Variante sind die Nachwuchs-Millimeter der 3 Wiederholungen (je 10 Torsos) und deren Summen eingetragen.

Der Personen-Effekt bewirkte die Unterschiede zwischen X, Y, Z. Einzelheiten im Text.

		Dauer des Aufenthaltes im Thermostaten (Stunden)									
$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	$5\frac{1}{2}$	7	8	Summe	relativ		
Versuch am 4. Januar 1965 Badtemperatur $0,0^\circ\text{C}$											
	X		Y			Z					
	10,2	9,9	10,0	7,4	7,9	9,1	9,7	8,9	73,1	100	
	10,4	11,0	10,6	7,4	7,1	7,9	10,1	9,8	74,3	101	
	10,5	12,5	10,0	7,3	6,7	9,5	9,8	9,1	75,4	103	
	31,1	33,4	30,6	22,1	21,7	26,5	29,6	27,8	222,8		
Versuch am 12. Januar 1965 Badtemperatur $-7,0^\circ\text{C}$											
X	7,1	9,3	7,3	8,0	6,7	7,6	6,9	6,1	59,0	100	
Y	7,1	6,9	5,7	4,6	5,5	5,4	4,4	3,2	42,8	73	
Z	8,1	6,8	6,5	7,8	6,6	6,4	5,4	4,3	51,9	88	
	22,3	23,0	19,5	20,4	18,8	19,4	16,7	13,6	153,7		

zwei Kontrollen (je 25 Torsos) die eine bei Beginn des Präparierens hergestellt, die andere am Schluß. Nur am 19. November 1958 gab es signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Wiederholungen. Vermutlich war die zu Beginn hergestellte Kontrolle schon etwas nachgewachsen, als die Schluß-Kontrolle präpariert wurde. Die Werte vom 25. Januar 1960 streuen in dem bisher unvermeidbaren Bereich von 0,2 bis 0,7 mm (je 25 Torsos!) und zeigen, daß es möglich ist, die Wirkung der Präparierzeit auszuschalten, indem die präparierten Torsos bis zum Ein-

Tabelle 10. *Nachwuchs-Millimeter bei Kontrollen mit je 25 Torsos, die zu ungleichen Zeiten präpariert und zu gleichen Zeiten zum Nachwachsen gestellt wurden.*

Versuch am 19. November 1958			
Präparieren	morgens	mittags	Diff.
	Nachwuchs-Millimeter		
Ridit	19,4	17,6	-1,8
Hadmerslebener IV	15,7	13,4	-2,3
Carsten VI	16,1	14,6	-1,5
Salzmünder Standard	16,5	16,8	0,3
Mittel der 4 Sorten	16,9	15,6	-1,3
Versuch am 20. November 1958			
Präparieren um	8,30	13 h	Diff.
	Nachwuchs-Millimeter		
Dankowska	13,3	13,9	0,6
Hadmerslebener VIII	11,8	12,2	0,4
Streng's Marschall	10,9	9,9	-1,0
Peko	13,3	12,3	-1,0
Mittel der 4 Sorten	12,3	12,1	-0,2
Versuch am 25. Januar 1960			
Präparieren um	8,40-50	10,20-30 h	Diff.
	Nachwuchs-Millimeter		
Minhardi	7,4	8,1	0,7
Hadmerslebener VIII	10,9	11,6	0,7
Streng's Marschall	8,0	7,5	-0,5
Peko	4,3	4,5	0,2
Mittel der 4 Sorten	7,6	7,9	0,3

stellen in das Kältebad in einem kühlen Raum aufbewahrt werden.

In der alten Arbeitsanweisung wurde verlangt, daß „die Blattscheiden bis auf einen Rest von $1\frac{1}{2}$ cm“ gestutzt werden. Später wurde für die Länge der Stümpfe ein Spielraum von 1 bis 2 cm erlaubt.

Nicht alle zunächst unerklärbaren Unterschiede zwischen Wiederholungen und solchen Varianten wie den in Tab. 9 als X, Y, Z zusammengefaßten müssen vom Faktor 9 verursacht sein. Auch beim Nachwachsen kann es vorkommen, daß die Bedingungen für zwei Wiederholungen ungleich sind und ungleiche Nachwuchslängen veranlassen.

Für den Faktor 9 ergibt sich:

Die Behandlung der Pflanzen und Torsos beim Präparieren schließt mögliche Fehlerquellen ein, die imstande sind, Versuchsergebnisse unbrauchbar zu machen. Mit einiger Aufmerksamkeit ist es möglich, diese Fehlerquellen auf ein tragbares Maß zu reduzieren.

Faktor 10

Der Aufenthalt der Torsos in den Glasröhren, die in das Kältebad eingetaucht werden

Für die Torsomethode-Versuche wird in Dornburg seit 1964 ein besonderer Thermostat benutzt (KRETSCHMER, 1964). Zu ihm gehören 48 Glasröhren mit 16 mm innerem Durchmesser und 19 cm Länge. Jedes Rohr wird beiderseits mit Gummistopfen verschlossen, zwischen denen 10 Torsos Platz haben. Dünne Gummischläuche verbinden die Luft in den Röhren mit der über dem Kältebad, so daß in den Röhren kein Unterdruck als Folge der Kühlung entstehen kann.

Die Anordnung der Torsos in dem Thermostaten schließt das Risiko ein, daß Torsos durch eindringenden Alkohol vergiftet werden oder daß in den eingetauchten, verschlossenen Glasröhren irgendwelche physiologische Störungen gefördert werden, durch die dann die Nachwuchslängen beeinflusst werden. Um jede derartige Wirkung des Faktor 10 rechtzeitig zu erkennen, wurden Apparatur-Teste eingeführt. Das sind Prüfungen mit der Anordnung wie am 4. Januar 1965 (Tab. 9). Später wurden statt der acht Zeitstufen nur noch drei mit 1, 3, 8 Stunden benutzt. Zusätzlich wurden Varianten mit entweder alten oder neuen Gummischläuchen geprüft.

Alle Apparatur-Teste haben gezeigt, daß der Faktor 10 keine signifikante Wirkung hatte. Es gab zwar einzelne Varianten mit signifikanten Abweichungen von den benachbarten. Der Test im ganzen ließ dann aber jedesmal erkennen, daß diese Unregelmäßigkeiten nicht vom Faktor 10 verschuldet waren, sondern von irgend einem andern. Solche Störungen kann man vermeiden, indem man mehr als drei Wiederholungen mit je 10 Torsos benutzt. 30 Individuen pro Variante haben sich nur bei solchen Versuchen als ausreichend erwiesen, bei denen kein Faktor die Nachwuchslängen einzelner Pflanzen oder einzelner Wiederholungen abweichend beeinflusste.

Für den Faktor 10 ergibt sich:

Die Anordnung der Torsos in dem Spezial-Kälte-thermostaten für die Torsomethode hat sich bewährt. Damit der Faktor 10 niemals bei möglichen Alterun-

gen und Abnutzungen der Apparatur als Fehlerquelle wirkt, müssen regelmäßig Apparatur-Teste durchgeführt werden und die nicht mehr einwandfreien Teile der Apparatur müssen rechtzeitig erneuert werden.

Faktor 11

Die Belastungstemperatur bei der Kältebehandlung

Die Torsomethode mit Auswerten mit Nachwuchs-Millimetern kann ihre Aufgabe nur erfüllen, wenn zwischen den Nachwuchs-Millimetern nach geeigneten Kältebehandlungen und der Frostresistenz bzw. Frostschädigung enge Korrelationen bestehen. Geeignet sind nur solche Temperaturen, die einerseits eine Verkürzung der Nachwuchslängen gegenüber den Kontrollen bewirken und andererseits nicht zum Tod durch Erfrieren führen. Die Versuchsergebnisse haben immer wieder bestätigt, daß zwischen geeigneter Belastungstemperatur, Nachwuchs-Millimetern und Frostresistenz enge Korrelationen bestehen. Hierfür zwei Beispiele:

Tab. 1 auf Seite 330 zeigt bei zwei Versuchsergebnissen, wie in Gefrierprüfungen mit Verschärfung der Belastungstemperatur bei den acht Sorten die Nachwuchs-Millimeter von Stufe zu Stufe kleiner wurden.

Abb. 3a auf Seite 329 zeigt, wie bei den Monatlichen Prüfungen 1964/65 die Nachwuchs-Millimeter in 5 Prüfungen bei allen Sorten nach -8°C kürzer waren als nach -4°C . Nur im Februar bei Fanal war das nicht so. Der Nachwuchs war vielmehr nach -8°C länger als nach -4°C und auch eine Spur länger als bei den Kontrollen. Für Fanal waren -8°C im Februar keine geeignete Belastungstemperatur.

Für den Faktor 11 ergibt sich:

Nach allen bisherigen Ergebnissen sind die Nachwuchslängen ein geeigneter Indikator für die Reaktion der Pflanzen auf Kälte bzw. für die Frostschäden.

Bei Sorten- und Zuchtstammpfahrungen müssen Belastungstemperaturen angewandt werden, nach denen die Nachwuchslängen signifikant kürzer als die der Kontrollen und signifikant länger als 0 mm sind.

Faktor 12

Die Dauer der Kältebehandlung

Die Kältebehandlung der Torsos besteht beim normalen Versuch darin, daß die Glasröhren mit den Torsos in das bereits auf die Prüftemperatur gekühlte Bad kommen und dann während einer bestimmten Zeit in dem Bad bleiben, während welcher die Temperatur konstant ist. Bei Versuchen mit besonderen Fragestellungen blieben die Glasröhren längere Zeit in dem Bad, dessen Temperatur währenddessen stufenweise erniedrigt wurde. Diese Versuche werden bei Faktor 13 erwähnt, weil bei ihnen die Dauer eine Komponente der Abkühlungsgeschwindigkeit ist.

Der Faktor 12 kommt zur Wirkung, wenn die Badtemperatur während veränderlicher Dauer konstant bleibt. Es gibt dann drei Möglichkeiten der Reaktion für die Torsos: die Nachwuchslängen können mit zunehmender Dauer der Temperaturbelastung abnehmen, zunehmen oder gleich bleiben. Abb. 5 zeigt Beispiele für die drei Möglichkeiten innerhalb von 4 Versuchen, die im November 1964 und Januar 1965

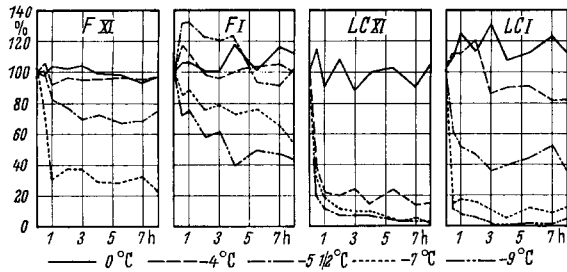


Abb. 5. Einfluß der Dauer der Behandlung mit konstanten Temperaturen auf den Relativen Nachwuchs.

Sorten: F = Fanal
 LC = Lin Calel
 Zeiten: XI = November 1964
 I = Januar 1965
 Kalendertage der Prüfungen:
 F XI u. LC XI mit 0 °C am 23. F I und LC I mit 0 °C am 11.
 -4 °C am 24. -4 °C am 15.
 -5,5 °C am 25. -5,5 °C am 14.
 -7 °C am 26. -7 °C am 12.
 -9 °C am 13.

Grenzdifferenzen in % und F-Teste

Bezugsbasis für die Grenzdifferenzen ist die unbehandelte Kontrolle vom gleichen Tag.

		0 °C	-4 °C	-5,5 °C	-7 °C	-9 °C
F XI	GD _{5%}	11,5	14,9	10,6	9,6	
	GD _{1%}	15,7	20,8	14,6	13,2	
	GD _{0,1%}	21,7	28,7	20,1	18,2	
	F-Test: F = 0,828; F = 0,701; F = 13,33**; F = 63,32**					
F I	GD _{5%}	12,0	18,8	23,1	17,9	14,8
	GD _{1%}	16,5	26,7	31,9	24,7	20,4
	GD _{0,1%}	22,7	36,7	43,9	33,8	28,0
	F-Test: F = 3,25*; F = 0,48; F = 4,46**; F = 5,39**; F = 17,21					
LC XI	GD _{5%}	15,9	11,1	10,5	5,9	
	GD _{1%}	21,8	15,3	14,6	8,1	
	GD _{0,1%}	30,1	21,1	20,0	11,1	
	F-Test: F = 3,33*; F = 54,88**; F = 80,0**; F = 243,33**					
LC I	GD _{5%}	11,2	9,1	14,4	10,9	11,9
	GD _{1%}	15,4	12,5	19,9	15,1	16,4
	GD _{0,1%}	21,2	17,3	27,4	20,6	22,5
	F-Test: F = 2,53; F = 2,66*; F = 16,79**; F = 67,32**; F = 33,53**					

* F_{tab. 5%} = 2,59 - ** F_{tab. 1%} = 3,89

mit Fanal und Lin Calel durchgeführt wurden. An jedem der Versuchstage wurde das Kältebad während 8 Stunden unverändert auf die Behandlungstemperatur eingestellt, aber im November an 4 und im Januar an 5 aufeinanderfolgenden Tagen jedesmal auf eine andere Belastungstemperatur. An jedem Versuchstag wurde der Thermostat nach Abkühlen auf die Soll-Temperatur mit 48 Glasröhren beschickt, die zur Hälfte Fanal- oder Lin Calel-Torsos enthielten. Außerdem gab es je 3 Röhren mit Kontrollen. Nach 1/2, 1, 2, 3, 4, 5 1/2, 7 und 8 Stunden wurden jedesmal 3 Röhren mit Fanal- und 3 mit Lin Calel-Torsos aus dem Thermostaten genommen. Weil die Kontrollen an den einzelnen Versuchstagen ungleiche Nachwuchs-Millimeter hatten, sind in Abb. 5 die Relativen Nachwüchse eingetragen.

Beim Auswerten der Abb. 5 läßt sich das subjektive Ermessen nicht ausschalten. Trotzdem dürften folgende vier Folgerungen richtig sein:

1. Es gibt bei den Kurven innerhalb jeder der 4 Teil-Darstellungen keine Überschneidungen bei den wirklich belastenden Temperaturen. Es gibt Überschneidungen nur in der Nähe der 100%-Geraden. Das bedeutet: die Reihenfolge der Varianten mit verschiedenen Behandlungstemperaturen war nach allen Behandlungsdauern dieselbe.

2. Die Kurven zeigen, daß Fanal im Januar viel träger auf Temperaturbelastungen reagierte als im November und als Lin Calel im Januar und November. Demnach werden frostresistente Weizen von Unterschieden der Belastungsdauer in Bereichen von 1/2 bis 2 Stunden weniger beeinflusst als nicht-resistente.

3. Die Reihenfolgen verschiedener Sorten nach gleicher Temperaturbelastung, angezeigt durch den Relativen Nachwuchs, können sich mit zunehmender Belastungsdauer ändern. Das geht nicht unmittelbar aus den Darstellungen der Abb. 5 hervor, ergibt sich aber als Konsequenz aus dem im vorigen Absatz (2.) gesagten.

4. Der Relative Nachwuchs kann nach nicht schädigenden Kältebehandlungen größer sein als bei den unbehandelten Kontrollen. In Abb. 5 liegen bei solchen Stimulierungen die Kurven oberhalb von der 100%-Geraden. Die Stimulierungen sind offenbar nur vorübergehend wirksam. Sie dürften im vorliegenden Zusammenhang kein besonderes Interesse verdienen und dem Gleichbleiben des Relativen Nachwuchses nach 0 °C gleichwertig sein, was in der Abb. 5 als mehr oder weniger lebhaftes Pendeln um die 100%-Gerade am besten bei Fanal im November zum Ausdruck kommt.

Hier interessieren besonders zwei Auswirkungen des Faktor 12. Erstens ist die Wirkung verschiedener Belastungsdauer im Bereich von 1 bis 2 Stunden wichtig für die Entscheidung, wie lange die Torsos bei normalen Prüfungen im Thermostaten bleiben sollen, damit die Nachwuchslängen möglichst wenig vom Faktor 12 beeinflusst sind und möglichst ausschließlich vom Faktor 1 und/oder Faktor 11.

Durch Messungen mit Thermoelementen wurde festgestellt, daß das Innere der üblichen Glasröhren etwa 20 Minuten nach dem Eintauchen auf die Badtemperatur abgekühlt ist (KRETSCHMER, 1964). Zur Sicherheit wurde angenommen, daß der Temperaturausgleich bei den Torsos erst nach etwa 30 Minuten erfolgte. Um eine ausreichende Einwirkungsdauer der Soll-Temperatur zu gewährleisten, wurde die Aufenthaltsdauer der Torsos im Thermostaten danach auf mindestens 40 Minuten und später auf 60 Minuten festgelegt. Der Verlauf der Kurven in Abb. 5 bestätigt, daß bei Aufhalten von 60 Minuten eine gewisse Stabilität des Relativen Nachwuchses erreicht ist, denn alle Kurven fallen während der ersten Stunde steiler ab als während der folgenden. Das Übergangsstadium Raumtemperatur → Badtemperatur ist nach einer Stunde abgeschlossen und die Soll-Temperatur bestimmt die Nachwuchs-Millimeter.

Zweitens interessiert hier, daß der Faktor 12 offenbar bewirken kann, daß Sorten-Rangordnungen sich mit zunehmender Belastungsdauer verändern können. Das Verhalten von Fanal im Januar läßt sich als stabile Resistenz interpretieren, das von Fanal im November und von Lin Calel in beiden Monaten als labile Resistenz. Vielleicht läßt sich aus ähnlichen, aber umfangreicheren Prüfungen wie den in Abb. 5 gezeigten einmal eine Resistenz-Stabilität exakt und quantitativ nachweisen.

Für den Faktor 12 ergibt sich:

Die Dauer der Kältebehandlung muß bei jedem Torsomethode-Versuch und bei jeder Versuchsserie genau festgelegt und eingehalten werden. Im allgemeinen wird eine Dauer von 60 Minuten empfohlen. Bei manchen Fragestellungen können längere Zeiten vorteilhafter sein, weil der Faktor 12 mit zunehmender Behandlungsdauer an Wirksamkeit verliert.

Faktor 13

Die Kühlgeschwindigkeit bei der Kältebehandlung

Die Kühlgeschwindigkeit kann die Nachwuchs-Millimeter erheblich beeinflussen. Das war nach den alten Dauerkasten-Versuchen (KRETSCHMER, 1960) zu erwarten. Bei ihnen zeigte sich eine Abnahme der Todes-Prozente, wenn die gleiche Belastungstemperatur durch allmähliche Abkühlung während mehrerer Stunden erreicht wurde, statt durch Einstellen der Pappkästen in die bereits abgekühlte Kühlzelle, also durch schnelle Kühlung. Die Ergebnisse ließen sich nur für Todes-Prozente auswerten, weil die Nachwuchslängen sehr kurz und deshalb ohne signifikante Unterschiede waren.

Die Wirkung der Kühlgeschwindigkeit auf die Nachwuchs-Millimeter zeigte sich wieder bei den Monatlichen Prüfungen 1964/65. Die Belastung mit -8°C wurde bei jeder Prüfung mit zwei Geschwindigkeiten eingeleitet. Bei den mit -8°C bezeichneten Varianten wurden die Glasröhren mit den Torsos in das bereits auf -8°C abgekühlte Bad eingetaucht. Sie hatten bis dahin eine Temperatur von wenig über 0°C . Bei den mit 0 , -4 , -8°C bezeichneten Varianten kamen die Glasröhren zunächst in das auf 0°C regulierte Kältebad. Dessen Temperatur wurde dann stufenweise im Verlauf von 75 bis 145 Minuten auf -8°C erniedrigt.

Abb. 3 zeigt, daß die Nachwuchs-Millimeter nach -8°C fast immer kürzer waren als nach 0 , -4 , -8°C . Die einzige Ausnahme gab es bei Lin Calel im April mit 2,2 mm nach -8°C und 1,0 mm nach 0 , -4 , -8°C . Dieser Einzelfall verdient trotz der knappen Signifikanz Beachtung, weil es einen analogen Fall bei den schon erwähnten Dauerkasten-Versuchen im Frühjahr 1959 gab. Damals wurde als Indikator der Frostresistenz die kritische Temperatur ermittelt, bei der gerade 100% Torsos tot waren. Diese Temperatur lag bei 5 Prüfungen Ende Februar und im März nach der schnellen Kühlung immer um 1 bis $3\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ höher als nach der langsamen, nämlich bei -16 bis -13 statt bei $-19\frac{1}{2}$ bis -14°C . Am 1. April aber lag die kritische Temperatur für Zapf's Neuzucht bei -11°C nach beiden Kühlgeschwindigkeiten, und für Hadmerslebener IV lag sie nach der langsamen Kühlung bei $-9\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ und nach der schnellen bei $-10\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$, also ebenso regelwidrig wie bei Lin Calel am 7. April 1964.

Aus den Ergebnissen der Monatlichen Prüfungen 1964/65 und der Dauerkasten-Versuche 1959 ergeben sich die Hypothesen:

1. Subletal schädigende Temperaturen schädigen um so weniger, je langsamer die Pflanzen abgekühlt werden.

2. Pflanzen, die wegen ihres erblichen und jahreszeitlichen Zustandes gut abgehärtet sind, werden von

denselben Temperaturen abgehärtet, von denen sie im enthärteten Zustand geschädigt werden.

Für den Faktor 13 ergibt sich:

Die Nachwuchslängen werden auch von der Kühlgeschwindigkeit beeinflusst, und zwar im Hauptwinter bei geeigneter Versuchsanordnung weniger als im Nachwinter. Zuchtstammprüfungen sollten deshalb in den Monaten Dezember bis Februar durchgeführt werden.

Faktor 14

Die Umwelt während des Nachwachsens

Durch geeignete technische Einrichtungen läßt sich die Temperatur in dem Raum oder Schrank, in dem die Torsos nachwachsen, konstant halten.

In Dornburg wurde bisher ein Brutschrank mit Wassermantel benutzt, der im Kältelabor steht. Die Lufttemperatur in dem Labor liegt während der Wintersaison je nach dem Wetter bei 2 bis 10°C . Die Temperatur in dem Schrank lag gleichzeitig bei 10 bis 11°C . Die Folgen dieser Temperaturschwankung für die Nachwuchs-Millimeter wurden nicht untersucht. Versuchsserien wie die Nur-Kontrollen-Prüfungen und die Monatlichen Prüfungen sind also mit einem unbekanntem Fehler behaftet. Wahrscheinlich sind die Nachwuchs-Millimeter im Herbst und erst recht im Frühjahr oft um 1 mm und manchmal um > 1 mm länger, als sie bei konstanter Brutschranktemperatur von $10,0^{\circ}\text{C}$ gewesen wären. Dieser Fehler läßt sich bei den Monatlichen Prüfungen, aber nicht bei den Nur-Kontrollen-Prüfungen durch Umrechnen in den Relativen Nachwuchs eliminieren. Er ist in Abb. 3a, aber nicht in Abb. 3b enthalten.

Der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Nachwuchslängen wurde in Vorversuchen geprüft, bei denen Torsos in Petrischalen auf knapp oder reichlich befeuchtetem Fließpapier nachwachsen. Es war dann keine Beziehung zwischen der Feuchtigkeit und den Nachwuchslängen zu erkennen. Seit Benutzung des Spezial-Thermostaten bleiben die Torsos während der Belastung und dem Nachwachsen in den 16 cm langen Glasröhren, die während des Nachwachsens beiderseits offen sind. Im Nachwachse-Schrank sind die Röhren von feuchtem Fließpapier umgeben. Die Luft in dem Schrank und in allen Röhren muß ständig mit Wasserdampf gesättigt sein. So ist die Feuchtigkeit während des Nachwachsens für alle Torsos gleich.

Für den Faktor 14 ergibt sich:

Die Nachwuchs-Millimeter von verschiedenen Versuchen können allenfalls dann vergleichbar sein, wenn während des Nachwachsens eine immer gleiche Temperatur von z. B. 10°C gesichert ist. Auch wegen des Faktor 14 verdient allgemein der Relative Nachwuchs den Vorzug vor den Nachwuchs-Millimetern.

Faktor 15

Die Dauer des Nachwachsens

Der Faktor 15 ist uninteressant, weil es einfach ist, die Dauer des Nachwachsens konstant zu halten, indem man die Torsos immer genau 72 Stunden in dem Nachwachse-Raum läßt. Man muß vermeiden, daß Torsos vor oder nach diesen 3×24 Stunden nachwachsen. Das ist durch Aufbewahren in einem kühlen Raum und gegebenenfalls durch Einfrieren leicht zu erreichen.

Für den Faktor 15 ergibt sich:

Man achte darauf, daß die Zeit für das Nachwachsen immer 72,0 Stunden beträgt.

Zusammenfassung

Die Nachwuchslängen von Torsos sind ein geeigneter Indikator für die experimentelle Bestimmung der erblichen Abhärbarkeit (= Faktor 1) von Weizensorten und -stämmen und/oder deren Resistenz als Reaktion auf Frostbelastungen (= Faktor 11). Die zur Torsomethode gehörenden Eingriffe an den Pflanzen (=Faktor 3) beeinträchtigen die Ergebnisse im allgemeinen nicht. Dagegen sind einige andere Faktoren potentielle Fehlerquellen, die auf Grund von Erfahrungen beim Experimentieren in folgende drei Gruppen eingeordnet werden:

I. Faktoren, die nie ganz als Fehlerquelle zu eliminieren sind:

- Faktor 2 = Die erblichen Eigenschaften, die unabhängig von der Abhärbarkeit die Nachwuchslängen beeinflussen
- Faktor 4 = Der Entwicklungszustand der Pflanzen
- Faktor 5 = Die Nährstoffreserven in den Pflanzen
- Faktor 6 = Die Nährstoff- und Wasserversorgung aus dem Boden
- Faktor 7 = Temperatur und Licht vor der Kältebehandlung

II. Faktoren, die mit sorgfältiger Anwendung geeigneter Apparate eliminierbar sind:

- Faktor 9 = Die Behandlung der Pflanzen während des Präparierens als Torsos
- Faktor 10 = Der Aufenthalt der Torsos in den Glasröhren, die in das Kältebad eingetaucht werden

III. Faktoren, die leicht zu eliminieren sind:

- Faktor 8 = Die Tiefenlage der Bestockungsknoten
- Faktor 12 = Die Dauer der Kältebehandlung
- Faktor 13 = Die Kühlgeschwindigkeit bei der Kältebehandlung
- Faktor 14 = Die Umwelt während des Nachwachsens
- Faktor 15 = Die Dauer des Nachwachsens.

Aus den beim Experimentieren gesammelten Erfahrungen ergeben sich folgende Empfehlungen für Benutzung der Torsomethode mit den Nachwuchslängen als Indikator:

1. Beim Auswerten benutze man vorwiegend den Relativen Nachwuchs und nur in Sonderfällen die Nachwuchs-Millimeter (Faktor 2-4, 7, 14).

2. Man benutze nur Pflanzen, die abgesehen von den Varianten-Unterschieden in keiner einzigen morphologischen oder physiologischen Eigenschaft uneinheitlich sind (Faktor 4-9, 11, 13).

3. Zuchtstammprüfungen beschränke man auf die Zeit von Dezember bis Februar (Faktor 3, 4, 7, 12, 13).

4. Pflanzen im > 3-Blatt-Stadium sind jüngeren vorzuziehen (Faktor 4, 5).

5. In Kästen gewachsene Pflanzen sind den im Freien gewachsenen vorzuziehen (Faktor 6, 8).

6. Für alle Arbeitsgänge von der Aussaat bis zum Messen lege man Anweisungen fest, die pedantisch einzuhalten sind (Faktor 9-15).

7. Bei besonders günstigen Versuchsbedingungen kann man sich mit 3×10 Pflanzen pro Variante begnügen. Im allgemeinen benutze man mehr als 3 Wiederholungen mit je 10 Torsos (Faktor 10).

8. Bei der Kältebehandlung müssen Temperaturen angewandt werden, nach denen der Relative Nachwuchs kleiner als 100% und größer als 0% ist. Deshalb sind im allgemeinen bei jeder Prüfung zwei oder drei Belastungstemperaturen anzuwenden (Faktor 11).

9. Als Dauer der Kältebehandlung sind 60,0 Minuten zu empfehlen (Faktor 12).

Literatur

1. HÄNSEL, H.: Winterfestigkeit und die Methoden ihrer Überprüfung bei Getreide. Bundesanstalt für alpine Landwirtsch. Admont (Österreich), Ber. Arbeitstagg., S. 96-136 (1954). — 2. HÄNSEL, H.: Untersuchungen über Endosperm-Entleerung, Wachstumszustand und Kälteresistenz bei Winterweizen. Bundesversuchsanst. alpenländ. Landwirtsch. Gumpenstein (Österreich), Ber. Arbeitstagg., S. 210-229 (1961). — 3. HÄNSEL, H.: Untersuchungen über die Entleerung des Endosperms bei Samen von Winterweizen (*Triticum aestivum*, L.). Bodenkultur (Wien), Ausg. A 13, 294-309 (1962). — 4. KRETSCHMER, G.: Ein neues Verfahren für die Bestimmung der Kälteresistenz von Getreide. Wiss. Z. Friedr. Schiller-Univ. Jena, Math.-Nat. Reihe, 8, 445-448 (1959a). — 5. KRETSCHMER, G.: Anweisungen für die Durchführung von Kälteresistenzprüfungen an Getreide nach Kretschmer. Anl. Rundschr. Arbeitsgem. Krankh. bekämpfg. Resistenzzüchtg. Getreide u. Hülsenfr., Oktober 1959 (1959b). — 6. KRETSCHMER, G.: Die Torsomethode, ein direktes Schnellverfahren für Frostresistenzprüfungen mit Getreide. Züchter 30, 251-254 (1960). — 7. KRETSCHMER, G.: Gefrierversuche mit der Torsomethode und einem Spezial-Thermostaten. Züchter 34, 120-125 (1964). — 8. LAPČEVIČ, G. P., und V. S. CYBUL'KOV: (Zur Ermittlung der Tiefenlage des Bestockungsknotens bei Winterweizen). Vestnik sel'skoc. nauki (Moskva) 7, 111-116 (1962). — 9. SACHS, JULIUS: Über den Einfluß der Lufttemperatur und des Tageslichts auf die stündlichen und täglichen Änderungen des Längenwachstums (Streckung) der Internodien. Arbeiten Botan. Inst. Würzburg 1, 99-192 (1874). — 10. SADONZEW, A., und W. BONDARENKO: Die Erhöhung der Winterfestigkeit bei Winterweizen. Internat. Z. Landwirtsch., Nr. 4, 374-379 (1965). — 11. SCHMALZ, H.: Eine einfache Methode der Prüfung auf Winterfestigkeit bei Getreide. Züchter 31, 297-303 (1961).