

# Die Zuordnung des Locus R der Zuckerrübe (Hypokotylfarbe) zum Chromosom II

TH. BUTTERFASS

Max-Planck-Institut für Pflanzengenetik, Ladenburg a. N., Rosenhof

## The Coordination of the Locus R (hypocotyl colour) of Sugar Beet to Chromosome II

**Summary.** By means of trisomics the linkage group containing R (hypocotyl colour), B (bolting without vernalization) and other known loci was shown to lie in chromosome II (numbering after BUTTERFASS 1964). Whether random chromatid assortment in R is involved could not be established with certainty.

### Einleitung

Nachdem acht der neun primären Trisomen der Zuckerrübe bekannt sind (BUTTERFASS 1964, 1967), läßt sich mit ihrer Hilfe prüfen, in welchem Chromosom bestimmte Gene liegen. Pflanzen der Konstitution  $R^+/R^+$  haben grünes, solche der Konstitutionen  $R/R^+$  und  $R/R$  rotes Hypokotyl. Die meisten der bisher einer Koppelungsgruppe zugeordneten Gene sind mit R gekoppelt (Zusammenstellung bei KNAPP 1958), darunter auch B (Schossen ohne Vernalisation).

### Material und Methode

Trisome Zuckerrüben der Typen  $2x+I$  bis  $2x+VIII$  (BUTTERFASS 1964) mit grünem Hypokotyl ( $R^+/R^+$  oder  $R^+/R^+/R^+$ ) wurden mit homozygot rothypokotyligen Eudiploiden ( $R/R$ ) bestäubt. Die erhaltenen Trisomen ( $R/R^+$  oder  $R/R^+/R^+$ ) wurden dann mit eudiploiden Pflanzen mit grünem Hypokotyl zurückgekreuzt. Nun könnte man die Aufspaltungen an den Nachkommen der Trisomen oder an denen der eudiploiden Elternpflanzen prüfen. Der zweite Weg hätte den Vorteil, daß die Chromosomenzahl der Nachkommen nicht bestimmt werden müßte, sofern disome Pollenkörner nicht funktionierten. (Selbststerilität wird in beiden Fällen vorausgesetzt und ist meist in ausreichendem Maße gegeben.) Die Nachkommen des rezessiven Rückkreuzungselters wären dann alle eudiploid und müßten 1 rot:1 grün oder 1 rot:2 grün spalten, reine Chromosomenspaltung angenommen. Unter nicht näher bekannten Umständen werden aber die Extrachromosomen trisomer Zuckerrüben auch über den Pollen übertragen, freilich meist nur in geringem Maße. Andererseits sollten auch Daten über die Häufigkeiten der Trisomen in den Nachkommenschaften der Trisomen gesammelt werden; dazu mußten die Trisomen gut ansetzen. Der zweckmäßigste und sicherste Weg schien deshalb der folgende zu sein: In Kammergewächshäusern wurde jeweils das eudiploide Rückkreuzungselter (grünes Hypokotyl) so vor die Eintrittsöffnung der gefilterten Luft gepflanzt, daß der Pollen auf die trisome Pflanze zutreiben mußte. Dementsprechend wurden nur die Nachkommen der trisomen Pflanzen geerntet und analysiert.

Die Keimpflanzen jeder Nachkommenschaft wurden beim Topfen nach Farben getrennt. Nach längstens drei Monaten Anzucht im Gewächshaus war bei den meisten Pflanzen deutlich zu erkennen, ob sie trisom waren oder nicht (BUTTERFASS 1964). Wo Zweifel blieben, wurden die Chromosomen gezählt.

Es war angestrebt worden, von den vorhandenen acht Trisomentypen sowie von eudiploiden Kontrollen jeweils drei unabhängige Nachkommenschaften heranzuziehen. Aber nicht alle zur Kreuzung vorgesehenen Trisomen haben rechtzeitig geschoßt. Deshalb sind nur Ergebnisse für sechs der Trisomentypen und die Kontrollpflanzen erhalten worden, und nicht immer mit drei Wieder-

Tabelle 1. Der Umfang des Materials

Mutter	Nach- kommen- schaften	ausgesät (Knäuel)	aufge- gangen* (% d. Knäuel)	ausgewertet		
				2 x	2 x + 1 abs.	in %
2x+I	3	900	123	749	360	32
2x+II	3	2100	118	1821	620	25
2x+III	3	900	115	637	341	35
2x+IV	0	.	.	.	.	.
2x+V	3	720	106	424	325	43
2x+VI	0	.	.	.	.	.
2x+VII	1	480	17	61	13	18
2x+VIII	1	520	86	269	163	38
2x	3	900	147	1322	—	—

\* einschl. der Pflanzen, die vor der Analyse abgestorben sind.

holungen (Tab. 1). Das Ergebnis ist aber so eindeutig, daß weitere Kreuzungen unterbleiben können.

Ausgesät wurde im September 1967, von den Nachkommenschaften der Trisomen-II ein zweites Mal im Januar 1968. Die Aufspaltungen aus der zweiten Aussaat unterschieden sich innerhalb der Nachkommenschaften nicht signifikant von denen aus der ersten Aussaat. Die beiden Aussaaten wurden deshalb zusammengegerechnet.

Die Eizellenverhältnisse betragen bei Disomenspaltung 1 R:1  $R^+$ . Bei Trisomenspaltung betragen sie bei Annahme reiner Chromosomenspaltung 1 R:2  $R^+$ :2 R/ $R^+$ :1  $R^+/R^+$  und bei Annahme reiner Chromatidenspaltung 5 R:10  $R^+$ :1 R/R:8 R/ $R^+$ :6  $R^+/R^+$  (RIEGER 1963, dort weitere Literatur). Die entsprechenden Phänotypenverhältnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. Die Spaltungsverhältnisse, die nach verschiedenen Hypothesen zu erwarten sind

Spaltungsart	2 x rot grün	2 x + 1 rot grün
disom	1 : 1	1 : 1
trisom, nur Chromosomen	1 : 2	2 : 1
trisom, nur Chromatiden	1 : 2	3 : 2

### Ergebnisse

Tab. 3 zeigt die gefundenen Spaltungen sowie die  $\chi^2$ -Werte für die verschiedenen Hypothesen.

Eudiploide: Mit der Hypothese 1:1 sind alle Aufspaltungen verträglich außer denen der Trisomen-II, für die zwar die Alternativhypothese 1:2 auch nicht genau zutrifft, aber doch sehr viel besser paßt. Mit der Hypothese 1:2 wären auch die Aufspaltungen der Trisomen-VII und -VIII noch vereinbar, aber

mit zehnmal so großen  $\chi^2$ -Werten wie für die erste Hypothese. Die Aufspaltungen des Diploidenanteils sprechen also dafür, daß der Locus R im Chromosom II liegt.

Trisome: Nur die Aufspaltung der Trisomen-II widerspricht der Hypothese 1:1. Die Alternativhypothese 2:1 kann für die Trisomen-II zutreffen; bei den Trisomen-VII ist offenbar die Pflanzenzahl zu klein. Für die Hypothese 3:2 gilt das gleiche. Auch die Aufspaltungen des Trisomenanteils sprechen demnach dafür, daß der Locus R im Chromosom II liegt.

unterschieden. (Der höchste  $\chi^2$ -Wert hatte 3,69 betragen.) Wurden jedoch die drei Nachkommenschaften von jeweils der gleichen Aussaatzeit zusammengefaßt und diese beiden Aufspaltungen (150 rot : 115 grün und 237:118, oben nicht mitgeteilt) gegeneinander getestet, so ergab sich immerhin ein  $\chi^2$ -Wert von 6,25, ein Wert, der zwar für die einheitlich gewählte Schwelle von  $P = 0,01$  nicht signifikant ist, aber doch den Verdacht auf einen realen Unterschied nicht entkräfftet. Das erste Verhältnis spricht für reine Chromatiden-, das zweite aber für reine Chromosomenspaltung, bei Verwendung des gleichen Saat-

Tabelle 3. Die gefundenen Spaltungsverhältnisse und die  $\chi^2$ -Werte gegenüber verschiedenen Hypothesen

Mutter	2x				2x + 1			
	rot	grün	$\chi^2_{1:1}$	$\chi^2_{1:2}$	rot	grün	$\chi^2_{1:1}$	$\chi^2_{2:1}$
2x + I	378	371	0,07-	99 *	177	183	0,10-	50 *
2x + II	664	1157	133 *	8,03*	387	233	38 *	5,03-
2x + III	328	309	0,57-	95 *	167	174	0,14-	48 *
2x + V	230	194	3,06-	83 *	154	171	0,89-	54 *
2x + VII	28	33	0,41-	4,33-	6	7	0,08-	2,46-
2x + VIII	130	139	0,30-	4,33-	69	94	3,84-	43 *
2x	668	654	0,15-					21 *

\* Signifikanz für  $P = 0,01$

Tabelle 4. Trisome-II. Gefundene Spaltungen,  $\chi^2$ -Werte gegenüber verschiedenen Hypothesen und Homogenitätstest

Nr.	2x				2x + II			
	rot	grün	$\chi^2_{1:1}$	$\chi^2_{1:2}$	rot	grün	$\chi^2_{1:1}$	$\chi^2_{2:1}$
1150	211	418	68,12*	0,01-	124	88	6,11-	12,75*
1151	230	385	39,07*	4,57-	102	72	5,17-	5,07-
1152	223	354	29,74*	7,33*	161	73	33,09*	0,48-

Homogenitätstest:

FG	2x		2x + II			$\chi^2_{0,01}$
	$\chi^2_{1:1}$	$\chi^2_{1:2}$	$\chi^2_{1:1}$	$\chi^2_{2:1}$	$\chi^2_{3:2}$	
Gesamt	3	136,93*	11,91*	44,37*	18,30*	7,81-
Abweichung	1	133,47*	8,03*	38,26*	5,03-	1,51-
Heterogenität	2	3,46-	3,88-	6,11-	13,27*	6,30-

Wie Tab. 4 zeigt, waren die Aufspaltungen der Trisomen-II nicht homogen. Bei den Nachkommenschaften Nr. 1150 und 1151 scheint Chromatidenspaltung, bei Nr. 1152 Chromosomenspaltung vorzuherrschen. Bei allen übrigen Trisomen und bei den Kontrollen hat sich kein Hinweis auf Heterogenität gezeigt.

### Diskussion

Nach den Daten der Tab. 3 und 4 darf angenommen werden, daß der Locus R und damit auch die übrigen Loci dieser Koppelungsgruppe (Übersicht bei KNAPP 1958) im Chromosom II liegen. Ob aber Chromatidenspaltung vorliegt, wie nach Tab. 3 und für Nr. 1150 und 1151 auch nach Tab. 4 anzunehmen sein könnte, ist zweifelhaft, und zwar aus folgendem Grunde. Die Aufspaltungen nach Aussaat zu verschiedenen Zeiten hatten sich zwar innerhalb der Nachkommenschaften nicht signifikant voneinander

guts! Alle drei Nachkommenschaften haben sich in gleicher Richtung verändert. Bei den eudiploiden Pflanzen dieser Nachkommenschaften haben sich dagegen alle drei Verhältnisse zugunsten der grünen Pflanzen verschoben. Da aber weder die Einzelunterschiede noch der Gesamtunterschied (zuerst 319:505 gegen später 345:652,  $\chi^2 = 3,11$ ) signifikant sind, können die möglichen Gründe offen bleiben.

Hervorzuheben bleibt die Inhomogenität der drei Nachkommenschaften in bezug auf die Frage, ob Chromosomen- oder Chromatidenspaltung vorliegt. Zu beiden Anzuchtzeiten hatte sich die Nachkommenschaft Nr. 1152 in gleicher Weise anders verhalten als die beiden übrigen. Wollte man den Unterschied durch ein geringeres Maß an Chromatidenspaltung in diesem Material deuten, so bliebe unerklärt, warum auch die Eudiploiden abweichend spalten. Eher war die Mutterpflanze nicht ganz selbststeril. Nur dann würden nämlich auch Pollen-

körner wirksam, die R statt  $R^+$  tragen, was den Rotanteil bei beiderlei Nachkommen, eudiploiden und trisomen, erhöhen müßte; unter den Trisomen könnte dann sogar ein Rotanteil von mehr als  $2/3$ , wie er bei Nr. 1152 angedeutet erscheint, real sein.

### Zusammenfassung

Mit Hilfe von Trisomen wurde am Locus R (Hypokotylfarbe) gezeigt, daß die Koppelungsgruppe, die R, B (Schossen ohne Vernalisation) und andere bekannte Loci enthält, im Chromosom II (Numerierung nach BUTTERFASS 1964) liegt. Ob Chromatiden-

spaltung im Locus R eine Rolle spielt, konnte nicht sicher festgestellt werden.

Frau GISELA WEINMANN danke ich für sorgfältige Hilfe.

### Literatur

1. BUTTERFASS, TH.: Die Chloroplastenzahlen in verschiedenenartigen Zellen trisomer Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.). *Z. Bot.* **52**, 46–77 (1964). — 2. BUTTERFASS, TH.: Endopolyploidie und Chloroplastenzahlen in verschiedenartigen Zellen trisomer Zuckerrüben. *Planta (Berl.)* **76**, 75–84 (1967). — 3. KNAPP, E.: Beta-Rüben. Bes. Zuckerrüben. *Handb. Pflanzenzüchtg.*, 2. Aufl., Bd. III, 196–284 (1958). — 4. RIEGER, R.: *Die Genommutationen (Ploidiemutationen)*. Jena 1963.