

- Heredity 49, 91–98 (1958). — 21. SARKAR, P., and L. STEBBINS: Morphological evidence concerning the origin of the B genome in wheat. American Journal of Botany 43, 297–304 (1956). — 22. SCHIEMANN, ELISABETH: Pfahlbauweizen. Z. Pflanzenzüchtg. 17, 36–53 (1932). — 23. SCHIEMANN, ELISABETH: Weizenstammbäume. Botanisches Jahrbuch 71, 12 (1940). — 24. SCHIEMANN, ELISABETH: Über McFADDEN-SEARS's Theorie zur Phylogenie des Weizens. Der Züchter 17/18, 385–391 (1947). — 25. SCHIEMANN, ELISABETH: New results on the history of cultivated cereals. Heredity 5, 312–314 (1951). — 26. SCHIEMANN, ELISABETH, and G. STAUDT: *Triticum × dimococcum*, ein Amphidiploid mit den Genomen AA AA BB. Der Züchter 28, 166–184 (1958). — 27. SCHRADER, O.: Sprachvergleichung und Urgeschichte, p. 424. Jena 1906–07. — 28. SCHRADER, O.: Reallexikon der indogermanischen Altertumskunde, II, 648. Berlin 1917–18. — 29. SCHULZ, AUGUST: Die Geschichte des Weizens. Z. f. Naturwissenschaften 83, 26 (1911). — 30. SCHULZ, AUGUST: Beiträge zur Kenntnis der Geschichte der Spelzweizen im Altertum. Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, N. F., 6, 37–39 (1918). — 31. SEARS, E. R.: Weizen (*Triticum* L.). I. the Systematics, Cytology and Genetics of wheat. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Vol. II, 164–187. Berlin 1959. — 32. SOMMER, F.: Handbuch der lateinischen Laut- und Formenlehre, p. 379. Heidelberg 1914. — 33. TUCKER, T. G.: A concise etymological dictionary of Latin, p. 91. Halle 1931. — 34. VAVILOV, N. I.: Studies on the origin of cultivated plants, p. 25. Leningrad 1926. — 35. WALDE, A.: Lateinisches etymologisches Wörterbuch, Lfg. 18, p. 571. Heidelberg 1951. — 36. WARTBURG, WALTHER von: Französisches etymologisches Wörterbuch, I, 483. Bonn 1928–46. — 37. WATKINS, A. R.: The wheat species: a critique. J. of Genetics 23, 191 (1930).

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

Die Hypokotylfarbe als Markierungsfaktor von Genomstufen der Zuckerrübe

VON HANS EBERHARD FISCHER und KLAUS FÜRSTE

1. Problemstellung

Mit zunehmender Ausweitung des Anbaues anisoploider *Beta*-Rüben ist ein kontinuierlich ansteigender Arbeitszeitaufwand zur zytologischen Kontrolle von Zuchtmaterial und Saatgut notwendig. Diese Kontrolle erfolgt in der Hauptsache durch Chromosomenzählungen (HUTIN 1962, NEEB 1962, RADERSMA 1962). Andere Methoden, wie die Trabantenchromozentren- und die Plastiden-Methode (REITBERGER 1956, GRAF 1958, 1959, BUTTERFASS 1958, 1961) sind mit Nachteilen sowie Schwierigkeiten verbunden und konnten sich nicht allgemein durchsetzen (vgl. FISCHER, SCHNEIDER und ENDERLEIN 1963).

Es wäre eine wesentliche Erleichterung, wenn man zur Genomstufenanalyse makroskopisch sichtbare Merkmale verwenden könnte. Bisher zeigte sich jedoch, daß die Variabilität morphologischer Merkmale, wie z. B. die des Längen-Breiten-Indexes der Blätter, recht groß ist und keine Trennung der einzelnen Pflanzen nach ihrer Genomstufe erlaubt.

Eine weitere Möglichkeit, die Genomstufe zu identifizieren, besteht in der Verwendung von Markierungsgen, besonders solchen, die auf Grund intermediären Erbganges des betreffenden Merkmals auch heterozygote Pflanzen erkennen lassen. Wenn man den einen Faktor eines entsprechenden Faktoren-paars auf eine tetraploide Population überträgt, den anderen auf eine diploide, so werden bei Kreuzung beider Populationen Nachkommen erzielt, deren Genomstufenzusammensetzung unmittelbar festzustellen ist. Um die Pflanzen innerhalb einer Population frühzeitig nach ihren Genomstufen trennen zu können, muß es sich um Merkmale handeln, die bereits am Keimling auftreten. Hierfür ist die Hypokotylfarbe geeignet.

2. Durchführung und Auswertung der Beobachtungen und Untersuchungen

Nach DUDOK VAN HEEL (1931) sowie FILUTOWICZ und SZOTA (1961) bestimmt bei der Zuckerrübe ein

Faktorenpaar die Hypokotylfarbe, das von den letztgenannten Autoren mit R-r symbolisiert wird. R ist für die Bildung von roten Farbstoffen aus der Gruppe der Betanine verantwortlich. Läßt man tetraploide Populationen mit grünem Hypokotyl und diploide mit homozygot rosa Hypokotyl untereinander abblühen, so finden sich neben tetraploiden „grünen“ und diploiden „rosa“ Pflanzen, die durch Befruchtungen innerhalb der entsprechenden Population entstanden sind, triploide Pflanzen, deren Hypokotyl weniger stark bzw. etwas anders gefärbt ist als das der diploiden. Die heterozygoten Pflanzen besitzen demnach offenbar weniger Betanine im Hypokotyl als die diploiden homozygoten „rosa“ Pflanzen. Sie weisen eine Hypokotylfarbe auf, die Hellbraun oder Beige näher steht als Hellrosa. Tetraploide „grüne“ Pflanzen werden mit rrrr, diploide homozygote „rosa“ Pflanzen mit RR und triploide Bastarde mit Rrr symbolisiert. Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine genetischen Analysen beabsichtigt waren, muß die Frage offenbleiben, ob es sich bei den betreffenden Faktoren um das Allel R oder um ein anderes Allel handelt. (Nach FILUTOWICZ und SZOTA liegt multiple Allelie vor.)

Die Unterscheidung der bei reziproker Kreuzung (RRRR × rr) entstehenden RRr-Pflanzen von RRRR-Individuen bereitet Schwierigkeiten, da RRr-Typen den in bezug auf den Farbfaktor homozygoten Pflanzentypen farbmäßig recht ähnlich sind. Man kann daher eine Kreuzung von rr- mit RRRR-Rüben für den genannten Zweck nicht empfehlen, zumal es relativ schwierig ist, RRRR-Populationen zu finden und unter Kontrolle zu halten. Brauchbare Ergebnisse konnten nur erzielt werden, wenn rrrr- mit RR-Pflanzen gekreuzt wurden, so daß wir uns auf die Wiedergabe dieser Ergebnisse beschränken.

Die Untersuchungen erstreckten sich über die Jahre 1960, 1961 und 1962. Es wurden di- und tetraploide Pflanzen verwendet, von denen auf Grund von Beobachtungen an den Vorgenerationen anzunehmen

war, daß sie in bezug auf den Farbfaktor homozygot sind. Im Jahre 1960 blühten je vier mal zwei Pflanzengruppen (Parzellen 1 bis 4) räumlich voneinander isoliert ab. Versuchsanordnung und Ergebnisse sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Zunächst wurde lediglich das vom tetraploiden „grünen“ Elter geerntete Saatgut untersucht.

Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, waren an Hand der Hypokotylfarbe die Pflanzen eindeutig als tri- oder tetraploid zu erkennen. Die auf Grund der Farbe vorhergesagte Genomstufe ließ sich durch die zytologischen Untersuchungen bestätigen. Abweichungen wurden nicht beobachtet. Die geringe Anzahl von tetraploiden „grünen“ Pflanzen in den Parzellen 3 und 4 zeigt darüber hinaus, daß der haploide Pollen der diploiden RR-Pflanzen stark bevorzugt worden ist. Bei den Parzellen 1 und 2 waren auf Grund des starken Überwiegens der haploiden Pollenkörper und der fehlenden Möglichkeit einer Kreuzbestäubung zwischen zwei tetraploiden Pflanzen ohnehin kaum tetraploide Nachkommen zu erwarten. Von den ersten drei Parzellen wurden alle aufgelaufenen Rüben des ausgelegten Saatgutes des tetraploiden Elters zytologisch untersucht; die angegebenen Zahlen in der Tabelle, Parzelle 1 bis 3, entsprechen also den festgestellten und spiegeln mithin das beobachtete Verhältnis von Rrr:rrrr-Pflanzen richtig wider. Für Parzelle 4 spiegeln dagegen die angegebenen Zahlen (45 und 2) nicht die tatsächlich aufgelaufenen Pflanzen für beide Hypokotyltypen wider. Die zwei „grünen“ Pflanzen befanden sich unter etwa 400 „hellbraunen“, von denen aus Zeitgründen nur eine Stichprobe mit 45 Individuen zytologisch untersucht wurde.

Da im Jahre 1960 noch nicht vermutet wurde, daß sich RR- und Rrr-Pflanzen nach der Hypokotylfarbe unterscheiden lassen, wurde der Nachkommenschaft des diploiden Partners zunächst keine Aufmerksamkeit geschenkt. Lediglich von Parzelle 1 wurde eine kleine Menge Saatgut des diploiden Elters ausgelegt und untersucht. Unter 64 zytologisch bestimmten Pflanzen befanden sich nur drei triploide, alle anderen waren diploid, mithin durch Befruchtung der diploiden Pflanzen untereinander oder durch Selbstbe-

Tabelle 1. Kreuzung von rrrr- mit RR-Pflanzen im Jahre 1960.

Anzahl der zusammen abgeblühten Pflanzen	Parzelle 1		Parzelle 2		Parzelle 3		Parzelle 4	
	1 4 x (rrrr) 10 2 x (RR)	1 4 x (rrrr) 2 2 x (RR)	1 4 x (rrrr) 2 2 x (RR)	2 4 x (rrrr) 2 2 x (RR)	2 4 x (rrrr) 2 2 x (RR)	2 4 x (rrrr) 4 2 x (RR)	2 4 x (rrrr) 4 2 x (RR)	2 4 x (rrrr) 4 2 x (RR)
Bonitierte Hypokotylfarbe und vermutete Genomstufe (Anzahl Pflanzen)	hellbraun 3 x (Rrr) 146 3 x	grün 4 x (rrrr) 1 4 x 136 3 x	hellbraun 3 x (Rrr) 136 3 x	grün 4 x (rrrr) 0 4 x	hellbraun 3 x (Rrr) 75 3 x	grün 4 x (rrrr) 6 4 x	hellbraun 3 x (Rrr) 45 3 x	grün 4 x (rrrr) 2 4 x 4 x
Zytologisch festgestellte Genomstufe (Anzahl Pflanzen)	146 3 x	1 4 x	136 3 x	0 4 x	75 3 x	6 4 x	45 3 x	2 4 x 4 x

Tabelle 2. Kreuzung von rrrr- mit RR-Pflanzen im Jahre 1961.

Anzahl der zusammen abgeblühten Pflanzen	Parzelle 1		Parzelle 2		Parzelle 3		Kontrollparzelle	
	36 4 x (rrrr) 12 2 x (RR)	10 4 x (rrrr) 5 2 x (RR)	26 3 x	2 4 x (rrrr) 1 2 x (RR)	26 3 x	2 4 x (rrrr) 1 2 x (RR)	9	24 4 x (rrrr)
Bonitierte Hypokotylfarbe und vermutete Genomstufe (Anzahl Pflanzen)	hellbraun 75 3 x	grün 163 4 x	hellbraun 20 3 x	grün 27 4 x	hellbraun 26 3 x	grün 30 4 x	hellbraun 9	grün 146 4 x
Zytologisch festgestellte Genomstufe (Anzahl Pflanzen)	75 3 x	162 4 x (1 3 x)	18 3 x (2 2 x)	22 4 x (5 3 x)	26 3 x	29 4 x (1 2 x)	5 4 x 4 3 x	146 4 x
Vom 4 x-Elter erhaltenen Pflanzen	hellbraun 53 3 x	rosa 140 2 x	hellbraun 14 3 x	rosa 56 2 x	hellbraun 47 3 x	rosa 17 2 x		
Vom 2 x-Elter erhaltenen Pflanzen	hellbraun 52 3 x (1 2 x)	140 2 x	11 3 x (3 2 x)	56 2 x	46 3 x (1 2 x)	13 2 x (4 3 x)		

2 x = diploid; 3 x = triploid; 4 x = tetraploid.

Die von der vermuteten Genomstufe abweichenden zytologischen Ergebnisse sind in Klammern gesetzt.

fruchtung entstanden. Hier zeigte sich, daß man heterozygote triploide Pflanzen (Rrr) an Hand der Hypokotylfarbe auch von homozygoten diploiden (RR) unterscheiden kann. Ältere triploide Pflanzen sind auch mittels des etwas unterschiedlichen Farbtones des Blattgrunds (Blick von oben in die Blattrosette) von diploiden zu trennen. Beispielsweise gelang es, nach Mischung von di- und triploiden Individuen die Pflanzen beider Genomstufen wieder von einander zu scheiden, wobei selten Fehlurteile vorkamen. Bei 80 Topfpflanzen im Alter von fünf Monaten — 32 Di-, 42 Tri- und 6 Tetraploiden — unterließen einer Person bei der Bestimmung der Genomstufe nach dem Augenschein sechs Fehler (drei Triploide wurden als Diploide, drei Diploide als Triploide angesprochen), eine andere Person beging acht Fehler (fünf Triploide wurden als Diploide, drei Diploide als Triploide bezeichnet). Zwei Monate später sollte in derselben Population wiederum die Genomstufe an 70 Rüben bestimmt werden. Diesmal wurden vier Diploide und drei Triploide falsch eingestuft, drei wurden überhaupt nicht bestimmt, so daß insgesamt 60 Pflanzen richtig diagnostiziert werden konnten. Obgleich die richtige Bestimmung mit zunehmendem Alter der Pflanzen schwieriger wird und nur ein geübtes Auge Unterschiede wahrnimmt, kann man hieraus ersehen, daß sich die Differenzen zwischen homo- und heterozygoten Pflanzen nicht völlig aufheben.

Im Jahre 1961 wurden die Kreuzungen wiederholt. In einer größeren Parzelle blühten 36 rrrr-Pflanzen und 12 RR-Pflanzen gemeinsam ab. Die Ernte erfolgte getrennt nach beiden Elternpopulationen verschiedener Genomstufe. Von einer Saatgutprobe des tetraploiden „grünen“ Partners waren 324 „grüne“ und 131 „hellbraune“ Pflanzen aufgelaufen, von der des diploiden „rosa“ Partners 523 „rosa“ und 105 „hellbraune“. Ein Teil der Pflanzen wurde zytologisch untersucht. Gleichzeitig kamen tetraploide rrrr-Pflanzen zur zytologischen Prüfung, die in der parallel angelegten Kontrollparzelle geerntet worden waren. Die Pflanzen des der diploiden RR-Kontrollparzelle entstammenden Saatgutes, welche die erwartete Hypokotylfarbe besaßen, wurden aus Zeitgründen zytologisch nicht untersucht. Die zytologischen Ergebnisse an Pflanzen der Kreuzungsparzelle sowie der tetraploiden Kontrollparzelle sind Tabelle 2 zu entnehmen. Dieselbe Tabelle weist außerdem Werte von Pflanzen aus zwei kleineren Parzellen auf, die teilweise wenig Saatgut und nicht ganz so befriedigende Ergebnisse brachten.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, wurden in der Nachkommenschaft der Parzelle 1 unter 431 Pflanzen nur zwei falsch eingestuft, in der der Parzellen 2 und 3 zusammen unter 237 aber 16. Während es sich in einigen Fällen, z. B. bei der Fehlbestimmung des vom diploiden Partner geernteten Saatgutes der Parzelle 3, um echte Fehldiagnosen der Hypokotylfarbe handelt (z. B. hätten als „rosa“ bezeichnete Pflanzen in die Gruppe „hellbraun“ eingestuft werden müssen), sind andere unerwartete Ergebnisse schwieriger zu erklären. So ist bei der in Parzelle 3 gefundenen diploiden „grünen“ Pflanze eine parthenogenetische Entwicklung der Eizelle zu vermuten. Falsche Ergebnisse können auch durch anfliegenden

unerwünschten Blütenstaub oder ähnliche unkontrollierbare Einflüsse verursacht werden.

Bemerkenswert ist, daß die Anzahl von Fehleinstufungen infolge undeutlicher Farbausprägung oder unerwarteter Ausnahmen bei der vom tetraploiden Partner geernteten Nachkommenschaft in der gleichen Größenordnung liegt wie bei der des diploiden Partners (9 unter 351 bzw. 9 unter 327). Zu erwarten ist, daß die Nachkommen des diploiden Elters schwieriger einzustufen sind. Allerdings dürfte die Anzahl der durchgeführten Versuche für eine derartige verallgemeinernde Aussage noch zu gering sein. Für das vorliegende Ergebnis waren besonders die sieben Abweichungen in der Nachkommenschaft des tetraploiden „grünen“ Elters von Parzelle 2 ausschlaggebend. Weitere Untersuchungen werden über die tatsächlich bestehenden Irrtumsmöglichkeiten und -wahrscheinlichkeiten Auskunft geben können.

Die Nachkommenschaft der tetraploiden Kontrollparzelle hätte theoretisch nur aus tetraploiden „grünen“ Pflanzen bestehen dürfen. Tatsächlich wurden jedoch, wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, unter 155 Pflanzen auch neun „hellbraune“ gefunden, von denen sich vier als triploid und fünf als tetraploid erwiesen. Sie dürften aus Befruchtungen durch Pollen anderer Parzellen entstanden sein.

Zur näheren Charakterisierung der Hypokotylfarbe von Zuckerrüben sei folgendes ergänzend angeführt: Nach dem Pflanzenfarben-Atlas von BIESALSKI (1957) liegen in den typischen Fällen die Farbtöne der Rrr-Kimlinge, die im Schatten oder Halbschatten gehalten wurden, bei etwa 3 J (3:4:3) und 4 J (4:4:3). In Abhängigkeit von Beleuchtung und Lichtreflexion wirkt die Farbe heller (etwa 3:3:3 bzw. 4:3:3) oder dunkler (etwa 3:4:4,5 bzw. 4:4:4,5). Sowohl an der Basis als auch unmittelbar unterhalb der Kotyledonen kann die Hypokotylfarbe etwas kräftiger sein. Die Hypokotyle der RR-Pflanzen weisen bei den gleichen Lichtverhältnissen Farbtöne zwischen 7 H (7:2:3) und 7 J (7:4:3), 7,5 H (7,5:2:3) und 7,5 J (7,5:4:3) sowie den entsprechenden Farben von 8 und (seltener) 9 auf, viele stehen besonders den Farben 7:3:3 und 8:3:3 nahe. Die rrrr-Pflanzen lassen sich bei 24,5 K (24,5:5,5:3) einordnen. Durch Infektion mit Wurzelbrand werden die Farben intensiver (RR-Pflanzen 8:4:3 oder 8:4:4). Da sich unter diesen Umständen auch die Heterozygoten kräftiger färben, sind Fehlurteile möglich. Daß bei Rüben durch Verletzungen rote Farbstoffe auftreten können, hat bereits ROEMER (1917) beobachtet. Diese Reaktion der Pflanze dürfte jedoch lediglich bei den Zuckerrüben eintreten, die als Keimling ein betaninhaltiges Hypokotyl besitzen.

Bemerkenswert ist der Einfluß des Lichtes auf die Pflanzen. Rrr-Keimlinge, die am Tag des Auflaufens intensiver Sonnenbestrahlung (50000 bis 65000 Lux) ausgesetzt wurden, zeigten bereits am Abend des gleichen Tages kräftigere Hypokotylfarben als Gewächshauspflanzen bei 3000 bis 4000 Lux. Bei den RR-Pflanzen waren die Unterschiede zwischen starker und schwacher Beleuchtung nicht so auffallend. Die Farbe vieler heterozygoter Triploider, die im intensiven Sonnenlicht gestanden hatten, kann man fast mit Orange bezeichnen und mit entsprechend farbigen Futterrüben verwechseln. Die Farbtöne lagen bei 5 K (5:5,5:3), 6 K (6:5,5:3) oder noch etwas in Richtung 6 D verschoben (etwa bei 6:5,5:2,5).

Während man die Hypokotylfarben der „rosa“ homozygoten und der heterozygoten Gewächshauspflanzen einige Wochen deutlich voneinander unter-

scheiden kann, bereitet dies bei stark beleuchteten Pflanzen Schwierigkeiten. Bei einen Monat alten Pflanzen zweier Populationen zeigten die RR-Individuen im Mittel mehr karminrote, die Rrr-Individuen mehr zinnoberrote Hypokotylfarben, die Bestimmung der Einzelpflanzenfarbe bereitet jedoch infolge Überschneidungen Schwierigkeiten. Bei einen Monat alten Schattenpflanzen wiesen die RR-Pflanzen etwa folgende Hypokotylfarben auf: 7:3:3, 8:3:3 oder 8:4:2,5, ausnahmsweise auch fast 9:0 (9:4:4,5), die Rrr-Pflanzen dagegen in den typischen Fällen 3:4:3, 4:3:3 oder 4:2:3. Die Pflanzen der beiden letztgenannten Genomstufen lassen sich demnach bei nicht zu intensiver Beleuchtung gut voneinander trennen.

Die Möglichkeit, beim Abtrennen der Diploiden von den Triploiden Fehleininstufungen vorzunehmen, wird durch die Tatsache begünstigt, daß manche Pflanzen eine Mittelstellung in der Hypokotylfarbe einnehmen. Bisweilen treten auch Pflanzen auf, deren untere Hälfte des Hypokotyls rosafarben, die obere aber hellbraun ist.

Im Laufe des weiteren Wachstums der Keimlinge wird die Hypokotylfarbe bei einigen der schattig stehenden Rrr-Pflanzen etwas in Richtung der rrrr-Pflanzen verschoben. Reines Grün weisen sie allerdings nicht auf. Es ist ein Olivgraugrün, das unterhalb der Insertionsstelle der Kotyledonen ins Bräunliche übergeht. Pflanzen im 5- bis 10-Blattstadium kann man auch mit einem Blick in die Blattrosette diagnostizieren; während bei den rrrr-Pflanzen der Blattgrund hellgrün bis weißgrün ist, schimmert er bei den heterozygoten Individuen bräunlich. RR-Pflanzen dagegen zeigen einen karminrosa, bei relativ hohem Chlorophyllgehalt auch einen leicht bräunlichen Farbton.

Zur Möglichkeit der Unterscheidung von Rüben verschiedener Farbgenotypen sei folgendes gesagt: Praktisch dürfte es unmöglich sein, Keimlinge einer Population von RRrr-, RRRr- und RRRR-Pflanzen voneinander zu trennen; es besteht eine kontinuierliche Farbskala. Bei erwachsenen Rüben werden die Schwierigkeiten noch größer. Während man an Keimlingen bei einem Trennungsversuch der genannten Typen nach der Farbe möglicherweise noch eine Anreicherung der vermuteten Genotypen bzw. eine Aussonderung des jeweils am weitesten wegliegenden Genotyps erreicht, können erwachsene Rüben — selbst wenn sie im Keimlingsstadium Betanine besaßen — offenbar bisweilen völlig betaninfrei erscheinen. Dies trifft aber wahrscheinlich nur für heterozygote Typen zu. — Besonders bei tetraploiden Keimlingen findet man nicht selten Pflanzen, deren Hypokotyl nur sehr wenig Betanin enthält. Ihr Farbton ist olivgrün oder graugrün mit Betonung der grünen Farbe. Die genetische Konstitution ist vermutlich Rrrr. Diese Pflanzen werden leicht für rrrr-Formen gehalten.

Ergänzend zu diesen Ausführungen über die Hypokotylfarbe seien noch einige Beobachtungen an erwachsenen Rüben genannt. Rüben im Feldbestand, die als Keimling ein betaninhaltiges Hypokotyl besaßen, kann man im erwachsenen Stadium meist mit Hilfe der „Kratzprobe“ erkennen. Am Rübenkörper wird mit einem Messer im Bereich der unteren Blattnarben das abgestorbene Gewebe vorsichtig abgeschabt, bis das Rübenfleisch sichtbar wird. Leicht rosa Färbung weist auf ein betaninhaltiges Hypokotyl, hellgrün oder weiß mit grünem Schimmer auf ein grünes hin. In allen typischen Fällen sind jedoch auch bei diesen Pflanzen die betaninhaltigen und -freien Individuen durch einen Blick in die Blattrosette von oben zu unterscheiden. Eine Trennung der homo- und heterozygoten betaninhaltigen Pflanzen dürfte nicht mehr möglich sein.

Bei Schosserrüben ist die „Kratzprobe“ ebenfalls durchführbar. Oft zeigt sich, daß man nur auf einer Seite der Rübe an einer schmalen Stelle einen Betaninrest findet. Darauf hinaus kann man auch an der Stammachse des Samenträgers Betaninreste feststellen, besonders an der verdickten Abzweigstelle der Nebentriebe erster Ordnung. Die Tatsache, daß offenbar manche Rüben im Keimlingsstadium Betanine zeigen, später aber nur noch an bestimmten Stellen oder keine Betanine mehr besitzen, weist darauf hin, daß auch Umweltfaktoren, besonders das Licht, den Ausprägungsgrad dieses Merkmals mitbestimmen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Farben der Hypokotyle unterschiedlich bezeichnet werden. Gelegentlich einer Ermittlung der Anteile einzelner Hypokotylfarben bei Zuckerrüben verschiedener Sorten nennt CSAPODY (1962) die Farbtöne grünlichweiß, hellrosa und rosafarbig. EGGBRECHT (1949) bildet diese drei Farbtypen auf Farbtafel VII ab. Die wiedergegebenen Farben entsprechen etwa den bei Schattenpflanzen beobachteten. In der Unterschrift werden aber nur die Farben „grünlichweiß“ und „schwach rosa“ genannt. Die Farbbezeichnung „rosa“ wird dem Farbton heterozygoter Individuen der Allelzusammensetzung Rrr im allgemeinen nicht gerecht.

3. Diskussion

Polnische Autoren haben wiederholt auf die Bedeutung der Hypokotylfarbe als Markierungsfaktor für die Genomstufen hingewiesen (SZOTA 1961, FILUTOWICZ und SZOTA 1961, FILUTOWICZ 1962). Ihre Ergebnisse stimmen mit Kleinwanzlebener Befunden überein, daß man die Hypokotylfarbe zum Erkennen der Genomstufe verwenden kann, daß aber lediglich die Kreuzung rrrr × RR den angestrebten Erfolg verspricht.

Wichtig ist die Feststellung der genannten Autoren, daß mit der Hypokotylfarbe bestimmte Leistungseigenschaften verbunden sein sollen. Während NUKKOLS (1931) keine Beziehung zwischen Hypokotylfarbe und Ertrag beobachten konnte, sind nach den polnischen Beobachtungen „grüne“ Populationen im allgemeinen zuckerreicher. Ferner besteht zwischen grüner Hypokotylfarbe und Vergilbungsresistenz eine positive Korrelation; dagegen lassen sich unter den betaninhaltigen Pflanzen bestimmter Populationen leichter *cercospora*-resistente Individuen finden als unter betaninfreien. Diese Ergebnisse bedürfen weiterer Bestätigung. Außerdem konnten bei Kreuzungen grün × rosa gute Heterosiseffekte beobachtet werden, eine Feststellung, die besondere Aufmerksamkeit verdient.

Bei dem in Kleinwanzleben vorhandenen Zuchtmaterial kommen innerhalb aller Zuchtrichtungen Pflanzen mit betaninfreiem bzw. betaninhaltigem Hypokotyl vor. In tetraploiden Populationen sind „grüne“ Pflanzen zwar seltener, jedoch ist dies auf Grund des polysomen Erbganges verständlich, in diesem Fall spaltet Grün seltener heraus (vgl. auch CSAPODY 1962, Tab. 1), ebenso wie auch homozygote „rote“ Pflanzen seltener zu erwarten sind. Obwohl die polnischen Autoren Hinweise auf bestimmte, die Leistung beeinflussende Korrelationen geben, ist wohl mit dem Besitz einer bestimmten Hypokotylfarbe kein merklicher Vor- oder Nachteil verbunden. Wäre dies der Fall, so würde bei der seit vielen Jahrzehnten durchgeführten Mutterrübenauslese eine

unbewußte Selektion auf eine bestimmte Hypokotylfarbe stattgefunden haben, es sei denn, die Heterozygoten wären besonders vital und würden bevorzugt als Mutterrüben ausgelesen. Im letztgenannten Fall würden durch Aufspaltungen immer wieder beide homozygoten Formen neu entstehen. Das relativ häufige Vorkommen von Pflanzen mit rosa Hypokotyl dürfte aber weniger auf eine Auslese zurückzuführen sein als auf die Tatsache, daß bereits im Ausgangsmaterial — der weißen schlesischen Rübe ACHARDS — die für die Färbung verantwortlichen Allele in verschiedenen häufigen Anteilen vorhanden waren. Angaben über Korrelationen zwischen Farbmerkmalen und Ertrag bei *Beta*-Rüben (vgl. KNAPP 1958) beziehen sich auf Kreuzungen zwischen Futterrübe, Mangold und Zuckerrübe, gehen also über den Rahmen dieser Ausführungen hinaus.

Der Betaninengehalt des Blattes bestimmter Zuckerrüben, z. B. Rot- oder Forellenblatt-Typen, bietet sich ebenfalls für Markierungszwecke an. BARTL (1962) benutzt Rüben mit diesem Merkmal zum besseren Erkennen triploider Zucker-Futterrüben-Bastarde.

Nach Angaben von SZOTA (1961) existieren für die Bildung von Betaninen mindestens zwei Allele, R und R⁺, die eine unterschiedlich starke Ausbildung des Farbstoffgehaltes des Hypokotyls bedingen. Das kann die Unterscheidung von hetero- und homozygoten Typen erschweren, wenn man diesen Umstand nicht von vornherein berücksichtigt. Bei den in Kleinwanzleben durchgeführten Untersuchungen, in denen zunächst genetische Fragen unberücksichtigt blieben, traten bisher keine durch multiple Allelie verursachten Komplikationen auf. Inwieweit in den eigenen Zuckerrübenpopulationen verschiedene Allele des betreffenden Gens vorkommen, muß geklärt werden.

Bei Zuckerrüben tritt zuweilen, analog zu Futterrüben, ein gelber Farbstoff auf, der nach intensiver Sonnenbestrahlung der Pflanzen im Zusammenwirken mit dem Chlorophyll gelbgrüne Farbtöne verursacht. Seine Verteilung entspricht der des roten Farbstoffes bei Zuckerrüben. Nach den bisherigen Beobachtungen ist er offenbar ohne Bedeutung für das vorliegende Problem; er ist im Keimlingsstadium bei Halbschatten nicht oder nur schwach in Erscheinung getreten. In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß NUCKOLS (1931) die Zuckerrübenkeimlinge in Pflanzen mit rosa und gelbem Hypokotyl einteilt und grüne Hypokotyle überhaupt nicht erwähnt. Weitere Angaben über Farbstoffe bei *Beta*-Rüben und deren Genetik sind bei KAJANUS (1913, 1917), LINDHARD und IVERSEN (1920), KELLER (1936), BANDLOW (1955) sowie KNAPP (1958) zu finden.

Die Markierung bestimmter Zuckerrübenstämme mit dem die Hypokotylfarbe bestimmenden Gen hat nicht nur für die Erkennung von di-, tri- und tetraploiden Pflanzen Bedeutung. Neben der von FILUTOWICZ angedeuteten Problematik, die in Zusammenhängen zwischen Zuckergehalt, Heterosis und Resistenzgrad einerseits sowie Hypokotylfarbe andererseits besteht, lassen sich nunmehr auch Fragen klären, die bisher schwierig bearbeitet werden konnten. So ist es möglich, Bastarde zwischen rr rr- und RRRR- bzw. rr- und RR-Populationen, soweit sie vom „grünen“ Elter geerbt werden, zu erkennen und ihre Leistung unmittelbar mit denen der Ausgangs-

populationen zu vergleichen. Weiterhin lassen sich einwandfreie Vergleiche von Tetra- und Triploiden anstellen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß das für den Züchter wichtige Triploiden-Heterosis-Problem noch immer auf eine endgültige Klärung wartet. Hier ist zu prüfen, ob tetraploide Bastarde mit den triploiden Pflanzen, die stets Bastarde sind, konkurrieren können (FISCHER 1962). Weiterhin könnte das Problem der Plasmavererbung, wie es SCHLÖSSER (1949) erstmalig für *Beta*-Rüben aufgegriffen hat, erneut überprüft werden.

Probeweise wurde in Kleinwanzleben bei einer Leistungsprüfung die Hypokotylfarbe zur Markierung der Genomstufe bereits herangezogen. Durch Verziehen der Rüben nach der gewünschten Hypokotylfarbe konnten Populationen triploider Pflanzen mit Populationen diploider und tetraploider Halb-Geschwisterpflanzen verglichen werden.

Zusammenfassend zeigt sich, daß das methodisch elegante Verfahren nicht nur für das Erkennen der Genomstufenanteile im Saatgut geeignet ist, sondern auch ein Hilfsmittel zur Klärung von züchterisch wichtigen Fragen darstellt.

Zusammenfassung

In zunehmendem Maße werden anisoploide *Beta*-Rübensorten angebaut, deren zytologische Kontrolle zwecks Feststellung der Genomstufenprozentanteile recht arbeitsaufwendig ist. Übereinstimmend mit polnischen Autoren wurde festgestellt, daß die Hypokotylfarbe ein geeigneter Markierungsfaktor für die einzelnen Genomstufen darstellt. Kreuzt man tetraploide Pflanzen, die ein grünes Hypokotyl besitzen, mit diploiden Pflanzen, die ein rosa Hypokotyl aufweisen, so erhält man von dem tetraploiden Partner tetraploide „grüne“ und triploide „hellbraune“, von dem diploiden Partner diploide „rosa“ und triploide „hellbraune“ Nachkommenschaften. Die in bezug auf die Hypokotylfarbe heterozygoten Pflanzen kann man demnach von den homozygot „grünen“ und homozygot „rosa“ Individuen unterscheiden. Die Kreuzung diploid grün × tetraploid rosa ist für diese Zwecke nicht brauchbar, da sich die triploiden Heterozygoten mit einem „grünen“ und zwei „rosa“ Allelen in der Hypokotylfarbe nicht deutlich von den homozygoten „rosa“ Pflanzen abheben. Auf die Bedeutung dieser Markierungsmöglichkeit für bestimmte Forschungsprobleme, die Züchtung und die Saatgutkontrolle wird hingewiesen.

Literatur

1. BANDLOW, G.: Die Genetik der *Beta vulgaris*-Rüben (Sammelreferat). Der Züchter 25, 104–122 (1955). —
2. BARTL, K.: Beiträge zur Züchtung von 3 x-Zuckerfutterrüben. Der Züchter 32, 161–175 (1962). —
3. BIESALSKI, E.: Pflanzenfarben-Atlas. Göttingen-Berlin-Frankfurt 1957. —
4. BUTTERFASS, TH.: Die praktische Ermittlung des Ploidiegrades von Zuckerrüben durch Zählen der Schließzellen-Chloroplasten. Der Züchter 28, 309–314 (1958). —
5. BUTTERFASS, TH.: Das Verhalten der Chloroplastenzahlen in den Schließzellpaaren von Zuckerrüben verschiedener Ploidiestufen vom Keimling bis zur blühenden Pflanze. Der Züchter 31, 62–71 (1961). —
6. CSAPODY, G.: Cukorrépafajtáink hipokotil színezódése (Die Hypokotylfarben unserer Zuckerrübensorten). Növénymemesítési és növénytermesztési Kut. int. közlem. 2, 39–45 (1962). —
7. DUDOK VAN HEEL, J. P.: Die genetischen Faktoren für Anthocyanbildung bei Zuckerrüben. Der Züchter 3, 302–304 (1931). —
8. EGGBRECHT, H.: Die Untersuchung von

- Saatgut. Hamburg 1949. — 9. FILUTOWICZ, A.: Die polyploiden Zuckerrübensorten in Polen. Methodik und Zuchtergebnisse. Vortrag internat. Zuckerrübenkonf. RGW, Budapest u. Sopronhorpács 1962. — 10. FILUTOWICZ, A., und Z. SZOTA: Korelacja odporności na cercospore i choroby wirusowe z barwą hypokotylu buraków cukrowych (Die Korrelation zwischen Resistenz gegen *Cercospora* und Viruskrankheiten und der Hypokotylfarbe bei Zuckerrüben). Biul. Inst. Hodowli i Aklimatyz. Roślin Nr. 3/4, 75—79 (1961). — 11. FISCHER, H. E.: Zur Problematik des Triploiden-Heterosis-effektes bei *Beta*-Rüben. Vortrag internat. Zuckerrübenkonf. RGW, Budapest u. Sopronhorpács 1962. — 12. FISCHER, H. E., H. SCHNEIDER und G. ENDERLEIN: Die Methoden zur Bestimmung der Genomstufe bei *Beta*-Rüben. Z. Pflanzenzüchtg. 50, 325—346 (1963). — 13. GRAF, A.: Wert der Ploidiebestimmung in Saatgut und Feldbeständen polyploider Zuckerrübensorten. Bodenkultur Sh. 9, 137—159 (1958). — 14. GRAF, A.: Bestimmung des Ploidiegrades in Zuckerrüben-Gebrauchs-saatgut. Zucker 12, 344—349 (1959). — 15. HUTIN, C.: Analyses de routine de la polyploidie des semences de betterave. C. R. Assoc. internat. Essais Semences 27, 542—556 (1962). — 16. KAJANUS, B.: Über die Vererbungsweise gewisser Merkmale der *Beta*- und *Brassica*-Rüben. Z. Pflanzenzüchtg. 1, 125—186 (1913). — 17. KAJANUS, B.: Über die Farbenvariation der *Beta*-Rüben. Z. Pflanzenzüchtg. 5, 357—372 (1917). — 18. KELLER, W.: Inheritance of some major color types in beets. J. agric. Res. 52, 27—38 (1936). — 19. KNAPP, E.: *Beta*-Rüben. Bes. Zuckerrüben. In: Handb. Pflanzenzüchtg. 2. Aufl. Bd. 3. Berlin u. Hamburg 1958. — 20. LINDHARD, E., und K. IVERSEN: Vererbung von roten und gelben Farbmerkmalen bei *Beta*-Rüben. Z. Pflanzenzüchtg. 7, 1—18 (1920). — 21. NEEB, O.: Ein Beitrag zur Methodik der Genomstufenanalyse bei polyploidem *Beta*-Saatgut. C. R. Assoc. internat. Essais Semences 27, 603—608 (1962). — 22. NUCKOLS, S. B.: Seedling color and yield of sugar beets. J. Amer. Soc. Agron. 23, 740—743 (1931). — 23. RADERSMA, S. C.: Comparison of Western European routine methods for determination of polyploidy of beet seeds. C. R. Assoc. internat. Essais Semences 27, 592—598 (1962). — 24. REITBERGER, A.: Ruhekernuntersuchungen bei gesunden und viruskranken Diploiden und Polyploiden von *Beta vulgaris*. Der Züchter 26, 106—117 (1956). — 25. ROEMER, TH.: Über Farbenabweichungen bei Zuckerrüben. Z. Pflanzenzüchtg. 5, 381—391 (1917). — 26. SCHLÖSSER, L. A.: Über plasmatische Vererbung auf polyploiden Stufen. Planta 37, 535—564 (1949). — 27. SZOTA, Z.: Badania nad dziedziczeniem zabarwienia i korelacja cech użytkowych z określonym typem barwnym u buraków cukrowych (Investigations on colour inheritance and correlation between utility features and a definite colour type in sugar beets). Roczn. nauk. Roln., Ser. A, 83, 877—910 (1961).

Kritische Betrachtungen zur Nomenklatur argentinischer Wildkartoffeln

VII. *Solanum setulosistylum* Bitter, eine seit 50 Jahren falsch interpretierte Species der Serie *Commersoniana*¹

Von H. BRÜCHER, Mendoza

Mit 2 Abbildungen

Die Serie *Commersoniana* der Sektion *Tuberarium* im Genus *Solanum* ist für die Pflanzenzüchtung von besonderem Interesse, weil in ihr zahlreiche Träger erblicher Resistenz gegen Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa*), Kartoffelzikaide (*Empoasca*), Schwarzbeinigkeit (*Erwinia*), Kartoffelschorf (*Streptomyces*), Krebs (*Synchytrium*), Virus und Frost aufgefunden wurden. Ihre geographische Verbreitung ist im wesentlichen auf die Pampa und die pampinen Sierren der Republik Argentinien beschränkt, doch findet man sie auch in den phytogeographisch ähnlichen Zonen von Uruguay, Paraguay und Südbolivien.

Die systematische Übersicht über die Serie *Commersoniana* wurde im Lauf der letzten Jahrzehnte durch eine „ungezügelte Speciesmacherei“ außerordentlich erschwert. Als Beispiel erwähne ich nur unser *Solanum chacoense* Bitter, ein von Buenos Aires bis Jujuy weit verbreitetes „Unkraut“, das den meisten Eingeborenen unter den Namen „papa del zorro“, „papa yuto“ gut bekannt ist. In der wissenschaftlichen Literatur figuriert diese Species mit mehr als zwanzig lateinischen Bezeichnungen!

Bereits vor einem Jahrzehnt (BRÜCHER 1953) machte ich darauf aufmerksam, daß die von BUKASOV, HAWKES, JUZEPZUK, LECHNOWITZ geschaffenen „neuen“ Arten der Serie *Commersoniana* nichts weiter als umweltbedingte Modifikationen und Lokalformen bereits bekannter Species sind („Daß diese Standortsvarianten von jeder europäischen Kartoffel-Sammel-

expedition zum Anlaß von Neubeschreibungen genommen werden, erleichtert nicht gerade den Überblick“. pag. 18). Nachdem vom Autor wiederholt (BRÜCHER 1954—1959) die zahlreichen Fehlbezeichnungen in der Nomenklatur der argentinischen Wildkartoffeln kritisiert wurden, gaben die russischen und englischen Autoren — zwar widerstrebend — einen Teil ihrer „nov. spec.“ auf. Leider bewahrheitete sich allerdings unsere 1956 ausgesprochene Befürchtung: „Es wird noch jahrelanger Arbeit bedürfen, bis in der einmal erzeugten Verwirrung der Namen Ordnung geschaffen wird. Doch erscheint es mir möglich, daß man die Artenzahl auf ein Sechstel reduzieren können wird“. Im Bestreben, unseren europäischen und amerikanischen Kollegen bei der Ordnung der *Tuberarium*-Systematik behilflich zu sein, stellten wir unsere Landeskenntnis und umfangreiches Material zur Verfügung, unterhielten jahrelang in der Prov. Mendoza die größte lebende *Solanum*-Kollektion Argentiniens, organisierten Kartoffel-Sammelexpeditionen und ermöglichten es unseren Gästen (z. B. CORRELL, DODDS, GOTTSCHALK, GONZALEZ, PAXMAN, ZHUKOVSKI), die „loci classici“ vieler *Solanum*-Species persönlich kennenzulernen und sich eine eigene Vorstellung von dem Reichtum Argentiniens an Wildkartoffeln im allgemeinen und der Synonymität der *Commersoniana* im besonderen zu bilden.

Am konsequentesten verfuhr CORRELL in seinem kürzlich erschienenen fundamentalen Werk „The potato and its wild relatives“ (1962, 606 pag.). Er reduzierte — weitgehend den Tatsachen entspre-

¹ Mit Unterstützung des Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires.