

Untersuchungen zur Charakterisierung der Winterresistenz der Schwarzen und Roten Johannisbeere

Von PÁL TAMÁS, Balsgård, Fjälkestad, Schweden

Mit 3 Abbildungen

Einleitung

Die meisten im gemäßigten und subpolaren Klimabereich heimischen Pflanzen vertragen mehr oder minder starke Frostgrade.

Beobachtungen an Freilandbeständen zeigen zwar deutliche Unterschiede hinsichtlich der „Winterfestigkeit“ bestimmter Pflanzen und Sorten, eine solche allgemeine Beurteilung ist jedoch für den Züchter nur von geringem Wert. Es ist nicht zu entscheiden, welches die unmittelbare Ursache des Schadens ist: der absolute Temperaturwert, die Dauer der Kälteeinwirkung, der Zeitpunkt der Kälteeinwirkung, die Schnelligkeit der Abkühlung, die Dilatation u. a. m. Wenn der Züchter bei seinen Untersuchungen auf die Selektionswirkung eines gegebenen Klimas angewiesen ist, wird seine Arbeit von äußeren Bedingungen bestimmt; es läßt sich aus solchen Untersuchungen auch nicht beurteilen, in welchen Gebieten der Anbau etwaiger neuer Sorten möglich ist. Es ist daher erforderlich, Untersuchungsmethoden auszuarbeiten, die es gestatten, die Winterfestigkeit von Pflanzen individuell zu untersuchen, zu vergleichen, und, wenn möglich, zahlenmäßig zu charakterisieren.

Jede Betrachtung der Ursachen der Resistenz muß davon ausgehen, daß das Zellplasma eine wohlausgewogene, submikroskopische Feinstruktur besitzt. Als die zur Zeit wahrscheinlichste Vorstellung nimmt FREY-WYSSLING (1953) eine dreidimensionale Grundstruktur des Cytoplasmas an, in welcher die Polypeptidketten netzartig verknüpft und im ungestörten Zustand gefaltet sind. Dieses Netz wird an einzelnen mehr oder minder weit auseinanderliegenden Stellen, den sogenannten „Haftpunkten“, durch reaktionsfähige Seitenketten der Eiweißmoleküle zusammengehalten. Diese Verknüpfung kann auf verschiedenartigen Kräften beruhen. Für unsere Betrachtung ist es vorerst wichtig, daß ein Teil der „Haftbereiche“ besonders von der Temperatur, ein anderer von Quellungs- und Hydratation beeinflusst werden kann. Jede einseitige Störung, gleichgültig, ob sie durch stärkere Veränderung der Temperatur, des Quellungs- oder durch stofflichen Umbau bedingt ist, führt zu einer Lockerung des geordneten Gefüges, d. h. zur Minderung der Strukturstabilität (FUCHS und v. ROSENSTIEL 1958).

Die Gesamtheit des Problems „Winterfestigkeit“ ist darum kaum auf dem Versuchswege zu überprüfen. Man kann aber einzelne Faktoren, die die Strukturstabilität des Cytoplasmas mindern, auswählen und deren Wirkungsmechanismus nachprüfen. Wenn der Begriff „Frostbeständigkeit“ den physikalisch-chemischen Zustand des Cytoplasmas angibt, dann bin ich bestrebt, die Veränderungen dieser „Frostbeständigkeit“ als Funktion der pflanzlichen Entwicklungsvorgänge zu untersuchen und zu charakterisieren. Diese Zusammenhänge werden im folgenden als „Winterresistenz“ bezeichnet. Es soll noch ein weiterer Begriff definiert werden: die „spezifische

Frostbeständigkeit“ als Maß der Frostbeständigkeit, das die abgehärteten Pflanzen in ihrer Ruhephase aufweisen, d. h. vor dem Beginn des Austreibens und der Lebenstätigkeit überhaupt.

Bei der Untersuchung der Winterresistenz gehe ich von folgenden Erwägungen aus: Die numerischen Werte der thermischen Reaktionsnormen können die Geschwindigkeit der Entwicklungsvorgänge — zumindest in der unbelaubten Phase — gut charakterisieren (TAMÁS 1959a, 1959b). Bei Untersuchungen auf Winterresistenz müssen also die Änderungen der Frostbeständigkeit während der unbelaubten Phase als Funktion der akkumulierten Temperatursummen untersucht werden.

Um das Maß der „Frostbeständigkeit“ zu bestimmen, haben wir zwei Möglichkeiten: erstens die Beobachtung und Bonitierung des Frosts Schadens im Freiland als direkte und zweitens die Messung des elektrolytischen Widerstandes der Exosmose als indirekte Methode.

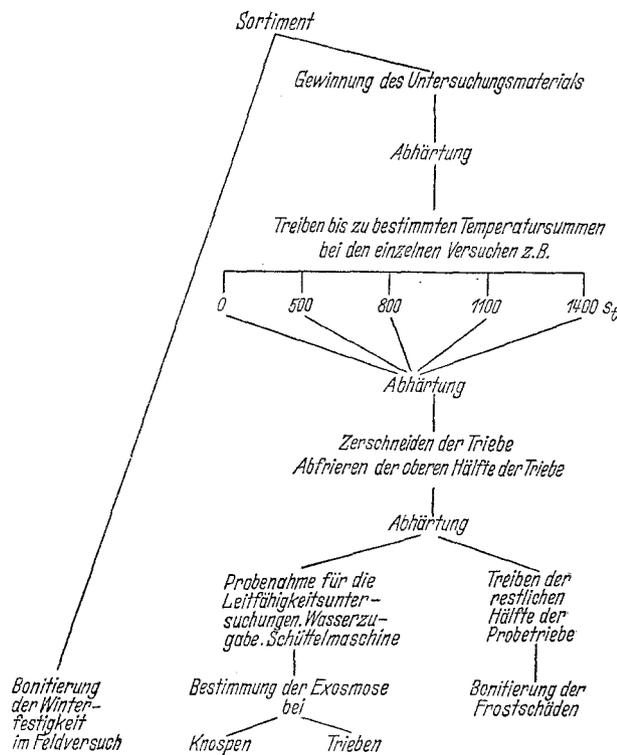
Es geht über den Rahmen dieser Arbeit, die prinzipiellen Probleme und bisherigen Resultate der Leitfähigkeitsmessungen näher zu betrachten. Ich möchte jedoch erwähnen, daß die Messungsergebnisse früher angewandter Versuchsverfahren wegen gewisser methodischer Schwierigkeiten oft nicht reproduzierbar und nicht vergleichbar waren. Man sollte darum die vorgeschlagene Untersuchungsmethode ausführlicher analysieren und deren Fehlergrenze nachprüfen (TAMÁS 1960). Das unten mitgeteilte Untersuchungsverfahren scheint zur Feststellung von Sortenunterschieden hinsichtlich des Merkmals Frostempfindlichkeit geeignet zu sein.

Die in der vorliegenden Arbeit behandelten Leitfähigkeitsuntersuchungen gründen sich auf die Erscheinung der Exosmose. Stellt man Teile einer Pflanze in reines Wasser, dann ist folgendes zu bemerken: Die semipermeable Zellwand ermöglicht es dem Lösungsmittel, in die Zelle zu diffundieren, verhindert aber ein Herausdiffundieren der Zellsaft-elektrolyten (Osmose). Wird die Zellwand zerstört, dann versuchen die Zellsaft-elektrolyten durch Diffusion den ganzen zur Verfügung stehenden Raum auszufüllen (Exosmose). Durch Messung des elektrolytischen Widerstandes im Lösungsmittel kann dann auf die „Stärke“ der Zellwandschädigung geschlossen werden.

Material und Methoden

Der Verlauf der Untersuchungen geht aus der Skizze auf S. 243 hervor.

Für die Untersuchungen dienten aus Terminalknospen Schwarzer und Roter Johannisbeeren entstandene einjährige Triebe möglichst gleicher Wuchsstärke. Die Triebe wurden in der Mitte zerschnitten und die obere Hälfte 24 Stunden lang einer Temperatur von -25°C ausgesetzt. Das Kontrollmaterial lagerte bis zur Anfarbung der Triebe bei einer „Ab-



härtungstemperatur“ von $+2^{\circ}\text{C}$. Die jeweils ersten drei Knospen, berechnet von der Schnittstelle der so behandelten Triebe, dienen zur Bestimmung der relativen Leitfähigkeit der Knospen (im folgenden als RLF bezeichnet). Das Knospengewicht wurde mit einer Genauigkeit von 0,01 g gewogen, dann wurden die Knospen in Wasser gebracht (10 ml Wasser pro 0,1 g Testmaterial).

Für die RFL-Bestimmung wurden die gleichen Triebteile benutzt, von denen die Knospen genommen wurden. Zu diesem Zweck wurden mit einer eigens dazu konstruierten Schere die Triebe in Stücke von 4–5 mm und einem Gesamtgewicht von 0,5 g ($\pm 0,01$ g) zerschnitten und später die Triebstücke mit je 10 ml Wasser angesetzt.

Als Füllwasser diente „entionisiertes Wasser“ (Apparat: Deeminizer, Modell CL-5 von Crystal Research Laboratories, Inc., Hartford, Conn. USA), mit einer spezifischen Leitfähigkeit von $2,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Da die spezifische Leitfähigkeit der Proben im allgemeinen zwischen 10–30 bei Knospen und $3\text{--}10 \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ bei Trieben schwankte, konnte die spezifische Leitfähigkeit des Füllwassers unberücksichtigt bleiben.

Die Proben kamen in dicht schließenden „Arzneiflaschen“ von 100 ml Inhalt in eine Schüttelmaschine. Die Temperatur des Laboratoriums betrug $+21^{\circ}\text{C}$, $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Die Messung des elektrolytischen Widerstandes erfolgte 21 Stunden nach Ansatz mit Wasser. Vor der Messung wurden die Proben gründlich geschüttelt, die Glaselektrode mit „entionisiertem Wasser“ ausgewaschen und mit Filterpapier abgesaugt.

Es muß betont werden, daß die Durchführung von Leitfähigkeitsuntersuchungen an lebendem Testmaterial peinliche Genauigkeit erfordert. Selbst eine bedeutungslos erscheinende Änderung, wo immer sie im Laufe der Untersuchungen auftritt, kann die Einzelwerte stark beeinflussen.

Als Einheit der Leitfähigkeit wird bekanntlich das reziproke Ohm verwendet:

$$\text{Leitfähigkeit} = \frac{1}{\text{Widerstand}}.$$

Die „Frostempfindlichkeit“ kann einfach mit der Proportion des spezifischen elektrolytischen Widerstandes des gefrorenen Testmaterials bzw. der Kontrollen dargestellt und prozentual ausgedrückt werden, d. h.

$$H_r = 100 \frac{\Delta_k}{\Delta_f},$$

wobei H_r die relative Leitfähigkeit, Δ_k und Δ_f den spezifischen Widerstand der Kontrolle bzw. des kältebehandelten Testmaterials bedeuten. (Diese Methode ist zum ersten Mal bei Äpfeln angewandt worden (NYBOM und TAMÁS 1960).

Es ging darum, die „Frostbeständigkeit“ bei verschiedenen zur Einwirkung gekommenen Temperatursummen zu prüfen. Bei einem Vorversuch trat das Spitzen der untersuchten Schwarzen Johannisbeersorten schon nach 60–80 Stunden ein, wenn die Treibtemperatur $+16^{\circ}\text{C}$ betrug. Die RLF wurde sowohl bei dem unbehandelten, als auch bei dem jeweils 36, 60, 84 und 110 Stunden bei $+16^{\circ}\text{C}$ getriebenen Pflanzenmaterial bestimmt. Diese Zeitpunkte werden im folgenden als 0, 500, 800, 1100 und 1400 Temperatursummen (S_t) bezeichnet.

Parallel zu den Untersuchungen über die Änderung der RLF liefen Beobachtungen über die Stärke des Frostschadens im Freiland. Es standen Bonitierungsangaben über die Winterfestigkeit in den Jahren 1959 und 1960 zur Verfügung. Der Grad der Winterfestigkeit wurde mit Zahlenwerten von 0–5 angegeben, wobei 0 kein Frostschaden und 5 völliges Absterben, wenigstens des oberirdischen Teiles des Strauches, bedeuten. Außerdem habe ich die mit tiefen Temperaturen behandelten Teile der Triebe nach Abschneiden der Probe erneut angetrieben und später die Gesamtzahl der Knospen sowie den Anteil der lebenden und der ausgetriebenen Knospen ausgezählt. Der Grad der Frostbeständigkeit wird durch den Prozentsatz der getriebenen Knospen bestimmt.

Die Versuchsserie konnte erst Anfang März 1960 durchgeführt werden. Zu diesem Zeitpunkt waren wir mit der Ausarbeitung der dargelegten Untersuchungsmethoden fertig. Das bedeutet aber, daß die eigentliche Ruheperiode der Pflanzen vorüber war und die Temperaturwerte den für die einzelnen Sorten charakteristischen Temperaturschwellenwert schon überschritten hatten. Diese Tatsache mußte auch die Höhe der RLF-Werte der Versuchsserie beeinflussen. Ich möchte deshalb darauf hinweisen, daß es in dieser Studie mehr darum geht, auf die Eignung der angewandten Methode hinzuweisen, als um die Bekanntgabe exakter Versuchsergebnisse. Es soll nachgewiesen werden, daß die Winterresistenz von Obstbäumen und Sträuchern mit dieser Methode untersucht werden kann.

Versuchsergebnisse

1. Klärung zweier methodischer Fragen

a) Streuung der Meßresultate der relativen Leitfähigkeit
Zu Beginn der Untersuchungen mußte zunächst geklärt werden, wieviel Triebe für die Bestimmung der RLF bei den einzelnen Sorten erforderlich

sind. Es ist verständlich, daß die RLF einzelner Triebe eine gewisse Streuung aufweist. Tab. 1 zeigt den Umfang dieser Streuung. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Sortendifferenzen viel größer sind als die Streuung innerhalb der Sorte. Die Messung von durchschnittlich 3 Trieben (Gesamtgewicht der Triebstückchen 1,5 g + 30 ml Wasser) dürfte eine unseren Zielen entsprechende Genauigkeit geben. Die Angaben der unten gegebenen Serienuntersuchungen beziehen sich auf diese Probengröße.

Tabelle 1. *Streuung der relativen Leitfähigkeit der Exosmose bei einigen Schwarzen Johannisbeersorten*

Sorte	Frostschaden im Freilandbestand		Relative Leitfähigkeit		
	1959	1960	Untersuchungen von 3 Einzeltrieben	Durchschnittswert	Durchschnittswert von drei Trieben
Consort	0	0	103	104	103
			102		
			108		
French	1	2	108	111	112
			113		
			113		
Giant Prolific	2	2	134	125	124
			119		
			122		
Silbergieter's Zwarte	3	2.5	139	130	128
			130		
			120		
Rosenthal's Black	4	3	131	138	142
			148		
			136		

b) Grad und Dauer der Kältebehandlung

Die Probleme Schnelligkeit und Dauer der Abkühlung sind nicht untersucht worden. Jede Versuchsserie ist sofort nach der Abhärtung auf -25°C abgekühlt worden. Um festzustellen, ob die Dauer der Exposition einen Einfluß hat, wurde ein Orientierungsversuch durchgeführt. Eine Serie ungetriebenen Testmaterials ist neben der allgemeinen Behandlungsdauer von 24 Stunden 40 Stunden in den Kühlschrank gelegt worden. Nach dieser Behandlung erhöhten sich die entsprechenden Daten der RLF deutlich, d. h. ungefähr um 30—40%, und erreichten oder überstiegen die Werte, die bei einer 24stündigen Exposition nur nach Treiben bei 800—1100 S_t zu konstatieren waren.

Es soll noch erwähnt werden, daß im allgemeinen nur Testpflanzen mit 0 S_t später noch austreiben. Bei 500 S_t sind bereits nur noch sehr geringe Knospungsprozente beobachtet worden, und das auch nur bei resistenten Sortengruppen.

Die angewandte Behandlungsdauer schädigte also die Struktur des Cytoplasmas mehr als erwünscht. Die Werte der RLF lassen sich deshalb mit den Bonitierungsdaten nur zum Teil vergleichen. Die Sortendifferenzen werden wohl deutlicher festzustellen sein, wenn verschiedene tiefe Temperaturstufen während der einzelnen Entwicklungsphasen angewandt werden können.

2. Beziehungen zwischen Bonitierungsangaben und Meßresultaten der Leitfähigkeitsuntersuchungen

Die erste Frage bei unseren Serienuntersuchungen war, welches Verhältnis zwischen RLF und dem

Grad des Frostschadens besteht. Abb. 1 stellt die entsprechenden Meß- und Bonitierungsergebnisse bei 0 S_t nebeneinander. Auf der Ordinate sind die Bonitierungswerte für die Winterfestigkeit des Feldversuches nach dem Winter 1958/59 angegeben, auf der Abszisse die Aufblühdaten der Sorten. Bei jeder Sorte sind zwei Zahlenwerte zu finden: die untere

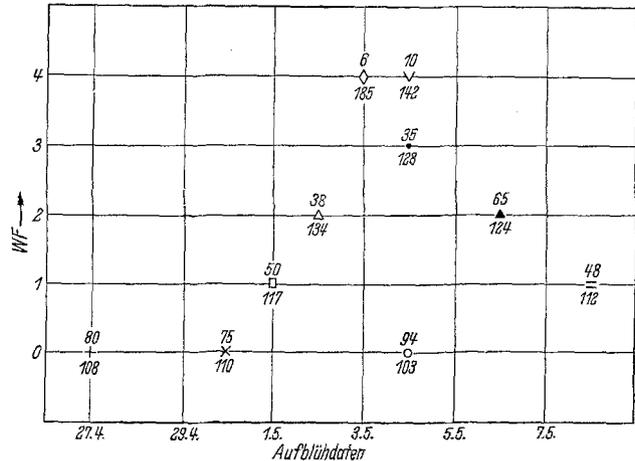


Abb. 1. Zusammenhänge zwischen den Daten der Winterfestigkeit und den Werten der Leitfähigkeitsuntersuchungen (Balsgård, im Jahre 1959). Zeichenerklärung: WF = Wertzahl der Winterfestigkeit, Δ Amos Black, \times Aström, $+$ Brödorp, \circ Consort, \square French, \blacktriangle Giant Prolific, \square Ribes nigrum 4 n, ∇ Rosenthal's Black, \bullet Silbergieter's Zwarte und \diamond Wellington XX. (Weiteres im Text.)

Zahl bezeichnet die RLF, die obere den Prozentsatz der am Leben gebliebenen, ausgetriebenen Knospen von den behandelten Trieben. Daraus läßt sich folgendes ablesen:

a) Höhere RLF-Werte bedeuten eine größere Frostempfindlichkeit.

b) Die RLF-Werte für die Triebe können größere Sortendifferenzen bezüglich ihrer Frostempfindlichkeit genügend gut charakterisieren. Die Bonitierungsdaten laufen jedoch nicht vollkommen parallel zu den Ergebnissen der RFL-Bestimmung.

c) Es besteht keine absolute Korrelation zwischen den RLF-Werten der Triebe und der Frostempfindlichkeit der Knospen. Auf diese Tatsache weisen die „unregelmäßigen“ Änderungen der Frostempfindlichkeit bei den Sorten mit einem Wert von 2 bzw. 3 hin gemäß der Bonitierung im Jahre 1959 (Amos Black, Giant Prolific, Silbergieter's Zwarte).

d) Bei Schwarzen Johannisbeeren konnte bei den einzelnen Sorten keine Korrelation zwischen Aufblühdaten und Frostempfindlichkeit festgestellt werden.

In Abb. 1 sind die Angaben von „Winterfestigkeit“ bzw. „Frostempfindlichkeit“ zusammengefaßt. Danach scheint die Winterfestigkeit der Schwarzen Johannisbeersorten in erster Linie von ihrer spezifischen Frostempfindlichkeit abhängig zu sein. Um die Zusammenhänge näher kennenzulernen, muß man jedoch die Probleme eingehender untersuchen.

3. Die Änderungen der relativen Leitfähigkeit als Funktion der akkumulierten Temperatursummen

Abb. 2 gibt die RLF-Werte sowohl der Triebe als auch der Knospen an. Abb. 3 stellt, bei Ausrechnung der RLF-Werte der Knospen, angewandte Grunddaten, d. h. die Angaben des spezifischen elektrolitischen Widerstandes der kältebehandelten bzw.

der Kontroll-Triebe dar. In diesen Abbildungen werden aber der Übersichtlichkeit wegen nur 2 Schwarze (Amos Black und Brödrtorp) und eine Rote Johannisbeersorte (Laxton's Perfection) dargestellt. Absichtlich wurden Sorten mit relativ guter Winterfestigkeit ausgewählt. Es sollte gezeigt werden, daß die Sortendifferenzen nach eingehenderer Eigenschaftsanalyse plastischer werden können, woraus sich für die Züchtung wichtige Erkenntnisse ziehen lassen.

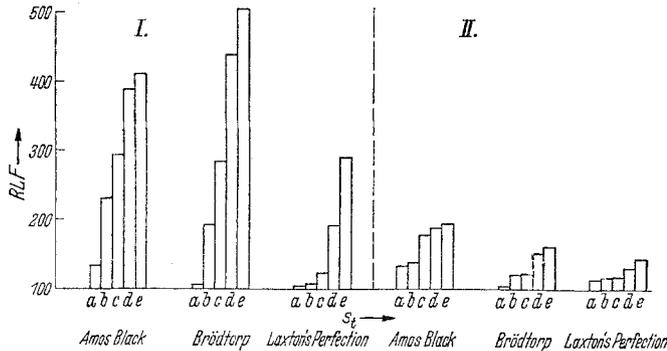


Abb. 2. Die relative Leitfähigkeit als Funktion der akkumulierten Temperatursummen bei Knospen und Trieben zweier Schwarzer und einer Roten Johannisbeersorte. Zeichenerklärung: RLF = relative Leitfähigkeit, a, b, c, d und e = die Temperatursummen 0, 500, 800, 1100 und 1400. Die Untersuchungsangaben beziehen sich auf Knospen (I) oder Triebe (II). (Weiteres im Text.)

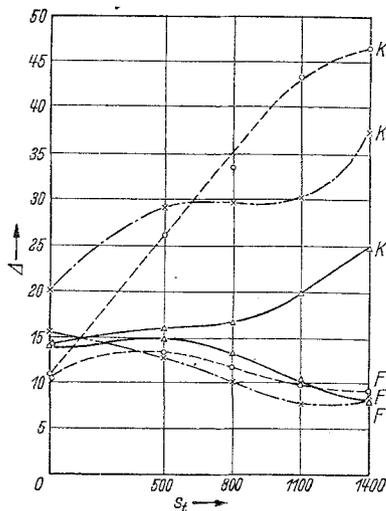


Abb. 3. Der Verlauf des spezifischen elektrolytischen Widerstandes bei Exomose in den Ribes-Knospen als Funktion der akkumulierten Temperatursummen von zwei Schwarzen und einer Roten Johannisbeersorte. Zeichenerklärung: — — — Amos Black, — — — Brödrtorp, — — — Laxton's Perfection, Δ elektrolytischer Widerstand in $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$, K = Kontrollknospen, F = kältebehandelte Knospen. (Weiteres im Text.)

Die Abbildungen lassen folgendes erkennen:

- Nach Einwirkung der Treibtemperaturen nimmt die RLF rasch zu. Der Grad der Zunahme bei den Knospen ist sichtbar stärker als in den Geweben der Triebe.
- Die unmittelbare Ursache der Steigerung der RLF ist die rasche Zunahme des spezifischen elektrolytischen Widerstandes der Kontrollen während der Entwicklungsvorgänge. Der Grad der Steigerung scheint sortencharakteristisch zu sein.
- Die Zunahme der RLF wird auch dadurch begünstigt, daß der spezifische elektrolytische Widerstand für die kältebehandelten Pflanzenteile gemindert wird. Das Sinken der Werte ist aber gering und nicht geeignet, Sortendifferenzen zu charakterisieren.
- Die RLF-Werte scheinen sich für Knospen und Triebe der einzelnen Sorten nicht einheitlich zu än-

dern. Bei Brödrtorp z. B. nimmt die RLF für Knospen, bei Amos Black für Triebe schneller zu.

e) Bei den von mir untersuchten Roten Johannisbeeren steigen die RLF-Werte wesentlich langsamer als bei den Schwarzen Johannisbeeren. Daraus dürfte auf eine bessere Winterresistenz der Roten Johannisbeere geschlossen werden können.

Diskussion der Ergebnisse

Welche Erkenntnisse und Methoden können aus diesen Erfahrungen für die Untersuchungen auf Winterfestigkeit bzw. für die Züchtung neuer Sorten gewonnen werden?

Am auffallendsten ist, wie rasch die RLF der Knospen beim Treiben zunimmt. Diese Zunahme zeigt hier dieselben Zusammenhänge, die wir oben gesehen haben, nämlich eine Erhöhung der Strukturlabilität. Das bedeutet praktisch, daß die Knospen in bezug auf Winterfestigkeit eine entscheidende Rolle spielen. Wegen der Wichtigkeit des Verhaltens der Knospen möchte ich die Erörterung der Probleme auf Grund der letzten Abbildung beginnen.

Zunächst soll erörtert werden, weshalb der spezifische elektrolytische Widerstand bei den Kontrollknospen zu und bei dem kältebehandelten Testmaterial abnimmt.

Der spezifische elektrolytische Widerstand wird immer abnehmen, wenn sich die Menge der in die Lösung kommenden Elektrolyten vermehrt. Falls der spezifische Widerstand der kältebehandelten Knospen, und zwar unabhängig vom Treiben, einen beständigen Wert zeigt, könnte man vermuten, daß die Gesamtheit der Grundstruktur des Cytoplasmas durch Frosteinwirkung zerstört und in Lösung gegangen ist. Es könnte aber eine schwankende oder eher abnehmende Tendenz festgestellt werden. Das hätte zu bedeuten, daß sich erstens das durchschnittliche Knospengewicht bzw. der Rauminhalt während des Treibens verändert hat; zur gleichen Zeit war die Wasserzugabe pro Gewichtseinheit konstant. Diese Zusammenhänge scheinen auch durch eine statistische Auswertung der Gewichtszunahme der zu den Versuchen verwendeten Knospen bestätigt zu werden. Es dürfte zweitens bedeuten, daß die Bindungen des Grundnetzes des Cytoplasmas durch die Frosteinwirkung nicht völlig zerstört worden sind.

Die stoffliche Umwandlung der Knospen resultiert in einem rasch zunehmenden elektrolytischen Widerstand. Die Wasserlöslichkeit der Zellsaftelektrolyten wird also vermindert, die potentielle Labilität aber vermehrt werden.

Wenn aber, vom Gesichtspunkt der Winterfestigkeit aus, die Geschwindigkeit der Entwicklungsvorgänge eine so große Rolle spielen kann, so wird dies auch auf die Zielsetzung der Züchtung einen Einfluß haben. Dieser Erörterung entsprechend, bedeutet die Steigerung der Winterresistenz eine Kombination von spezifischer Frostbeständigkeit mit der Eigenschaft langsamer Entwicklungsgeschwindigkeit in der unbelaubten Phase. Dieser Typ ist unter den Roten Johannisbeeren z. B. von der Sorte Laxton's Perfection repräsentiert.

Die Feststellung scheint doch noch zu allgemein zu sein. Nach Abb. 1 ist es fraglich, ob auch bei Schwarzen Johannisbeeren die langsamere Entwicklung eine bessere Winterresistenz gewährleisten

könnte. Es ist jedoch festgestellt, daß zwischen Winterfestigkeit und Aufblühdaten keine absolute Korrelation besteht. Wegen dieses scheinbaren Widerspruches möchte ich diese Frage weiter aufgliedern.

Parallel mit den hier behandelten Versuchen ist noch eine andere Versuchsserie von orientierendem Charakter ausgewertet worden, um die Temperaturempfindlichkeit einiger Schwarzer und Roter Johannisbeersorten in der unbelaubten Phase zu analysieren. Diese Versuche zeigten, daß das Temperatursummenbedürfnis der untersuchten Roten Johannisbeeren deutlich höher ist als das der Schwarzen. Das Temperatursummenbedürfnis der Art *Ribes nigrum* L. ist — mit anderen Obstarten verglichen — sehr gering und Sortendifferenzen scheinen, wie es sich zeigte, nicht groß zu sein. Es gibt letzten Endes keine Korrelation zwischen Länge der unbelaubten und der nächstfolgenden Phase, d. h. zwischen Austrieb und Blühbeginn.

Abb. 3 zeigt in Übereinstimmung mit dem oben Gesagten, daß die Zunahme des spezifischen elektrolytischen Widerstandes als Funktion der akkumulierten Temperatursummen viel langsamer ist als bei den Schwarzen Johannisbeersorten. Wenn man nun die Entwicklungsgeschwindigkeit der Schwarzen Johannisbeeren untersucht, können merkbare Differenzen konstatiert werden.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit der unbelaubten Phase ist natürlich nicht mit Bonitierungsdaten der Knospung von Feldversuchen einiger Jahre zu charakterisieren. Die Temperaturempfindlichkeit ist im Grunde genommen durch den Temperaturschwellenwert, die Steilheit der Temperaturoptimumkurve und das Temperatursummenbedürfnis bestimmt. Es ist auch unter Versuchsbedingungen schwer, den Zeitpunkt der Knospung exakt zu bestimmen. Daher ist es erfreulich, daß die Untersuchung des spezifischen elektrolytischen Widerstandes der Exosmose über die Eigenart der Entwicklungsgeschwindigkeit eine Orientierung geben kann.

Die Zusammenhänge zwischen Entwicklungsgeschwindigkeit und Winterfestigkeit sind aber auch innerhalb der Art *R. nigrum* gut zu analysieren. Abb. 1 zeigt, daß die Sorte Amos Black während der Bonitierung des Feldversuches einen ziemlich guten Wert von 1,5 bekommen hat, obwohl auf Grund der Leitfähigkeitsuntersuchungen ein wesentlich schlechterer Wert zu erwarten gewesen wäre. Wenn man aber nun die Unterschiede der Winterfestigkeit der ausführlicher untersuchten Schwarzen Johannisbeersorten an Hand von Abbildungen analysiert, so kann man folgende Differenzen feststellen:

Die spezifische Frostbeständigkeit der Sorte Brödtorp ist gut, bei der Sorte Amos Black ist sie wesentlich schlechter. Vergleicht man die Zunahme der RLF-Werte oder mehr noch des spezifischen elektrolytischen Widerstandes der Kontrollknospen, so zeigt die Sorte Amos Black ein wesentlich günstigeres Bild. Hieraus wird verständlich, daß die Sorte trotz ihrer fast zu gering erscheinenden spezifischen Frostbeständigkeit eine relativ gute Winterresistenz aufweisen kann.

Es wurde gezeigt, daß die RLF und damit die Frostempfindlichkeit während des Treibens zunimmt. Es wäre interessant zu wissen, ob eine bestimmte RLF — zumindest im Rahmen einer Art — auch

dieselbe Frostempfindlichkeit bedeutet, d. h. ob der totale Frostschaden verschiedener Sorten bei demselben RLF-Wert eintritt. Meine bisherigen Untersuchungen können diese Frage nicht beantworten. Es ist aber klar, daß die Belastung mit -25°C bei jeder Sorte einen physiologischen Schaden angerichtet hat, dessen Ausmaß mit der Zeit der Kältebehandlung korreliert ist.

Die Angaben zeigen schließlich, daß im Interesse der Analyse und für ein besseres Verständnis der Winterresistenz eine Untersuchung verschiedener Pflanzenteile notwendig ist. Wenn man die Frostbeständigkeit bzw. Winterresistenz einzelner Organe in Betracht zieht, ist es möglich, daß sich die Rangfolge der Sorten verschiebt.

Zusammenfassung

Eine wichtige Aufgabe der Akklimatisationszüchtung ist die Ausarbeitung von Untersuchungsmethoden mit Laborcharakter, auf Grund deren die Winterfestigkeit der Pflanzen individuell zu untersuchen, numerisch zu charakterisieren und zu vergleichen ist. In der vorstehenden Arbeit sind die Veränderungen der Frostbeständigkeit als Funktion der pflanzlichen Entwicklungsvorgänge, genauer der akkumulierten Temperatursummen, untersucht worden.

Zur Bestimmung des Grads der Frostbeständigkeit dienten erstens Beobachtungen aus Feldversuchen und nach Kältebehandlung als direkte und zweitens die Messung des elektrolytischen Widerstandes der Exosmose als indirekte Methode. Das angegebene Verfahren der Leitfähigkeitsuntersuchungen soll die Fehler der früher angewandten Methoden im wesentlichen ausschalten und die Leitfähigkeitsprüfung wird als Selektionsmethode vorgeschlagen.

Die wichtigsten Feststellungen sind zusammengefaßt folgende:

Eine Zunahme der Exosmose von elektrolytisch wirksamen Stoffen (ausgedrückt in RLF-Werten, d. h. als Proportion des elektrolytischen Widerstandes zwischen den Kontrollen und den kältebehandelten Pflanzenteilen) bedeutet eine größere Frostempfindlichkeit. Die RLF-Angaben der von den Knospen befreiten Triebe können größere Sortendifferenzen bezüglich ihrer Frostempfindlichkeit genügend gut charakterisieren. Es besteht aber keine Korrelation zwischen RLF-Werten der Triebe und der Frostempfindlichkeit der Knospen. Man kann weiter feststellen, daß die RLF unter dem Einfluß von Treibtemperaturen zunimmt und daß der Anstieg der RLF in den Knospen deutlich stärker ist als in den Geweben der Triebe.

Diese Erfahrungen sollen deutlich machen, daß die Knospen für die Winterfestigkeit eine entscheidende Rolle spielen. Es ist daher an ihnen eingehender untersucht worden, welche Zusammenhänge zwischen einer Veränderung des spezifischen Widerstandes und der Entwicklungsgeschwindigkeit bestehen. Die Steigerung der Winterresistenz beruht auf einer Kombination von spezifischer Frostbeständigkeit mit langsamer Entwicklungsgeschwindigkeit der unbelaubten Phase. Dieser Typ ist durch die Rote Johannisbeersorte Laxton's Perfection repräsentiert. Die Roten Johannisbeeren weisen im allgemeinen eine wesentlich langsamere Entwicklungsgeschwindigkeit auf als die Schwarzen Johannisbeersorten.

Literatur

1. FREY-WYSSLING, A.: Submicroscopic morphology of protoplasma. Amsterdam-New-York 1953, zitiert nach FUCHS u. v. ROSENSTIEL (1958). — 2. FUCHS, W. H., und K. v. ROSENSTIEL: Ertragssicherheit. In: H. KAPPERT u. W. RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung 1, 365 bis 442. Berlin u. Hamburg: Verl. Paul Parey (1958). — 3. NYBOM, N., and P. TAMÁS: Studies on frost resistance in apples (in Vorbereitung). — 4. TAMÁS, P.: Über die

Ursachen der Zusammenhänge zwischen Temperaturgestaltung und Aufblühdaten von Obstgehölzen sowie über die Temperaturempfindlichkeit der Pflanzen. Der Züchter 29, 78—92 (1959a). — 5. TAMÁS, P.: Über prinzipielle und methodologische Probleme der Bestimmung von thermischen Reaktionsnormen. Gartenbauwiss. 24 (6), 265—288 (1959b). — 6. TAMÁS, P.: Über Charakterisierung der Frostresistenz in dem *Rubus*-Geschlecht (in Vorbereitung).

Aus dem Institut für Landw. Botanik der Universität Bonn

Genomanalytische Untersuchungen an F_1 -Artbastarden zwischen Moschuskürbis (*Cucurbita moschata* Duch.) und der Wildart *Cucurbita foetidissima* HBK.

Von F. WEILING

Mit 1 Abbildung

In einer früheren Veröffentlichung (WEILING 1959) konnte ein erster Beitrag zur Genomanalyse der kultivierten Kürbisarten (*Cucurbita maxima* Duch., *C. pepo* L., *C. moschata* Duch., *C. mixta* Pangalo und *C. ficifolia* Bouché) geliefert werden, wobei die Chromosomenpaarungs- und -bindungsverhältnisse in der Diakinese und Metaphase I der Reifeteilung von PMZ bei verschiedenen, z. T. erstmalig erzielten Kreuzungskombinationen vergleichend untersucht wurden. Diese Untersuchungen ließen u. a. erkennen, daß es zur weiteren Aufklärung der Abstammungsverhältnisse unserer kultivierten Kürbisarten erforderlich sei, trotz der zu erwartenden Schwierigkeiten Artkreuzungen mit Wildarten durchzuführen und in die Genomanalyse einzubeziehen, wie dies erstmalig durch WHITAKER (1956, 1959) mit *C. lunelliana* Bailey geschehen ist. Im folgenden sei das Ergebnis einer genomanalytischen Untersuchung an F_1 -Bastarden mit einer anderen Wildart mitgeteilt. Es handelt sich um Bastarde aus der Kreuzung *C. moschata* × *C. foetidissima*, die erstmalig von I. GREBENŠČIKOV (1958) mit Erfolg durchgeführt wurde.

Beschreibung der Wildart sowie des Untersuchungsmaterials

Die von Nebraska bis Texas sowie in Kalifornien und Zentralmexiko verbreitete Art *C. foetidissima*, die gelegentlich noch mit ihrem alten Artnamen *C. perennis* benannt wird, ist (bei genügend Winterschutz auch in Deutschland) ausdauernd. Nach BAILEY (1943) besitzt sie eine bisweilen 2 m lange und bis zu 25 cm dicke Wurzelrübe sowie graugrüne bis aschgraue, dreieckig bis herzförmige, spitz auslaufende, meist ungelappte (nur bei gewissen Herkünften aus Mexiko bisweilen gelappte) Blätter. Die Früchte sind klein (\varnothing etwa 7 cm). Sie besitzen eine nur wenig verholzte Fruchtrinde. Das Fruchtfleisch ist faserig und bitter. Sowohl durch den Besitz einer ausdauernden Wurzelrübe wie durch die Gestalt und Farbe der Blätter sowie die charakteristischen Wildfrüchte weicht diese Art somit erheblich von allen kultivierten Arten ab (vgl. WEILING 1955), von denen lediglich *C. ficifolia* fakultativ ausdauernd ist. Diese Art besitzt jedoch keine Wurzelrübe, sondern schlägt, sofern sie nicht im Winter dem Frost erliegt, aus der Sproßbasis sowie den Blattachsen wieder aus.

Die untersuchten Bastarde stammen aus Restsaatgut der von GREBENŠČIKOV bereits im Jahre 1954 durchgeführten Kreuzung. Das Saatgut wurde von Herrn ing. agr. I. GREBENŠČIKOV entgegenkommenderweise für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle verbindlichst danke. Alle vorliegenden Samen (insgesamt 24) waren normal ausgebildet und unterschieden sich nicht von normalem Saatgut. Dies verdient besonders hervorgehoben zu werden, da wir bei mehrjährigen systematischen Kreuzungsarbeiten zwischen verschiedenen kultivierten Kürbisarten unter tausenden von Samen nur wenige erhielten, bei denen der Embryo voll ausgebildet war. Das vorliegende Saatgut wurde in 2 Gruppen zu je 12 Samen im zeitigen Frühjahr 1959 in Sägemehl zum Keimen ausgelegt. Aus der ersten Abfaat gingen 7 Pflanzen, aus der zweiten (infolge unvorhergesehener Schädigung durch Mäusefraß) nur eine Pflanze hervor. Die Pflanzen der ersten Aussaat wurden im Gewächshaus, die letzte Pflanze im Freiland kultiviert. Sie entwickelten sich normal, zeigten jedoch ausschließlich weibliche Blüten, während die männlichen Blütenknospen restlos frühzeitig verkümmerten. Nach Rückkreuzung mit *C. moschata* oder freiem Abblühen zum Ansatz gelangende Früchte faulten durchweg im Verlaufe der Entwicklung und wurden abgestoßen. Die im Gewächshaus kultivierten Pflanzen starben im Herbst nicht ab, sondern entwickelten seit Dezember 1959 aus Sproßbasis und Blattachsen neue Triebe, die im Mai 1960 die ersten weiblichen Blüten bildeten und die gleiche Wüchsigkeit wie im ersten Jahr zeigten. Die ins Freiland gebrachte Pflanze hat den Winter nicht überstanden.

Hinsichtlich der Fähigkeit zum Ausdauern nehmen die Bastarde somit eine intermediäre Stellung ein, da *C. foet.* im Anschluß an die Vegetationsperiode einzieht, um im Frühjahr aus der Wurzelrübe neu auszutreiben. Die Bastarde sind somit wohl als fakultativ ausdauernd zu bezeichnen, wobei diese Eigenschaft erheblich stärker ausgeprägt ist als bei *C. fic.*

Ergebnis der Untersuchungen

Bei allen 8 zur Verfügung stehenden Pflanzen konnten die Paarungs- und Bindungsverhältnisse der Chromosomen in den PMZ während der Diakinese, vor allem jedoch während der Metaphase und be-