

Aus dem Institut für Acker- und Pflanzenbau der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Münchenberg

Beiträge zur Züchtungsforschung beim Apfel

VI. Untersuchungen über die Vererbung der Frostresistenz an Sämlingen der Sorten Glogierowka und Jonas Hannes

Von HEINZ MURAWSKI

Mit 7 Abbildungen

Wie die in der Vergangenheit aufgetretenen Winter, in denen Frostschäden an Obstbäumen verursacht wurden, gezeigt haben, sind die Schäden nicht nur von den Kältegraden abhängig, sondern auch

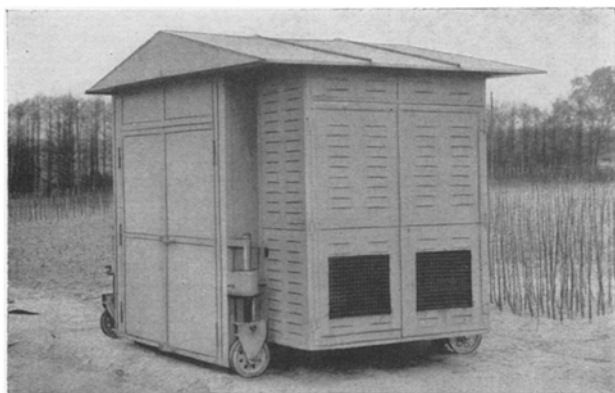


Abb. 1. Außenansicht der benutzten Kühlzelle.

der Entwicklungszustand der Gehölze im Frühjahr ist oft von wesentlicher Bedeutung für das Maß des verursachten Frostschadens. Besonders im Nachwinter sind häufig noch Frostschäden von erheblichem Ausmaß entstanden. Zu diesem Zeitpunkt haben die meisten Sorten schon ihre Winterruhe beendet und sind durch ansteigende Temperaturen sehr leicht zu erhöhter Aktivität anzuregen, wodurch ihre Frostresistenz erheblich sinkt. Es gibt aber auch Sorten, die erst sehr spät ihre Winterruhe beenden. Sie haben einen sehr späten Laubaustrieb und beginnen mit der Blüte erst dann, wenn die meisten Sorten abgeblüht haben. Bei Fortsetzung unserer Arbeiten zur Züchtung von Apfelsorten mit spätem Laubaustrieb und Blühbeginn sollte daher geprüft werden, ob Sämlinge mit spätem Laubaustrieb im Nachwinter eine größere Frostresistenz besitzen als Frühreifer. Für eine systematische Frostresistenzzüchtung ist die Beantwortung dieser Frage von Bedeutung, da die Auswahl der richtigen Kreuzungspartner den Erfolg der Arbeit wesentlich mitbestimmt.

Material und Methode

Zur Prüfung der Frostresistenz wurden aus freier Abblüte hervorgegangene Sämlinge der Sorten Glogierowka und Jonas Hannes verwendet. Die Sorte Glogierowka ist unter kontinentalen Bedingungen frosthart. Sie hat aber nach Angaben von LOEWEL (1956) im maritimen Klima in kalten Wintern verhältnismäßig stark gelitten, ähnlich wie die ebenfalls aus dem Osten stammende Sorte Antonowka. Der Vegetationsbeginn von Glogierowka ist früh (SCHMIDT, 1954). Die Sorte Jonas Hannes ist eine moselländische Lokalsorte, deren Frosthärte in

Münchenberg nur als mittel zu bezeichnen ist. Sie gehört zu den Sorten mit spätem Laubaustrieb und Blühbeginn (SCHMIDT, 1954) und besitzt daher eine Bedeutung für die Züchtung. Die Sämlinge dieser Sorten wurden 1957 im krautartigen Zustand auf Parzellen gepflanzt, die der Größe unserer Gefrierzelle entsprechen. Von allen Sämlingen ist im Frühjahr 1958 der Laubaustrieb bonitiert worden. Im Winter 1958/59 sind die so vorbereiteten 4 Parzellen mit einer fahrbaren Tiefgefrierzelle in verschiedenen Abschnitten des Winters künstlich gefroren worden, um einen möglichst unterschiedlichen Entwicklungszustand der Pflanzen zu erfassen. Es wurden je eine Parzelle vom 21.—23. Januar und vom 13. bis 15. Februar und zwei Parzellen vom 7.—13. März dem künstlichen Frost ausgesetzt. Die durchschnittlichen Minimumtemperaturen in der Kühlzelle betragen im Januar und Februar $-28,5^{\circ}\text{C}$ und die Temperatursumme, errechnet aus Temperatur \times Stunden, erreichte 1510°C . Im März wurde die Minimumtemperatur auf -12°C und die Temperatursumme auf 831°C gesenkt. Die Bonitierung des Frostschadens erfolgte im Sommer. Hierbei wurde der Schaden an den Laubknospen festgestellt und

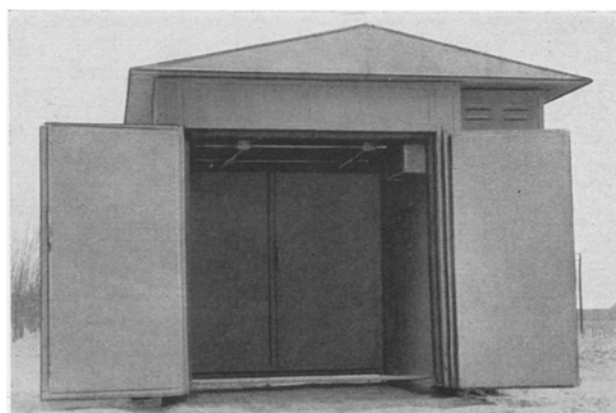


Abb. 2. Innenansicht der benutzten Kühlzelle.

wie folgt bonitiert: 0 = ungeschädigt, 1 = leicht geschädigt, 2 = mittel geschädigt, 3 = stark geschädigt und 4 = bis zum Erdboden zurückgefroren.

Zur Frostung der Pflanzen wurde eine Gefrierzelle benutzt, die ähnlich arbeitet, wie das von LOEWEL und KARNATZ (1956) beschriebene Aggregat. Die Abmessungen des Kälteraumes betragen $2 \times 2 \times 2 \text{ m}$. An der Decke des Kühlraumes sind die Verdampfer mit einer Gesamtoberfläche von 60 m^2 angebracht. Da mit stiller Kühlung gearbeitet wird, sorgt ein Ventilator für die Luftumwälzung, um die Entstehung unterschiedlicher Temperaturzonen zu verhindern. Zur Erzeugung der Kälte werden 2 Kompressoren

soren mit einer Leistung von je 4000 kal/h bei -10°C Verdampfung verwendet. Als Kältemittel wird Chlormethyl benutzt. Die Temperaturregelung in der Kühlzelle erfolgt mittels eines Thermostaten, und ein Fernschreiber registriert die Temperatur während des Versuchs in der Kühlzelle. Durch den Thermostaten läßt sich jedegewünschte Temperatur zwischen 0° und -35°C einstellen. Um auch bei Frostwetter Temperaturen über 0°C zu erzeugen, ist eine Heizung von 2000 Watt eingebaut. Bei einer Außentemperatur von $\pm 0^{\circ}\text{C}$ kann in der Kühlzelle in 2 Stunden eine Temperatur von -20°C erreicht werden, wenn beide Kompressoren eingeschaltet sind. Bisher wurden bei Außentemperaturen von $\pm 0^{\circ}\text{C}$ bis $+5^{\circ}\text{C}$ Innentemperaturen von -30°C bis -32°C mit Sicherheit erreicht. Bei Temperaturen nur wenig unter 0°C sind Dauertemperaturen von -35°C registriert worden. Mittels angebauter Winden und Räder kann das ganze Gehäuse leicht gehoben und auf Schienen vorwärts und seitwärts bewegt werden. Da 2 gegenüberliegende Wände als Türen gearbeitet sind, läßt sich das Aggregat, ohne die Pflanzen zu beschädigen, über die Parzellen schieben. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die benutzte Kühlzelle.

Ergebnisse

1. Laubaustrieb

In Abbildung 3 sind die Bonitierungsergebnisse des Laubaustriebes dargestellt. Sie zeigen, daß die Nachkommen der früh mit dem Laubaustrieb beginnenden Sorte Glogierowka ebenfalls früh mit dem Laubaustrieb beginnen. Die Sorte Jonas Hannes vererbte erwartungsgemäß ihren späten Laubaustrieb, so daß in dieser Nachkommenschaft sehr viele Sämlinge mit spätem Vegetationsbeginn zu beobachten waren.

2. Einfluß des Zeitpunktes der Frostung auf den Frostschaden

Die Frostbehandlung der einzelnen Parzellen wurde so gelegt, daß die Pflanzen in einem möglichst unterschiedlichen Entwicklungsstadium getroffen wurden, um daraus Schlußfolgerungen über den Verlauf der Frosthärte während des Winters in Abhängigkeit von der vorhergehenden Witterung ableiten zu können. Betrachten wir hierzu die in Tabelle 1 zusammengestellten Frostschäden, so können wir erkennen, daß der Gesamtschaden auf der Januar-Parzelle höher liegt als auf der Februar-Parzelle. Der

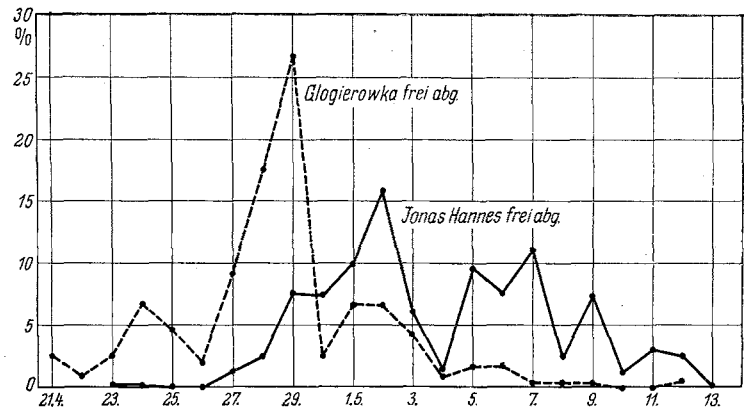


Abb. 3. Häufigkeitsverteilung des Laubaustriebes der untersuchten Nachkommenschaften von Glogierowka und Jonas Hannes.

höhere Schaden wird erklärlich, wenn wir den in Abbildung 4 dargestellten vorhergehenden Temperaturverlauf betrachten. Im Januar wurde mit der Frostung begonnen, als die Temperaturen eine ansteigende Tendenz hatten und am Tage bis $+8^{\circ}\text{C}$ erreichten und nachts kein Frost eintrat. Hierdurch trat bei allen Pflanzen eine verhältnismäßig starke Enthärtung ein. In diesem Zustand wurden sie künstlich dem Frost ausgesetzt. Die Februar-Parzelle ist gefrostet worden, als die Temperaturen bereits eine längere Zeit absteigende Tendenz hatten. Vor Beginn der Behandlung sanken sie nachts unter -12°C und am Tage stiegen sie nicht über -6°C . Durch die langsam fallenden Temperaturen konnten sich alle Pflanzen dem Frost verhältnismäßig gut anpassen und wahrscheinlich ihre genetisch bedingte

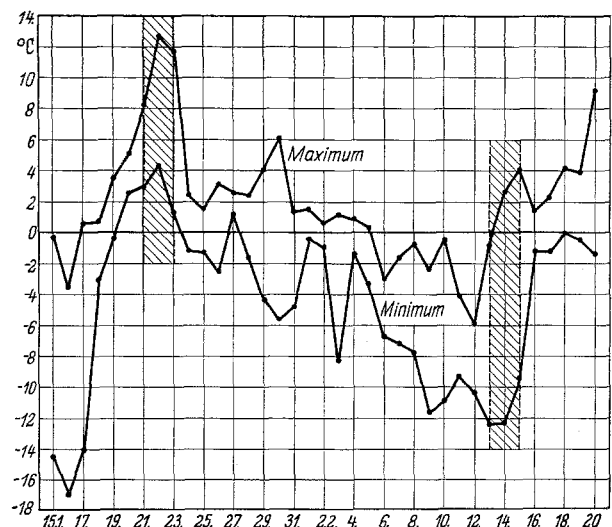


Abb. 4. Temperaturverlauf (Maximum und Minimum) im Freiland während der Untersuchungen im Januar und Februar. Schraffierter Abschnitt: Zeit der Frostbehandlung der Sämlinge.

Tabelle 1. Zusammenstellung der Frostschadenbonitierungen an Apfelsämlingen.

Zeitpunkt der Frostung	Glogierowka frei abg. % in der Schadengruppe					Durchschnittlicher Frostschaden	Anzahl	Jonas Hannes frei abg. % in der Schadengruppe					Durchschnittlicher Frostschaden	Anzahl	Temperatursumme	Durchschnittliches Minimum
	0	1	2	3	4			0	1	2	3	4				
21. bis 23. Januar	60,0	20,0	—	8,0	12,0	0,92	25	1,3	4,0	13,3	21,3	60,0	3,35	75	1509	$-28,5$
13. bis 15. Februar	96,2	—	—	—	3,8	0,15	26	7,6	16,5	13,6	10,6	51,5	2,81	66	1511	$-28,5$
7. bis 10. März	20,7	34,5	44,5	—	—	1,24	29	50,0	20,0	15,0	13,3	1,6	0,84	60	827	$-12,0$
10. bis 13. März	100,0	—	—	—	—	0	33	100,0	—	—	—	—	0	76	836	$-11,8$

potentielle Frosthärte erreichen. Der Frostschaden ist dadurch geringer als auf der Januar-Parzelle.

Im März wurde die erste Parzelle gefrostet, als bereits eine längere Wärmeperiode geherrscht hatte, wie aus Abbildung 5 hervorgeht. Es war anzunehmen, daß dadurch besonders die Fröhrtreiber unter den Sämlingen bereits zu höherer Entwicklungsbereitschaft angeregt und hier besonders gute Unterschiede in der Frostresistenz zu erhalten waren. Da

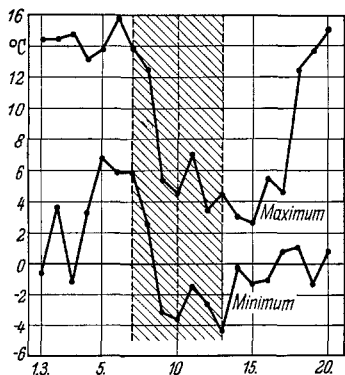


Abb. 5. Temperaturverlauf (Maximum und Minimum) im Freiland während der Untersuchungen im März. Schraffierter Abschnitt: Zeit der Frostbehandlung der Sämlinge.

die Frostresistenz in dieser Jahreszeit allgemein abnimmt, haben wir die Gefrieretemperatur im März herabgesetzt. Bei der zweiten März-Parzelle begann die Frostbehandlung, als die Temperaturen wieder eine stark sinkende Tendenz hatten und das Minimum zwischen -3°C und -4°C lag. Am Tage des Frostungsbeginns der zweiten März-Parzelle wurde die Gefrierzelle morgens über die zu frostende Parzelle gebracht, als die Temperatur gerade 0°C erreicht hatte. Während die Pflanzen auf der vorhergehenden Parzelle durch die hohe Temperatur stark enthärtet wurden, sind sie durch die niedrige Temperatur bis zu einem bestimmten Grad wieder gehärtet worden, und bei der angewandten Temperatur konnte zur Zeit der Bonitur kein Frostschaden beobachtet werden.

Vergleichen wir nun die aufgetretenen Frostschäden der zu den verschiedenen Zeiten gefrosteten Parzellen, so können wir eindeutig feststellen, daß die vorhergehenden Witterungsperioden einen wesentlichen Einfluß auf die Frosthärte gehabt haben. Dies kommt nicht nur in dem Anteil der ungeschädigten und geschädigten Pflanzen in den einzelnen Schadengruppen zum Ausdruck, sondern auch im durchschnittlichen Gesamtfrostschaden bei den einzelnen Frostungsterminen.

3. Unterschiedliche Frosthärte der verschiedenen Nachkommenschaften

Vergleichen wir nun die Nachkommenschaften der beiden Sorten Glogierowka und Jonas Hannes hinsichtlich ihrer Frosthärte, so können wir feststellen, daß die Sämlinge der Sorte Glogierowka im Januar und Februar geringere Schäden aufweisen als diejenigen von Jonas Hannes. Die Zahlen in Tabelle 1 veranschaulichen dies sehr deutlich. Anders sieht jedoch das Ergebnis der vom 7.—10. März gefrosteten Parzelle aus. Hier ist das Ergebnis umgekehrt. Während die Glogierowka-Sämlinge im Januar und Februar geringere Schäden hatten als die Jonas Hannes-Nachkommen, sind sie jetzt stärker geschä-

digt als auf den vorigen Parzellen, und sie sind auch im Gesamtschaden den Sämlingen von Jonas Hannes unterlegen. Die Umkehr des Schadenanteils der beiden untersuchten Nachkommenschaften im März läßt sich mit dem im Vorjahr beobachteten unterschiedlichen Laubaustrieb dieser beiden Nachkommenschaften erklären. Wir hatten festgestellt, daß die Sämlinge von Glogierowka, ähnlich wie ihre Muttersorte, verhältnismäßig früh austreiben und sich unter den Nachkommen des Spätblüher Jonas Hannes sehr viele Sämlinge mit spätem Laubaustrieb befinden.

Die Sämlinge von Glogierowka sind durch die hohen März-Temperaturen schon sehr früh zur Entwicklung angeregt worden, und sie waren zum Zeitpunkt der Frostung schon sehr stark enthärtet und damit frostempfindlicher als im Januar und Februar. Ein großer Teil der Jonas Hannes-Sämlinge zeigt trotz ansteigender Temperaturen im März eine geringe Entwicklungsbereitschaft und ist daher zu diesem Zeitpunkt relativ frosthärter, obwohl sie im Mittwinter frostempfindlicher als Glogierowka waren. Der hohe Anteil von ungeschädigten Sämlingen unter den Nachkommen von Jonas Hannes läßt vermuten, daß eine Beziehung zwischen spätem Laubaustrieb und der größeren Frostresistenz bestehen könnte. Eine Berechnung des Regressionskoeffizienten ergibt, daß mit einem Tag verspätetem Laubaustrieb der Frostschaden nach unserem Bonitierungsschema 0,14 abnimmt. In der Abbildung 6 sind die Beziehungen zwischen dem Frostschaden und dem Zeitpunkt des Laubaustriebes dargestellt. Eine Berechnung des Bestimmtheitsmaßes, welches angibt, welcher Anteil von der Streuung der Frosthärte sich aus der Veränderung des Laubaustriebes erklären läßt, zeigt, daß 50% der Streuung der Frosthärte auf Veränderung des Laubaustriebes durch lineare Regression zurückzuführen sind. Die Regression ist mit $P < 0,1\%$ von Null gesichert verschieden. Es läßt sich

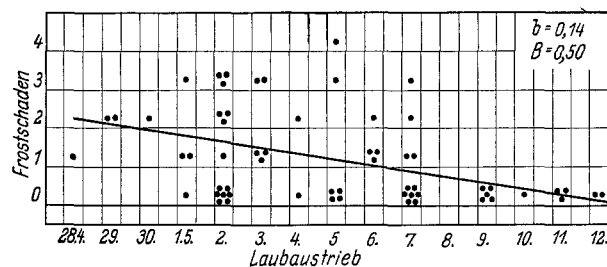


Abb. 6. Beziehungen zwischen dem Zeitpunkt des Laubaustriebes und dem Frostschaden an Sämlingen der Sorte Jonas Hannes.

also statistisch nachweisen, daß bei den Sämlingen der Sorte Jonas Hannes eine Beziehung zwischen spätem Vegetationsbeginn, gemessen am Laubaustrieb, und erhöhter Frostresistenz besteht.

Besprechung der Ergebnisse

Wie unsere Untersuchungen nochmals deutlich bestätigen, ist die Frostresistenz keine gegebene Größe. Sie ist abhängig von der erblichen Reaktionsfähigkeit der Pflanze auf bestimmte Umweltfaktoren. Die Frosthärte beruht in erster Linie auf Erreichung eines kältewiderstandsfähigen Plasmazustandes, der nach KESSLER und RUHLAND (1938) von der physikochemischen Bindung des Wassers im Plasma abhängig ist und sich in der Erhöhung der Viskosität infolge

verstärkter Hydratation des Plasmas äußert. Alle Faktoren, welche die Erreichung dieses Zustandes behindern oder fördern, haben einen Einfluß auf die Frosthärte. In unserem Versuch können wir sehr deutlich erkennen, wie das Ansteigen der Temperaturen im Januar die Frosthärte gemindert hat, während die langsam sinkenden Temperaturen im Februar sich günstig auf die Frosthärte ausgewirkt haben. Ähnlich liegen auch die Verhältnisse bei den im März gefrosteten Parzellen. Die Frostresistenz schwankt nicht nur zwischen dem Mittwinter und dem Nachwinter, sondern auch innerhalb dieser Abschnitte in Abhängigkeit von den herrschenden Temperaturen. Die Gehölze haben die Fähigkeit, sich in erblich festgelegten Grenzen abzuhärten und dadurch ihre Frostresistenz zu steigern. Es ist noch nichts darüber bekannt, ob die Fähigkeit, sich schnell oder langsam abzuhärten, bei den einzelnen Sorten unterschiedlich ist, jedoch darf auf Grund orientierender Untersuchungen angenommen werden, daß auch hier Unterschiede bestehen. In einer möglichst schnellen Härtefähigkeit besitzt eine Obstsorte die Möglichkeit, sich den oft sehr wechselnden Temperaturen anzupassen. Durch die verschiedene Reaktion der Obstgehölze auf die vorhergehende Witterung ist es auch erklärlich, daß die Frosthärte der Obstsorten in den einzelnen Wintern unterschiedlich beurteilt wird. TUMANOW und KRASAWZEW (1955, 1959) untersuchten besonders die Frostwiderstandsfähigkeit von Waldgehölzen. Auch sie konnten dabei feststellen, daß die vorhergehende Witterung einen beachtlichen Einfluß auf die Frosthärte hat, und die Abhärtung der Gehölze von wesentlicher Bedeutung für die Erreichung ihrer potentiellen Frostresistenz ist. Durch zusätzliche Abhärtung im Laboratorium ist es ihnen gelungen, die Frosthärte des Apfels bis -60°C , der Fichte bis -70°C , der Kiefer, Birke und schwarzen Johannisbeere bis -195°C zu steigern. Die Abhärtung wird nach Ansicht der Autoren dadurch erreicht, daß infolge erhöhter Permeabilität des Plasmas bei niedrigen Temperaturen das Wasser aus den Zellen abfließen kann, um in den Interzellularen zu gefrieren, und ferner durch die Entstehung einer bestimmten submikroskopischen Struktur des Plasmas. Eine erhöhte Permeabilität des Plasmas bei niedrigen Temperaturen wurde auch von KESSLER und RUHLAND (1938) festgestellt, die sie aber als Symptom für eine verstärkte Hydratation werteten. Durch weitere Untersuchungen müssen unsere Kenntnisse über die Vorgänge bei der Abhärtung vertieft und erweitert werden, um endgültige Schlußfolgerungen ziehen zu können. In einer weiteren Arbeit berichten TUMANOW, KRASAWZEW und CHWALIN (1959), daß es ihnen gelungen ist, durch stufenweise Frostung die Frostresistenz der Birke und schwarzen Johannisbeere sogar auf -253°C zu steigern. Die Untersuchungen von PISEK (1958) zeigen ebenfalls, wie sich in Abhängigkeit von der Temperatur die Frosthärte der Pflanzen ändert. Er konnte eine größere Frosthärte der von ihm untersuchten Sorten nach vorausgegangenem Temperaturabfall feststellen. Desgleichen beobachtete er, daß manche Sorten ihre Stellung in der Rangfolge der Frosthärte während des Winters ändern, eine Beobachtung, die durch unsere Versuche bestätigt wird.

Genauso wichtig wie die zellphysiologischen Prozesse während der Frosthärtung sind die entwicklungsphysiologisch bedingten Vorgänge, weil sie ebenfalls einen Einfluß auf das Plasma und die Frosthärte haben. Wir kennen Obstgehölze, die sehr früh in ihre Winterruhe eintreten, und solche, die sehr spät damit beginnen. Andere beenden ihre Ruhezeit sehr früh oder verharren sehr lange im Ruhezustand. Je nach ihrem Entwicklungszustand sind sie in den einzelnen Abschnitten ihrer Entwicklung frosthärter oder weniger frosthart. In unseren Versuchen kann sehr deutlich gezeigt werden, daß die Nachkommen von Glogierowka im Januar und Februar sehr frosthart sind, da sie sich noch in ihrer Winterruhe befinden, aber im März schon erheblich an Resistenz verloren, weil sie ihre Ruhezeit sehr früh beendet haben. Durch ein vorübergehendes Ansteigen der Temperatur werden Formen, die ihre Ruhezeit früh beenden,

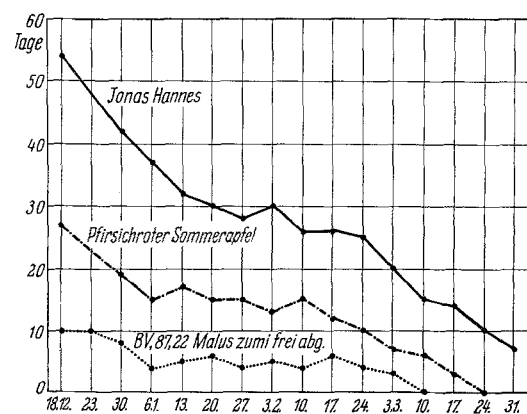


Abb. 7. Vergleich der unterschiedlichen Entwicklungsbereitschaft (Tage bis zum Laubaustrieb) bei einigen Formen von *Malus* nach dem Einstellen ins Gewächshaus während des Winters 1957/58.

zu erhöhter Aktivität angeregt, wodurch das Plasma erheblich an Frostresistenz einbüßt. Wie unterschiedlich sich einzelne Sorten bei dem Einfluß erhöhter Temperatur verhalten, zeigt ein Versuch, den wir im Winter 1957/58 durchführten. In Abständen von einer Woche wurden von Dezember an Zweige von verschiedenen Apfelsorten ins Gewächshaus bei 15° bis 18°C gestellt und bis zum Laubaustrieb beobachtet. Die in der Abbildung 7 eingetragenen Kurven zeigen sehr deutlich den unterschiedlichen Wärmebedarf der untersuchten Sorten während des Winters. Es geht daraus hervor, daß es Sorten gibt, die sich sehr leicht antreiben lassen, und solche, die dazu eine höhere Wärmesumme benötigen. In einem Klimagebiet mit stark wechselnden Wintertemperaturen sind besonders solche Sorten gefährdet, die ihre Ruhezeit früh beenden und leicht auf höhere Temperaturen reagieren. Wie jedoch Freilandbeobachtungen zeigen, sind nicht alle Sorten oder Arten, die früh austreiben, frostempfindlich. Wir konnten Nachkommen verschiedener *Malus*-Arten beobachten, die trotz sehr frühen Laubaustriebes während ihrer 25jährigen Standzeit nicht erfroren sind. Bei diesen Formen scheint das Plasma trotz vorgeschrittener Entwicklung besonders schnell eine Struktur zu erreichen, die bedingt, daß diese Arten gegen die hier aufgetretenen Fröste auch im Frühjahr resistent sind. NESTEROW (1957) untersuchte die Frosthärte von Obstbäumen in Abhängigkeit von der Dauer ihrer Ruhezeit. Dabei konnte er feststellen,

daß frostharte Arten, die ihre Ruheperiode bereits in der ersten Dezemberhälfte beendeten, im Februar des Winters 1947/48 durch Frost geschädigt wurden, nachdem sie im Januar durch eine längere Wärmeperiode zum Wachstum angeregt waren, während weniger frostharte Arten mit längerer Ruhezeit nicht geschädigt worden sind. Im Winter 1949/50 traten allmählich sehr tiefe Temperaturen auf, bis -33°C , die nicht durch Tauwetter unterbrochen wurden. Die frostharten Arten mit kurzer Ruheperiode überstanden diese Kälteperiode ohne Schaden, während die weniger frostharten mit langer Ruheperiode durch den Frost geschädigt wurden. Auch GOLLMICK (1958) konnte im Winter 1956 beobachten, daß früh austreibende *Malus*-Arten stärker durch Frost geschädigt wurden als die später austreibenden Kultursorten.

Vergleichen wir nun unsere Ergebnisse mit denjenigen von NESTEROW (1957) und GOLLMICK (1958), so können wir eine gute Übereinstimmung feststellen. Die „Frühtreiber“ mit kurzer Ruheperiode wurden bei der Frostung im März mehr geschädigt als die „Spätreiber“ mit langer Ruheperiode. Im Mittwinter waren die Glogierowka-Sämlinge als „Frühtreiber“ den Jonas Hannes-Sämlingen als „Spätreiber“ in der Frosthärte überlegen. Die von TUMANOW (1955) untersuchte Apfelsorte Sibirika rosowaja reagierte ebenfalls sehr stark auf Temperaturschwankungen während des Winters. Sie ist den sibirischen Wintern ohne Tauwetter angepaßt.

Daß unter unseren wechselhaften Witterungsbedingungen im Winter Sorten mit kurzer Ruheperiode, zu denen besonders oft Sorten aus Osteuropa gehören, häufig geschädigt werden, geht aus Untersuchungen von LOEWEL (1956) hervor. So traten an den untersuchten Sorten aus Osteuropa, wozu auch Glogierowka, Klarapfel und Antonowka gehören, besonders im Nachwinter Frostschäden auf, während die gleichen Sorten unter kontinentalen Bedingungen als sehr frosthart gelten.

Die Beziehung zwischen Resistenz und Entwicklungsbereitschaft wurde auch von KESSLER und RUHLAND (1938) untersucht. Sie kommen zu dem Schluß, „daß Entwicklungshemmung die Frosthärte begünstigt“.

Auf die Bedeutung spätreibender Sorten für die Verbesserung der Frostresistenz hat ZWINTZSCHER (1944) hingewiesen. Er untersuchte die spät mit der Entwicklung beginnende Sorte Königlicher Kurzstiel und fand, daß sie durch ihre lange Ruheperiode im Frühjahr relativ frostresistent ist, wodurch sie vor Spätfrösten geschützt wird. In einem Entwicklungszustand, der demjenigen anderer Sorten gleicht, ist sie nicht frosthärter als diese.

Wie unsere Untersuchungen zeigen, ist die Reaktion der Nachkommenschaften von Glogierowka und Jonas Hannes derjenigen der Muttersorte sehr ähnlich. Glogierowka vererbt frühen Laubaustrieb, kurze Ruheperiode und gute Frostresistenz, Jonas Hannes späten Laubaustrieb, lange Ruheperiode und geringe Frostresistenz während des Mittwinters. Unsere bisherigen Untersuchungen lassen vermuten, daß die Frostresistenz des Plasmas durch einen stoffwechselphysiologischen und einen entwicklungsphysiologischen Prozeß bedingt ist. Die stoffwechselphysiologischen Vorgänge beeinflussen vor allen Dingen die Reaktion des Plasmas auf niedrige Temperaturen,

während die entwicklungsphysiologischen Vorgänge Beginn und Ende der Winterruhe bestimmen. Beide Teileigenschaften der Frostresistenz bewirken im Organismus sehr enge Wechselbeziehungen, wodurch der Komplex „Frostresistenz“ wesentlich komplizierter wird. Wie unsere Beobachtungen vermuten lassen, werden die genannten Teileigenschaften der Frostresistenz unabhängig voneinander vererbt. Auf dem Wege der Kombinationszüchtung müßte es daher gelingen, beide Eigenschaften miteinander zu vereinigen, um Sorten zu schaffen, deren Plasma sich sehr schnell den jeweiligen Kältegraden anpassen kann, träge auf ansteigende Temperaturen reagiert und ein günstiges chemophysikalisches Gefüge erreicht, das auch sehr tiefe Temperaturen verträgt. Die Winterruhe soll tief und lang anhaltend sein, damit im Frühjahr möglichst spät eine Mobilisierung des Stoffwechsels einsetzt. Auf eine breite genetische Grundlage der Frostresistenz weist auch ZWINTZSCHER (1944, 1957) hin. Er kommt auf Grund seiner Beobachtungen ebenfalls zu der Schlußfolgerung, daß zwei Genkomplexe an der Entstehung frostresistenter Formen beteiligt sind.

Unter unseren wechselhaften Witterungsbedingungen im Winter hat sich gezeigt, daß wir die meisten Sorten aus Osteuropa nicht anbauen können, da sie für kontinentale Bedingungen mit gänzlich anderen Wintern gezüchtet sind. Auch die westeuropäischen Sorten besitzen größtenteils eine zu geringe Frostresistenz, da ihre Auslese unter maritimen Bedingungen stattfand. Wir müssen also Sorten züchten, die in unserem wechselhaften Klima ausgelesen werden und diesem angepaßt sind, wenn eine nachhaltige Verbesserung der Frostresistenz erfolgen soll.

Daß es Sorten gibt, die unseren Klimabedingungen verhältnismäßig gut angepaßt und dadurch sehr frostresistent sind, geht aus einem Versuch hervor, den wir im Winter 1958/59 durchführten. Die als frostresistent bekannte Sorte Hiberna wurde im Vergleich mit anderen Sorten und Zuchtmaterial zu verschiedenen Zeiten künstlich dem Frost ausgesetzt. Dabei zeigte sich, daß sie Tiefsttemperaturen von -32°C und Dauertemperaturen von -28°C im Januar ohne Schaden überstand, während die Vergleichssorten erfroren oder schwer geschädigt wurden. In dem gleichen Versuch wurde Mitte Februar eine andere Wiederholung bei einer durchschnittlichen Temperatur von $-26,2^{\circ}\text{C}$ und einer Tiefsttemperatur von -28°C gefroren, nachdem eine 6tägige Wärmeperiode mit Temperaturen bis zu 5°C vorausgegangen war. Alle Prüfsorten auf der Parzelle waren erfroren, während Hiberna als Vergleichssorte starke Frostschäden aufwies. Die Frostbelastung zu dieser Jahreszeit war nach der vorausgegangenen Wärmeperiode zu groß, und die Abkühlung erfolgte unter diesen Vorbedingungen wahrscheinlich zu schnell. Aus weiteren Gefrierversuchen des Winters 1959/60 wissen wir, daß sich die Sorte Hiberna gut und verhältnismäßig schnell abhärtet und relativ langsam enthärtet wird. Es muß daher angestrebt werden, Sorten mit ähnlicher Reaktion auf niedrige Temperaturen zu schaffen.

Zusammenfassung

Mittels einer Tiefgefrierzelle wurden im Winter 1958/59 Gefrierversuche an Nachkommenschaften

der Sorten Glogierowka und Jonas Hannes durchgeführt.

Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Der Frostschaden ist vom Zeitpunkt der Frostwirkung abhängig. Vorhergehende Wärmeperioden verringern die Frostresistenz, Kälteperioden steigern sie.

2. Die Dauer der Winterruhe hat einen Einfluß auf die Frostresistenz, Gehölze mit längerer Ruhezeit haben die Aussicht, Fröste im Nachwinter besser zu überstehen als solche mit kurzer Ruheperiode.

3. Die Frostresistenz wird vorwiegend von zellphysiologischen Prozessen während der Frosthärtung bei sinkenden Temperaturen und von entwicklungsphysiologischen Vorgängen, die über die Dauer der Ruheperiode entscheiden, bestimmt.

4. Für Winter mit stark wechselnder Temperatur sind Sorten notwendig, die sich schnell dem jeweiligen Frost anpassen können und träge auf ansteigende Temperatur reagieren.

Literatur

1. GOLLMICK, F.: Beobachtungen über Frostschäden an Wildäpfeln und ihren Sämlingen als Folge der strengen Frostperiode im Februar 1956. Arch. f. Gartenbau 9, 126 bis 149 (1958). — 1a. KESSLER, W., und W. RUHLAND: Weitere Untersuchungen über die inneren Ursachen der Kälteresistenz. Planta 28, 159—204 (1938). — 2. LOEWEL, E. L.:

Frostschäden an Apfelbäumen in Abhängigkeit von Sorte, Stammbildner, Unterlagen und Boden. Schriften zur Förderung des Gartenbaues H. 8. Deutsche Gärtnerbörse, Aachen (1956). — 3. LOEWEL, E. L., und H. KARNATZ: Untersuchungen über die Frostresistenz der Obstgehölze im Baumschulstadium. Der Züchter 26, 117—120 (1956). — 4. NESTEROW, J. S.: Die Ruheperiode und die Winterhärte der Obstbäume. Berichte der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Pflanzenphysiologie 117, 507—510 (1957). — 5. PISEK, A.: Versuche zur Frostresistenzprüfung von Rinde, Winterknospen und Blüten einiger Arten von Obstgehölzen. Gartenbauwiss. 5 (23), 54—74 (1958). — 6. SCHMIDT, M.: Mehrjährige Untersuchungen über den Blühbeginn von Apfelsorten. Arch. f. Gartenbau 2, 355—384 (1954). — 7. TUMANOW, J. J., und O. A. KRASAWZEW: Die Frostwiderstandsfähigkeit der Gehölze. Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pflanzenphysiologie 2, 320—333 (1955). — 8. TUMANOW, J. J., und O. A. KRASAWZEW: Die Abhärtung nördlicher Holzgewächse durch negative Temperaturen. Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pflanzenphysiologie 6, 654—667 (1959). — 9. TUMANOW, J. J., O. A. KRASAWZEW und N. N. CHWALIN: Die Erhöhung der Frostresistenz der Birke und der schwarzen Johannisbeere auf -253°C durch Abhärtung. Berichte der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pflanzenphysiologie 127, 1301—1304 (1959). — 10. ZWINTZSCHER, M.: Experimentelle Untersuchungen zur Züchtung von Obstgehölzen mit frostwiderstandsfähigen Fruchtknospen und Blüten. I. Malusformen. Z. f. Pflanzenzüchtung 26, 245—352 (1944). — 11. ZWINTZSCHER, M.: Beiträge zur Vererbung des Frostverhaltens der Obstgehölze. Gartenbauw. 22, 50—70 (1957).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Bernburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen über den Carotingehalt in der Maispflanze

Von R. FOCKE, W. FRANZKE und A. WINKEL*

Mit 1 Abbildung

Im allgemeinen ist das von Pflanzen gebildete Carotin die Grundlage für die Vitamin-A-Versorgung des tierischen Körpers. Das Rind vermag $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ des angebotenen Carotins zu resorbieren und in Vitamin A umzuwandeln (SCHARER 1954). Ein Milchhind mit 600 kg Lebendgewicht hat z. B. einen täglichen Bedarf von 100—200 mg Carotin. Das Winterfutter ist meist sehr carotinarm, vor allem dann, wenn kein Gärfutter verabreicht wird, während die Sommerfütterung der Rinder eine ausreichende Carotinversorgung gewährleistet. So betrug der Vitamin-A-Gehalt der Butter bei Silagefütterung im Winter 60—75% von dem der Sommerfütterung, ohne Silagefütterung nur noch etwa 25% (OLSSON 1955). Vorratsfutter mit einem hohen Carotingehalt zu erzeugen, ist daher von großer Bedeutung. Quantitative Untersuchungen zeigten, daß Mais in dieser Beziehung ein wertvolleres Gärfutter als die übliche Rübenblattsilage ist. Der Carotingehalt im Maisgärfutter betrug im Mittel von 72 Proben 15,82 (4,59 bis 35,38) mg, in 10 Zuckerrübenblattsilagen konnte hingegen ein durchschnittlicher Gehalt von 6,96 mg je kg Frischsubstanz festgestellt werden (NEHRING und HOFFMANN 1959; vgl. auch DANILENKO 1957).

Die gelbkörnigen Maissorten enthalten zum Unterschied von anderen Getreidearten in der Karyopse

Carotin. Dieser Carotingehalt ist jedoch im Verhältnis zu dem anderer Teile der Maispflanze gering. Unsere Untersuchungen waren darauf gerichtet, den Carotingehalt grüner Pflanzen unter den Wachstumsbedingungen Bernburgs zu untersuchen.

Im einzelnen wurden folgende Punkte ausgewählt:

1. Carotingehalt und Entwicklung der Pflanze,
2. Carotingehalt und Düngung,
3. Carotingehalt einiger Sorten und seine Vererbung.

Methode

a) Bestimmung des Carotins: 5 g zerkleinertes, frisches Pflanzenmaterial wird unter Zusatz von 2 Tropfen 1%iger NaCN-Lösung 2 Min. mit Methanol unter Wasserkühlung homogenisiert (Tourenzahl 50000 U/Min.). Die homogene Suspension wird abgesaugt und mit Methanol sowie Petroläther (30 bis 50 °C) nachgewaschen. Die Trennung des Methanol-Petroläthergemisches erfolgt nach Wasserzusatz (GSTIRNER). Die mit Wasser gewaschenen Petrolätherextrakte werden über CaCl_2 getrocknet, im Vakuum bei 40 °C auf 2—3 ml eingeengt und chromatographisch gereinigt. Zur Anwendung gelangen Chromatographiersäulen von 10 mm Durchmesser mit Normalschliffen und Wasserkühlung. Als am besten geeignetes Adsorbens erwies sich das Gemisch Al_2O_3 (standardisiert nach BROCKMANN) — Na_2SO_4 (wasserfrei) 1:1, wobei letzteres über Nacht bei

* Für die Anlage der Feldversuche möchten wir auch an dieser Stelle Herrn Dr. RAGALLER und seinen Mitarbeitern danken.