

tisch völlig einheitliches Material unterschiedlicher Samengröße untersucht wird.

Die zusammenfassende Darstellung der Leistungsdifferenzen von 2 x und 4 x einerseits sowie groß- und kleinsamiger Fraktion andererseits in Abb. 9 läßt das Vorhergesagte noch einmal deutlich werden.

Zusammenfassung

1. Bei Rotklee wurde der Einfluß von Valenzstufe und Samengröße auf die Keimungsphysiologie und den Verlauf der Ertragsbildung untersucht.

2. Die Atmungsintensität keimender Samen beider Valenzstufen ist — bezogen auf die Gewichtseinheit — gleich.

3. Die Hypokotyl- und Kotyledonentrockenmasse ist bei den Polyploiden um rel. 15% größer als bei Lembkes Rotklee. Das entspricht auch der Tendenz, daß im Laufe der Entwicklung die Polyploiden eine bessere Entwicklung der oberirdischen als der unterirdischen Organe zeigen.

4. Hinsichtlich der Merkmale Grünmasse und Blatttrockenmasse liegen die 4x Formen über, hinsichtlich der Merkmale Trockensubstanzgehalt und Assimilationsleistung dagegen unter Lembkes Rotklee.

5. Während sich bei den beiden polyploiden Prüfstämmen in allen untersuchten Merkmalen zwischen groß- und kleinsamiger Fraktion fast keine Unterschiede ergeben haben, beträgt die Differenz zwischen der groß- und kleinsamigen Fraktion bei Lembkes Rotklee hinsichtlich der untersuchten Merkmale

etwa 10%. Diese Differenzen sind bis auf einen Fall (AL) signifikant.

6. Aus den Ergebnissen wird gefolgert, daß es keinen kausalen Zusammenhang zwischen Samengröße und Ertrag gibt. Durch Fraktionierung einer Saatgutpartie in verschiedene Samengrößenfraktionen kann gleichzeitig eine Trennung des Materials in genetischer Hinsicht stattfinden. Diese Trennung hat bei Lembkes Rotklee stattgefunden, bei den beiden polyploiden Prüfstämmen offenbar jedoch nicht.

Literatur

1. BELLMANN, K.: Untersuchungen über die Stoffproduktion bei diploidem und tetraploidem Rotklee. Diss. Univ. Rostock (1961). — 2. BLACK, J. N.: The influence of seed size and depth of sowing on pre-emergence and early vegetative growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Aust. J. Agric. Res. 7, 98—105 (1956). — 3. BLACK, J. N.: The growth of three strains of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in relation to size of seed. Aust. J. Agric. Res. 8, 1—14 (1957). — 4. BLACK, J. N.: Seed size as a factor in the growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) under spaced and sward conditions. Aust. J. Agric. Res. 8, 335—351 (1957). — 5. ERICKSON, L. A.: The effect of alfalfa seed size and depth of seed upon the subsequent procurement of stand. J. Amer. Soc. Agron. 38, 964—972 (1946). — 6. SCHULZ, K.: Der Einfluß der Größe des Samenkorns auf Entwicklung und Ertrag bei *Lup. albus*. Zeitschr. f. Acker- u. Pflanzenbau 106, 224—244 (1958). — 7. SCHWANITZ, F., und W. SCHENK: Zur Atmung diploider Gigaspflanzen. Naturwiss. 41, 262 (1954). — 8. VÖMEL, A.: Wachstumsverlauf, Entwicklung und Kornertragsbildung der weißen Süßlupine in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren. Zeitschr. f. Pflanzenz. 35, 199—238 (1955).

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

Die *Beta*-Wildarten der Sektion Patellares und Kreuzungsversuche mit Zuckerrüben

Von GERHARD BANDLOW

Mit 12 Abbildungen

Unter den Wildarten der *Beta*-Rüben nimmt die Sektion Patellares (*B. procumbens*, *B. webbiana*, *B. patellaris*) eine Sonderstellung ein, die sich aus ihrer phylogenetischen Entwicklung erklärt. Die drei Wildarten sind Inselformen Westafrikas. *B. webbiana* ist auf die Kanaren begrenzt. *B. procumbens* wächst auf den Kanaren und Kapverden. Lediglich *B. patellaris* besiedelt außer den Kanaren und Madeira noch kleine Küstenstreifen von Nordwestafrika und Südostspanien (ULBRICH 1934). Durch Isolationswirkungen haben sich diese drei Arten ähnlich, aber von der Stammform unserer Kulturrübe, *Beta maritima*, abweichend entwickelt.

Gemeinsam ist ihnen die niederliegende, in Mitteleuropa durch weiche, biegsame Triebe bedingte Wuchsform, die fast polsterartig wirken kann. Die Triebe streben gleichzeitig radial nach außen und können den Durchmesser eines Exemplares bis über 1 m ausweiten (Abb. 1, 2, 3), im Gewächshaus bei uns sogar bis über 5 m.

Außer diesem Wuchstyp wirken auch die Blattformen für die *Beta*-Rübe fremdartig, sowohl das

kurze dreieckige Blatt von *patellaris* (Abb. 4), als auch die länger ausgezogene, aus breitzipfliger Basis sich verjüngende Spreite von *procumbens* (Abb. 5), und vor allem das sehr schmale, fast pfriemenartige Blatt von *webbiana* mit den charakteristischen Zipfeln an der Blattbasis (Abb. 6).

Die allseitig ausgedehnte Pflanzenfläche dieser 3 Wildarten ernährt eine reich verzweigte Wurzel, die im Jahre 1961 bei *patellaris* ca. 50 cm, bei *procumbens* z. T. 100 cm lang wurde. Ein Rübenkörper wird nicht gebildet. Dennoch hat gerade diese Wurzel die Sektion Patellares für den Züchter interessant gemacht: sie ist nematodenresistent (HIJNER 1952, GOLDEN 1959). Bei keiner anderen *Beta*-Art finden wir diese begehrenswerte Eigenschaft.

Alle drei Arten blühen bei Frühjahrssaat im ersten Jahr. Ihr Blütenbau stimmt mit dem der Gattung *Beta* vollkommen überein. Bemerkenswert ist der frühe Blütenansatz. *Beta patellaris* entwickelt etwa nach dem 4. Blatt in einer Höhe von ± 4 cm die ersten Blüten und läßt dann in jeder weiteren Blattachsel konstant die nächsten 2—5 Blüten



Abb. 1. Niederliegender Wuchstyp einer ausgewachsenen *Beta procumbens*-Pflanze am 27. 9. 54.



Abb. 2. Niederliegender Wuchstyp einer jüngeren *Beta webbiana*-Pflanze am 25. 6. 54.

folgen, so daß nach kurzer Zeit die ersten kugelförmigen Früchte ausgebildet sind. Auch die Seitentriebe sind reich mit Blüten besetzt. *B. webbiana* blüht im allgemeinen ebenso reich, schnell und sicher wie *patellaris*. Doch findet man auch Triebe mit später inserierten Blüten, etwa von 10 oder 25 cm Höhe an, gelegentlich auch erst ab 60 cm Sproßlänge. Seitentriebe solcher zunächst blütenlosen Haupttriebe bilden durchweg von der Basis an Blüten aus. Bei *B. procumbens* variiert der Blütenansatz am stärksten. Er kann bei Frühjahrsaussaat früher oder später einsetzen, bei Sommer- und Herbstsaat zunächst ganz ausbleiben und erst im folgenden Frühjahr an den Seitentrieben 1. Ordnung beginnen. Auch die Anzahl der Blüten kann stärker schwanken als bei *webbiana*. Blütenreiche, blütenschwache und blütenlose Triebe können nebeneinander vorkommen. Die Hauptentwicklung der drei Arten erfolgt im August und hält bis zum einsetzenden Frost an. Die Pflanzenpolster erreichen dann eine Höhe von 20—40 cm. Gegen kalte Witterung sind die westafrikanischen Wildarten empfindlich. In dem kühlen Sommer 1955 entwickelten sie sich nur mäßig, blühten schwach und fruchteten selten. VILMORIN hat *patellaris* und

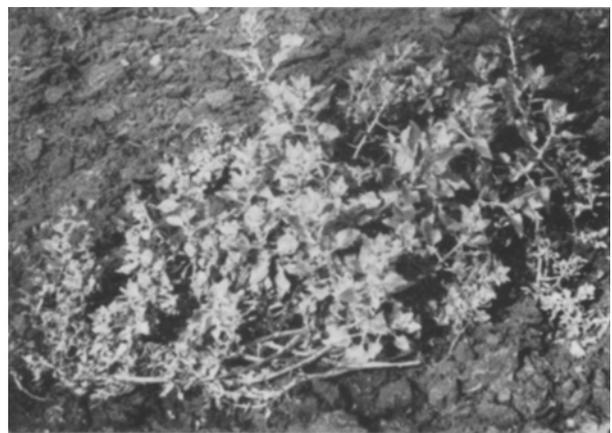


Abb. 3. Niederliegender Wuchstyp einer ausgewachsenen *Beta patellaris*-Pflanze am 8. 9. 56.

procumbens in eindrucksvollen Zeichnungen wiedergegeben. Über die Anlage der Gefäßbündel bei *B. patellaris* haben COLIN und PICAULT (1934) berichtet.

Läßt man *procumbens*, *webbiana* und *patellaris* in Parzellen — bei uns im Schaugarten je 3 m² — nebeneinander frei abblühen, so bleibt die 4x *B. patellaris* einheitlich, wie wir in 7 Jahren festgestellt haben. Das schließt



Abb. 4. Blattform von *Beta patellaris*.



Abb. 5. Blattform vom *Beta procumbens*.



Abb. 6. Blattform von *Beta webbiana*.

nicht aus, daß gelegentlich Bastardierungen mit den *2x-webbiana* oder *procumbens* aufgetreten sein können; denn in seltenen Fällen haben wir *3x-patellaris* gefunden, die sich phänotypisch jedoch nicht von den normalen *4x*-Pflanzen unterscheiden. Sie sind sicher durch Fremdbestäubung entstanden, zumal man solche *3x*-Bastarde auch künstlich erzeugt hat (COE 1954).

Der Typ der diploiden *webbiana*- und *procumbens*-Arten schwankte im Laufe der 7 Jahre etwas. In dem kalten Sommer 1955 hatten die *procumbens*-Pflanzen *webbiana*-ähnliche, schmale Blätter, dabei aber den für *procumbens* typischen, unregelmäßigen Fruchtansatz. 1956 hatte eine *webbiana*-Pflanze einige Triebe mit *procumbens*-ähnlichen Blättern entwickelt. 1957 hatten 2 von 6 *webbiana*-Exemplaren breitere Blätter, die übrigen Pflanzen waren schmalblättrig und sehr schmalblättrig. Nachkom-

men dieser 3 Blatttypen variierten etwas in der Blattbreite. Es kommen offenbar Bastardierungen zwischen beiden diploiden Arten in unserem Klima vor. Das erscheint bei ihrer Ähnlichkeit im großen durchaus verständlich, muß aber dennoch betont werden, weil beide Arten an ihrem Standort, den Kanarischen Inseln, offenbar unvermischt leben und sehr verschieden groß sind, hier dagegen gleich groß. COONS (1954) weist auf den einheitlichen Typ dieser drei fast während 30 Jahre aufgezogenen Arten hin, die im Gewächshaus eng benachbart gestanden haben.

Die Konstanz der *B. patellaris* veranlaßte uns, die 3 Arten auf Selbstfertilität zu prüfen. Wir haben dafür wegen ihrer anfangs rel. guten Keimfähigkeit zunächst *B. patellaris* gewählt. In den Jahren 1955 und 1956 wurden ganze Topfpflanzen durch Überstülpen von offenen Tüten im Gewächshaus ge-

beutel. Auf der Tablette war also eine leichte Luftzirkulation und damit ein normales Mikroklima in der Tüte gegeben. Gleichzeitig wurden 1956 auch Triebe mit zugebundenen Tüten isoliert (Tab. 1). Der Fruchtansatz bei unten offener Tüte war in beiden Jahren sehr verschieden gut: 1955 35,8%, 1956 74%. In dem kalten Sommer 1955 hatten alle Wildrüben, sowohl die im Schaugarten wie die im Gewächshaus frei abgeblühten, einen sehr schlechten Ansatz gehabt. 1956 dagegen war ein warmer, *B. patellaris* gemäßer Sommer mit guter Fruchtbildung. In Tabelle 1 sind nur die Werte dieses Jahres aufgenommen.

Wollte man einwenden, daß bei unten offenen Tüten möglicherweise Pollenstaub von einer Pflanze zur anderen gelangen könnte, so ist dem folgendes entgegenzuhalten: Es wurden nur junge, noch eintriebige Pflanzen gebeutel, bei denen der Pollenstaub infolge der fehlenden Luftbewegung nur auf die Erde des Blumentopfes oder auf die Glasplatte innerhalb der Tüte fallen kann. Ein Verwehen des Pollens nach außen und auf demselben Wege in die Nachbartüte sowie durch Aufwind in deren Blütenregion ist ganz unwahrscheinlich. Vgl. Tabelle 2 u. 3.

In dem Parallelversuch 1956 mit zugebundenen Tüten an den Trieben hatten sich nur 22,5% Blüten selbstbefruchtet gegenüber 74% bei unten offenen Tüten. Für den rel. schwachen Ansatz von 22,5% ist das ungünstige Mikroklima in der Tüte verantwortlich, das durch die Transpirationsfeuchtigkeit

Tabelle 1. Fruchtansatz isolierter *B. patellaris*-Pflanzen (*4x*) im Gewächshaus (1956, 1961).

Räumlich isoliert 1961				Tütensolierung 1956							
Nr.	Blüten	Früchte	%	Unter offenen Pergamintüten isoliert				Durch am Trieb geschlossene Pergamintüten isoliert			
				Nr.	Blüten	Früchte	%	Nr.	Blüten	Früchte	%
1	84	43	51	1	27	19	70,3	3	45	8	17,8
2	68	26	38,2	2	30	23	76,7	4	21	1	4,8
3	48	22	45,9	3	29	22	75,8	5	38	8	21,0
4	97	48	49,5	5	26	17	65,4	6	37	7	19,0
5	58	35	60,4	7	20	19	95,0	7	31	10	32,3
6	112	46	41,1	8	25	20	80,0	8	30	1	3,3
8	68	32	47,1	9	24	18	75,0	9	31	7	22,6
9	65	23	35,4	10	24	13	54,2	10	37	12	32,4
				11	34	27	79,4	11	53	19	35,9
				12	30	21	70,0	12	14	3	21,4
	600	275	45,8		269	199	74,0		337	76	22,5

Tabelle 2. Fruchtansatz isolierter *B. procumbens*-Pflanzen (*2x*) im Gewächshaus (1961).

Räumlich isoliert				Unter offenen Pergamintüten isoliert				Nebeneinander abgeblühte Kontrollpflanzen			
Nr.	Blüten	Früchte	%	Nr.	Blüten	Früchte	%	Nr.	Blüten	Früchte	%
2	65	0	0	12	70	0	0	2	60	28	46,6
3	77	2	2,6	13	103	1	1	3	34	22	64,7
4	18	0	0	14	55	0	0	4	42	24	57,1
5	82	0	0	15	68	0	0	5	53	17	32,1
6	44	0	0	16	55	0	0	6	18	11	61,1
7	60	0	0	17	52	3	6	7	123	46	37,4
8	57	1	1,8	18	58	0	0	8	75	27	36,0
9	40	0	0	19	57	0	0	9	53	24	45,3
10	53	0	0	20	46	0	0	10	47	29	61,7
	658	6	0,9		648	4	0,6		547	260	47,5

Tabelle 3. Fruchtansatz isolierter *B. webbiana*-Pflanzen (*2x*) im Gewächshaus (1961).

Räumlich isoliert				Unter offenen Pergamintüten isoliert				Nebeneinander frei abgeblühte Kontrollpflanzen			
Nr.	Blüten	Früchte	%	Nr.	Blüten	Früchte	%	Nr.	Blüten	Früchte	%
2	132	0	0	12	58	0	0	2	49	18	36,7
3	47	0	0	13	52	0	0	3	41	28	68,3
4	76	0	0	14	70	0	0	4	49	25	51,0
5	87	1	1,1	15	49	0	0	5	67	15	22,4
6	84	0	0	16	50	0	0	6	41	24	58,5
7	123	0	0	17	60	0	0	7	27	17	63,0
8	101	1	1	18	59	0	0	8	49	26	53,1
9	87	0	0	19	60	0	0	9	26	17	65,4
10	50	0	0	20	51	0	0	10	67	35	52,2
	1022	19	1,8		566	0	0		459	224	48,8

erzeugt wird und sich ebenso wie bei Zuckerrüben stark auswirkt.

Außer in Tütenisolation blühte *B. patellaris* später, im Jahre 1961, noch räumlich isoliert in einzelnen Gewächshäusern und Kabinen ab. Der Fruchtansatz an dem Haupttrieb betrug bei den 8 Pflanzen \varnothing 45,8% und war damit kaum besser als in dem kalten Sommer 1955 unter offenen Tüten (35,8%). Auch das Frühjahr 1961, in dem die isolierten Pflanzen geblüht hatten, war kalt.

Der Fruchtansatz ist bei den Mittelblüten, konstant etwas unregelmäßiger bei den Seitenblüten. Die 4. und 5. Blüten sind häufig schwach entwickelt und daher sicher oft nicht voll funktionsfähig. Bei der Auszählung der Blüten sind sie aber mit berücksichtigt worden, so daß die wirkliche Fruchtbildung höher ist, als sie in den Prozentzahlen zum Ausdruck kommt.

Zusammenfassend können wir aus den Versuchen mit Tüten- und räumlicher Isolierung schließen, daß *Beta patellaris* selbstfertil ist. Dabei bleibt noch zu prüfen, ob eigener Pollen und fremder einer zweiten Pflanze gleich vital sind oder ob eine Pollenart von der offenen Blüte bevorzugt wird. Auf diese Frage muß die Fruchtbildung bei mehreren nebeneinander frei abblühenden Pflanzen Antwort geben. Dazu wurden 6 zu verschiedenen Exemplaren unserer Schau-gartenparzelle gehörende Triebe im sonnigen Herbst 1961 ausgezählt. Von 435 Blüten hatten 307 = 70,6% gefruchtet. Entsprechende Werte (74,0%) hatten wir auch im warmen Sommer 1956 bei Isolierung unter Pergamintüten erhalten (Tab. 1). Das zeigt, daß im Freiland bei möglicher Fremdbestäubung der Fruchtansatz nicht zwangsläufig besser als nach Selbstung oder Nachbarbestäubung ist — gleiche Witterungsverhältnisse vorausgesetzt, die wichtiger als Versuche im gleichen Jahr mit verschiedener Witterung sind (kaltes Frühjahr und warmer Herbst 1961). Wir glauben daher sagen zu können, daß die *patellaris*-Pflanze nicht nur selbstfertil ist, sondern sich auch bei Anwesenheit fremden Pollens selbstbestäubt. Beobachtungsmäßig drängt sich dieser Schluß angesichts des besonderen Blühverlaufes und der erstaunlich schnellen Fruchtbildung ebenfalls auf.

Im Gegensatz zur Selbstfertilität der 4x-*Beta patellaris* sind die 2x-*B. procumbens* und *webbiana* Fremdbefruchter (Tab. 2 und 3). Weder bei räumlicher Isolierung in einzelnen Gewächshäusern noch in unten offenen Pergamintüten fruchteten beide Arten nennenswert. Lediglich 1% Früchte wurden gefunden. Die Umweltbedingungen waren die gleichen wie bei den *B. patellaris*-Isolierungen, so wurden die Gewächshäuser gelüftet. Dagegen hatten die in einem Gewächshaus frei nebeneinander abgeblühten Kontrollpflanzen zu etwa 48% gefruchtet. Das ist etwa der gleiche Fruchtansatz wie bei den selbstfertilen, räumlich isolierten *patellaris*-Exemplaren (45,8%). Offenbar entspricht diese mäßige Fruchtbildung den Witterungsbedingungen des kalten, sonnenarmen Frühjahrs 1961.

Hinsichtlich der Winterfestigkeit ist die Sektion *Patellares* mit ihren 3 Arten gegenüber allen anderen Wildrübenarten, die einen normalen mitteleuropäischen Winter gesund überstehen, kälteempfindlich. Die kritische Temperatur liegt im ganzen um -3°C . Gleichzeitig wirken niedrigere Kälte-

grade additiv. So erfroren im Jahre 1954 *B. procumbens* und *webbiana* am 17. 11. bei $-3,4^{\circ}\text{C}$, nachdem die Nachttemperaturen vom 2. bis 14. 11. $\varnothing -1,9^{\circ}\text{C}$ und einmal $-3,0^{\circ}\text{C}$ betragen hatten. Andererseits ertrugen im Jahre 1959 *patellaris*, *procumbens* und *webbiana* im ganzen noch die erste Frostnacht am 6. 10. mit $-6,1^{\circ}\text{C}$. Bei *B. webbiana* und *procumbens* waren nur einzelne Triebspitzen erfroren, während *B. patellaris* stärkere Frostschäden zeigte. In den folgenden Nächten vernichteten die Temperaturen von $-3,0^{\circ}$ am 13. und 16. 10. *patellaris* fast ganz, *procumbens* zum großen Teil und *webbiana* hauptsächlich an der Oberfläche. Die beiden letzten Arten waren erst nach zwei späteren, leichten Frostnächten mit $-1,0^{\circ}$ am 18. und 19. 11. abgestorben. In den Jahren 1955 bis 1958 haben wir im ganzen entsprechende Beobachtungen gemacht. *B. patellaris* ging stets zuerst ein, dann folgte *procumbens*, und am rel. widerstandsfähigsten war *webbiana*. *B. patellaris* zeigt die Empfindlichkeit gegen Witterungsungunst bereits im Sommer, indem sie sich bei nassem, kaltem Wetter nur schwach entwickelt. Ein schwerer Hagel-schlag am 3. 9. 54 und ein sehr starker Regenguß am 25. 5. 56 vernichteten in beiden Jahren sogar die ganze Parzelle, nicht aber *procumbens* und *webbiana*, die sich wieder gut erholten.

Die Keimfähigkeit aller Wildrübenarten variiert außerordentlich. Am besten ist sie bei der geknäuelten *B. maritima* und beträgt hier etwa 50%, auf das Knäuel bezogen, mit großen Streuungen je nach Herkunft und Jahr. Auch normale Keimung ist mehrfach festgestellt worden. Demgegenüber ist die Keimfähigkeit der einzelfrüchtigen *Procumbentes* stark herabgesetzt und beträgt im 5jährigen Durchschnitt etwa 7% (Tab. 4).

Tabelle 4. Keimfähigkeit der Wildrübenarten *B. procumbens*, *B. webbiana* und *B. patellaris*.

Jahr	<i>B. procumbens</i>		<i>B. webbiana</i>		<i>B. patellaris</i>	
	% gekeimt	ausgesäte Früchte	% gekeimt	ausgesäte Früchte	% gekeimt	ausgesäte Früchte
1955	2,0	100	2,5	400	15,1	1040
1957	2,0	400	5,0	800	9,8	1000
1959	20,0	500	11,0	500	8,0	500
1960	3,2	500	4,2	500	3,0	500
1960/61	9,0	100	6,5	1000	1,5	1000
	7,2		6,0		7,5	

Es ist jeweils das vorjährige Saatgut zur Keimprüfung verwendet und in gleicher Weise durch Quellen und Spülen in fließendem Wasser vorbehandelt worden. Anritzen wirkte ebenso wie Spülen. Auswertung etwa 4 Wochen nach Aussaat.

Die Keimprozente schwanken bei *procumbens* und *webbiana* unregelmäßig, während sie bei *patellaris* von 1955—1961 fortlaufend abnehmen und von 15% auf 1,5% gesunken sind. Das scheint kein Zufall, sondern biologisch, etwa durch Inzuchtwirkung, bedingt zu sein. Es wuchsen jährlich 3—4 Pflanzen auf, die sich sicherlich selbstbefruchtet haben und dabei einer mäßigen, von Jahr zu Jahr zunehmenden Inzucht ausgesetzt sein konnten. Diese hat sich augenscheinlich in einer Depression der Keimfähigkeit ausgewirkt, wie das bei Inzuchtschäden auch sonst üblich ist. Ob das Inzuchtminimum bei dem augenblicklichen Keimprozent von 1,5% schon erreicht ist oder nicht, bleibt offen. Im übrigen zeigt die Art ein normales Verhalten. In warmen Sommern ist der Frucht-

ansatz reichlich und die Wüchsigkeit weiterhin üppig. Für die Annahme einer Inzuchtwirkung als Erklärung der sinkenden Keimkraft spricht auch die große Einheitlichkeit des Pflanzentyps in den vergangenen 9 Beobachtungsjahren. Dabei hat die Tetraploidie eine manifestierte mutative Variabilität unterdrückt, und auch die kleine Anzahl der jährlich aufgezogenen Exemplare hat den Typ genisch eingeengt. Wir haben diese Art als selbstfertil nachgewiesen, obwohl sie offen blüht. Das würde nach dem vorliegenden Keimbefund bei *Beta patellaris* eine Inzuchtschädigung nicht ausschließen. *Patellaris* scheint also ein noch nicht voll vitaler Selbstbestäuber zu sein.

Artkreuzungen

B. procumbens, *webbiana* und *patellaris* sind durch ihre Resistenz gegen Nematoden, *Cercospora*, Kräuselkrankheit sowie durch die Monokarpie züchterisch wertvoll und daher mehrfach mit Kulturrüben gekreuzt worden. Zuckerrübe, Mangold, rote Beete und auch die Wildarten *B. maritima*, *macrocarpa* sowie *atriplicifolia* (OLDEMEYER 1954) sind verwendet worden. Dabei haben zwei Barrieren den Erfolg bisher sehr erschwert oder vereitelt:

1. die durchweg ausgebliebene Wurzelbildung der Bastarde und
2. ihre hohe Sterilität.

Fast alle Bastarde gehen im Keimblattstadium oder wenig später wegen fehlender Bildung von Sekundärwurzeln ein; nur ausnahmsweise hat sich ein Bastard bewurzelt. Auf diploider Basis konnte STEWART (1950) aus der Kreuzung Zuckerrübe \times *B. procumbens* von mehreren hundert Bastardsämlingen eine pollensterile F_1 -Pflanze aufziehen und nach Rückkreuzung mit Zuckerrübenpollen 45 Knäuel ernten. Daraus erwachsen 2 blühreife RF_1 -Pflanzen, von denen eine, wiederum nach Rückkreuzung, einige Samen ansetzte. Die RF_2 bestand auch nur aus einem blühenden Samenträger, der nicht fruchtete. GASKILL (1954) wählte Mangold als Kulturform für Kreuzungen mit *B. webbiana* und *procumbens* und konnte aus großen F_1 -Generationen mit 590 bzw. 445 Pflanzen 5 blühende pollensterile *webbiana*- und einen solchen *procumbens*-Bastard heranziehen. OLDEMEYER und BREWBAKER (1956) kreuzten *procumbens* mit *B. maritima* und zogen von den 1000 F_1 -Samen 2 blühende Bastarde auf, von denen einer nach Bestäubung mit Zuckerrübenpollen fruchtete und 56 RF_1 -Pflanzen mit wiederum fruchtenden Samenträgern hervorbrachte. „Many additional progeny will be obtained in the future“. Die Blattrosetten der RF_1 ähneln sehr den Zuckerrübenblättern. Von allen überhaupt durchgeführten *procumbens*-Kreuzungen sind diese auf eine ganz bestimmte *maritima*-Herkunft zurückgehenden die vitalsten gewesen. Dann folgt Mangold als Elter.

Auch mit der tetraploiden *B. patellaris* sind einige auf eigener Wurzel wachsende Bastarde gewonnen worden. FILUTOWICZ und KUŹDOWICZ (1959) kreuzten 2x- und 4x-Zuckerrüben mit 4x-*B. patellaris*. Von 16 triploiden F_1 -Bastarden der ersten Serie 2x·4x wuchsen 2 normal, aber mit viel sterilem Pollen heran. Die F_2 ergab aus 46 Knäueln 5 Pflanzen. Aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe \cdot 4x-*B. patel-*

laris entwickelten sich ebenfalls 2 F_1 -Pflanzen. Sie ergaben 207 F_2 -Knäuel und 88 Pflanzen. H. SAVITSKY (1960 b) kreuzte Mangold und Zuckerrübe mit *B. procumbens*, *webbiana* und *patellaris* auf verschiedenen Ploidie-Stufen und erhielt gesunde, wurzelechte Bastarde, vor allem auf tetraploider Stufe: 38 *patellaris*- F_1 -Bastarde mit Zuckerrübe und 24 mit Mangold erreichten das Blühstadium. Auch 18 Diploide und 5 Triploide blühten.

Die hier aufgeführten Fälle auf eigener Wurzel gewachsener Kreuzungsnachkommenschaften sind — wie erwähnt — Ausnahmen. Die meisten Bastarde entwickelten nur Keimblätter und gingen im \pm 4-Blatt-Stadium ein. Um sie am Leben zu erhalten, begann man zu pflöpfen. COE (1954) wählte als Unterlagen ganz junge, zwei bis drei Tage alte Zuckerrübenkeimlinge, auf die dicht unter den Keimblättern abgeschnittene Bastardreiser (Zuckerrübe \times *B. procumbens*) gepflöpft wurden. 7% wuchsen an, und 4% wurden kräftige Reiser mit großen morphologischen Varianten in Blattgröße und -form, Verzweigung und Stengelentwicklung. Eine andere Methode entwickelte JOHNSON (1956), der *procumbens*-, *webbiana*- und *patellaris*-Bastarde in schossende Zuckerrübenunterlagen pflöpfte. An dem 15—40 cm langen Schoßtrieb wurde ein Blatt in einem sehr weichen Teil abgeschnitten und hier ein Längsschnitt geführt, in den das Hypokotyl des Bastardkeims eingesetzt wurde. 70% der Pflöpfungen wuchsen an und verhielten sich in den meisten sichtbaren Merkmalen intermediär. Alle Bastarde schoßten, aber nur 60% blühten und waren pollensteril. $\frac{2}{3}$ der Samenträger setzten nach Rückkreuzung mit Zuckerrübenpollen Früchte an, 1%—50% je Pflanze = zus. ca. 500. Davon keimten 8, jetzt schon mit besserer Wurzelbildung. Sie mußten dennoch wieder gepflöpft werden und blühten pollensteril.

LICHTER (1960) verwendete fingerdicke Zuckerrübenunterlagen zum Pflöpfen der Artbastarde. Die Bastardsämlinge der beiden Kreuzungen Mangold \times *B. procumbens* und 4x-Zuckerrübe \times *B. patellaris* waren zu 50%—60% angewachsen. Von den Bastardreisern der zweiten Kreuzung sind außerdem Triebspitzen erneut gepflöpft und fast 100%ig angewachsen. BORNSCHEUER und SCHLÖSSER (1961) haben Zuckerrüben \times *B. procumbens*-Bastarde gepflöpft, colchiziniert und dann 3 tetraploide Pflanzen erhalten.

Wir selbst experimentieren seit 1954 mit den 3 westafrikanischen Wildarten, um sie mit der Zuckerrübe zu verbinden. Zu Beginn der Versuche wurden zwei Wege beschritten: vegetative Annäherung und sofortige Kreuzung.

Die Methode der vegetativen Annäherung konnte jedoch nicht durchgeführt werden, da bereits die Pflöpfversuche ergebnislos verliefen. Pflöpfungen von jungen *B. patellaris*-Pflanzen auf überwinterte Stecklinge gelangen weder im Jahre 1954 noch 1955. Auch auf junge ca. 5 mm dicke Zuckerrübenunterlagen gepflöpfte *patellaris*-Reiser im 4-Blatt-Stadium wuchsen 1956 nicht an.

Gleichzeitig wurden ab 1954 Kreuzungen durchgeführt, von denen im Jahr 1955 1 *procumbens*- und 9 *webbiana*-Bastarde bis zum Keimblattstadium heranwuchsen. Dann gingen sie ein. In Nährlösung

aufgezogene *webbiana*-Bastarde wuchsen im Jahre 1956 ebenfalls nicht weiter. 12 Bastarde aus der Kreuzung einer bestimmten *B. maritima*-Herkunft mit *B. webbiana* keimten nicht und ebensowenig 22 *patellaris*-Bastarde aus der Kreuzung mit drei anderen *maritima*-Herkünften.

Seit dem Jahre 1958 sind Bastarde gepfropft worden, zunächst auf schossende Zuckerrübenunterlagen nach der von JOHNSON (1956) vorgeschlagenen Methode (s. o.). Aus Kreuzungen zwischen Zucker- und Futterrüben mit *B. webbiana* und *B. procumbens* waren 97 F_1 -Knäuel geerntet worden, die 10 Keimlinge ergaben. Sie wurden in den oberen saftigen Teil des Schoßtriebes an der Ansatzstelle eines abgeschnittenen Blattes gepfropft. Alle Reiser wuchsen an, aber nur zwei erreichten das Blühstadium und waren pollensteril. Das eine Bastardreis vertrocknete, bevor es voll aufgeblüht war, das zweite wurde bei voller Blüte 20 cm lang. Die Rückkreuzung mit Zuckerrübenpollen verlief ergebnislos. Die Blüten waren demnach nicht nur männlich, sondern auch weiblich steril. Wegen des kleinen Materials wurden in demselben Jahr umfangreiche Kreuzungen zwischen Zuckerrüben — größtenteils inzwischen entwickelten pollensterilen Exemplaren — und *B. webbiana* durchgeführt.

Von diesen Kreuzungen wurden 461 Bastardknäuel geerntet, die im Jahre 1959 350 Keimlinge ergaben. 300 wurden wieder auf schossende Zuckerrübenunterlagen gepfropft. Doch nur 15 Reiser wuchsen an, und 5 wurden blühreif, aber lediglich 3 so rechtzeitig, daß Zuckerrübenpollen für die Rückkreuzung zur Verfügung stand (Abb. 7, 8). Alle Antheren waren weiß und pollensteril. Die drei Reiser waren in dem Jahre etwas wüchsiger mit einer Länge von 50, 30 und 20 cm und mit 5 bzw. 2 Seitentrieben bei den beiden längsten Pflanzen. Es konnten insgesamt 1013 Blüten rückgekreuzt werden. Die Bestäubungen mit Zuckerrübenpollen wurden mehrmals durchgeführt. Doch der Ansatz blieb wieder aus. Dasselbe traf für die beiden spät blühenden Reiser zu, die mangels Rübenpollen mit Weizenmehl reizbestäubt worden waren.

An Mikrotomschnitten untersuchte junge Blütenknospen zeigten eine normale Embryosackanlage.

Das geprüfte Material von 3 Pflanzen, wenn auch mit über 1000 Blüten, erschien für beweiskräftige Aussagen wiederum zu klein. Der Pfropferfolg von 5% war zu gering. Offenbar ist das Gewebe der Schoßunterlagen in unserem mitteleuropäischen Klima für ein erfolgreiches Verwachsen mit dem Bastardhypokotyl nicht weich genug, während es in Kalifornien etwa 70% überlebende Pfropfungen ermöglichte, die alle geschoßt und zu 60% geblüht haben. Wir haben diese auch arbeitstechnisch unbequeme Methode nach den unbefriedigenden Ergebnissen aufgegeben.

Statt dessen wurden im Jahre 1960 junge, 2 bzw. 3½ Monate alte Zuckerrüben als Unterlagen verwendet in einer Dicke von 3 mm, 6—8 und 6—10 mm. Von 307 *procumbens*- und 32 *webbiana*-Bastarden, die 31% bzw. 6% des Erntesaatgutes aus der Kreuzung mit männlich sterilen Zuckerrüben darstellten, konnten 275 *procumbens*- und 12 *webbiana*-Bastarde mittels eines Sekantenschnittes gepfropft werden (Abb. 9). Die einseitige Schnittfläche des Hypo-



Abb. 7.

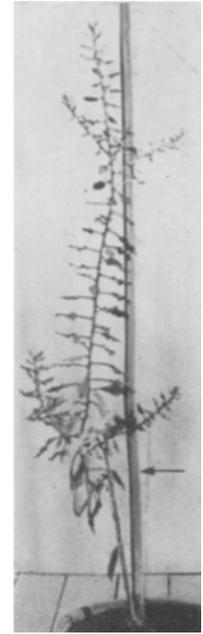


Abb. 8.

Abb. 7. F_1 -Bastard der Kreuzung Zuckerrübe \times *Beta webbiana* bei Schoßbeginn gepfropft auf schossende Zuckerrübenunterlage, \rightarrow gibt Pfropfstelle an.

Abb. 8. Blühender F_1 -Bastard der Kreuzung Zuckerrübe \times *Beta webbiana* gepfropft auf schossende Zuckerrübenunterlage. \rightarrow gibt Pfropfstelle an.

kotyls zeigte in der Unterlage teils nach innen, teils nach außen. Der Pfropferfolg war recht gut und am besten bei den mittleren, 6—8 mm dicken Rübenkörpern. Er betrug hier 80%. Diese Unterlagen waren auch beim Abnehmen des Bastes widerstandsfähiger als die erste 3 mm dicke Serie, bei der durch mehrfaches Abreißen der dünnen Rinde Verluste entstanden, so daß nur 40% weiterwuchsen. Während in den beiden ersten Serien *procumbens*-Bastarde gepfropft waren, standen für die dritte Serie 12 *webbiana*-Bastarde zur Verfügung, von denen 8 angewachsen sind. Alle Pfropfungen standen etwa 3 Wochen im

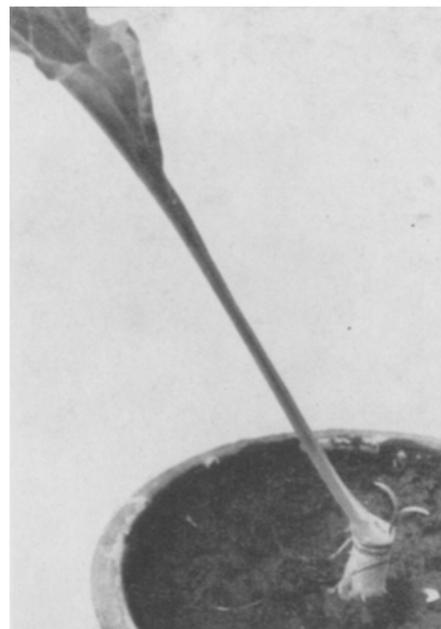


Abb. 9. F_1 -Artbastard aus der Kreuzung Zuckerrübe \times *Beta procumbens* als Keimling gepfropft auf junge, 7 mm dicke Zuckerrübenwurzel.



Abb. 10. Ältere gepfropfte Wildrübenbastarde (Zuckerrübe \times *Beta procumbens*), rechts mit vielen schmalen Blättern und vielen Blattachseltrieben, links mit wenigen breiteren Blättern ohne Triebe.

Schwitzkasten, bis die Reiser — nach dem Erscheinen der Primärblätter zu urteilen — angewachsen waren. Die Blätter der Unterlage waren vor dem Pfropfen bis auf eines weggeschnitten worden, trieben aber immer wieder nach und wurden fortlaufend abgeschnitten. Das stehengebliebene Blatt wurde nach Wachstumsbeginn des Pfropfreises, also nach Herausnahme aus dem Schwitzkasten, entfernt. Von den wachsenden Pfropfreisern blühten 41 rechtzeitig für eine Rückkreuzung mit Zuckerrübenpollen auf, 27 dagegen zu spät, aber noch vor dem 2. 11. 60, und 70 Reiser waren bis zu diesem Termin vegetativ geblieben oder nur geschoßt. Bis Ende Januar 1961 blühten weitere 15 Pflanzen auf. Alle Bastardblüten waren wieder weiß und pollensteril, manche auch von Anfang an schwarz. Die Antheren sind kleiner als die der pollensterilen Zuckerrüben-Samenträger. Vor allem sind sie praktisch leer. Von den rückgekreuzten 41 Bastardreisern hatten 6 Pflanzen zusammen 14 Früchte angesetzt. Doch sie sind nicht gekeimt. Von den erst 1961 zur Blüte gekommenen Bastarden hatten zwei zusammen ebenfalls 14 Früchte (13 + 1) ausgebildet, die auch nicht gekeimt sind.

Genetische Beobachtungen

Aus den dargestellten Schwierigkeiten, Artbastarde der Sektion *Patellares* zu erhalten und zu vermehren, erklärt sich das Fehlen von genetischen Untersuchungen durch mehrere Generationen. Doch einige Beobachtungen könnten an dem vorliegenden Material gemacht werden und liegen auch von anderen Autoren vor.

1. Anthocyanbildung bei den Keimpflanzen

a) Das Hypokotyl der Zuckerrübe ist \pm rosa (R) oder gelbgrün (r) mit Dominanz von R, dasjenige von *B. procumbens* und *B. webbiana* \pm rosa (R), oft kaum unterscheidbar von dem Farbton der Kulturform. Ob beide Gene für roten Farbton identisch sind, bleibt offen. Die F_1 -Bastarde beider Wildrübenarten aus der Kreuzung $RR \times RR$ haben dagegen ein rotes Hypokotyl. Bei den Artbastarden finden wir also eine additive Wirkung. Für $4x$ -*B. patellaris* geben FILUROWICZ und KUŹDOWICZ (1959) die Hypokotylfarbe mit schmutzig-rot an (RRRR) und diejenige der F_1 aus der Kreuzung Zuckerrübe (rr) \times *B. pa-*

tellaris, (RRRR) als schmutzig rötlich. Unsere *B. patellaris*-Keimlinge hatten im Gewächshaus 1961 zunächst ein weißliches und erst dann rötlich werdendes Hypokotyl.

b) Die Keimblätter der Zuckerrübe sind intensiv grün, diejenigen der beiden Wildarten *B. procumbens* und *webbiana* nach voller Entfaltung einheitlich „anthocyangrün“, d. h. durch beigemischtes Anthocyanrot schmutziggrün geworden. Die Längsader ist anthocyanrot. Das Keimblatt ist etwas schmaler als das der Zuckerrübe. Beide Wildarten entwickeln sich normal weiter. Die Artbastarde dagegen wachsen von Anfang an langsamer als Kultur- und Wildart und gehen durchweg nach voller Entfaltung der Keimblätter oder auch erst im 4-Blatt-Stadium ein. Diese Keimblätter sind ebenso anthocyangrün mit roter Längsader gefärbt und ebenso schmal wie diejenigen der reinen Wildarten. Die Keimblattform und -farbe der Wildarten dominieren also. Auf der Blattoberfläche des Bastards sind einige kleine rote Anthocyanpunkte unregelmäßig verteilt. Dieses Muster ist ein Bastardnovum und tritt in gleicher Weise bei *procumbens*- wie *webbiana*-Hybriden auf. Diese Sprenkelung ist 5 Jahre lang ganz regelmäßig bei jeder F_1 -Pflanze aufgetreten, 1961 dagegen erstmals nur bei einigen und dann sehr spät und schwach.

2. Blattform

Die auf die jungen Zuckerrüben gepfropften Bastardreiser entwickeln zwei Wuchstypen: einen mit vielen schmalen länglichen Blättern, aus deren Achselknospen neue Blätter treiben, so daß die Pflanze ein buschiges Aussehen erhält. Dieser Blattypp entspricht mehr dem der Wildarten, ist nur im ganzen größer, und es fehlen die beiden basalen Blattzipfel der Wildarten (Abb. 10 r). Die zweite Wuchsform ist in derselben Abbildung links dargestellt. Sie hat weniger Blätter, die im vegetativen Stadium meist ohne Blattachseltriebe sind. Dieses Blatt ist ebenso lang wie beim ersten Typ, aber etwa dreimal so breit und läßt an der Basis seitlich fast soweit wie das Zuckerrübenblatt aus. Die Tendenz zu der lang ausgezogenen Spreite der Wildart ist dabei noch deutlich ausgeprägt. Dieses F_1 -Blatt nimmt eine intermediäre Stellung ein. Es kommt dreimal so häufig wie der erste Blattypp vor. Abb. 11 zeigt die Blatt-



Abb. 11. Blatttypen der Artkreuzung Zuckerrübe (l.) \times *B. procumbens* (r.), Mitte F_1 -Bastardblätter. 2. von rechts schmale Modifikation des reich beblätterten Wuchstyps, 2. von links breitblättrige Form des schwach beblätterten Wuchstyps.

formen beider Eltern und F_1 -Modifikationen noch einmal an Einzelexemplaren. GASKILL beobachtete bei seinen Mangold-*procumbens*-Bastarden mehr wildrübenartige Blattformen.

Im Bastard scheint sich die Schmalblättrigkeit des *webbiana*-Elter gegenüber dem breitblättrigeren *procumbens*-Elter nicht auszuprägen. Beide F_1 -Blatttypen sind \pm gleich, wie Abb. 7 (*webbiana*-Bastard) und Abb. 10 links (*procumbens*-Bastard) zeigen. Auch bei GASKILL sind die *webbiana* \times Mangold-Bastarde nicht schmalblättriger als die entsprechenden mit *procumbens*. Die von COE gefundene große Formenmannigfaltigkeit der F_1 -Blatttypen, bei der nicht zwei der 25 F_1 -Pflanzen äußerlich gleich waren, haben wir nicht beobachtet.

3. Blühverhalten

Die Zuckerrübe blüht im zweiten Vegetationsjahr, *B. procumbens* und *webbiana* im ersten. Die gepfropften Bastarde blühen nur zum Teil im ersten Jahre (Tabelle 5). Wir fassen die Ergebnisse der drei Jahre 1958—1960 zusammen und setzen damit das Blühverhalten von *B. webbiana* und *procumbens* gleich. Das mag erlaubt sein, wenn auch *B. procumbens* zeitweise unregelmäßiger als *webbiana* blüht. Bei den Blühern sind rechtzeitig und verspätet aufgeblühte Pflanzen unterschieden worden. Berücksichtigt man nur die rechtzeitigen Blüher, dann verhält sich vegetativ zu aufgeblüht wie 3:2, aber unter Hinzunahme der Spätblüher (bis zum 1. 11.) wie 1:1. Dieses letzte Verhältnis können wir etwa zugrunde legen, da 15 von 20 polyploidisierten mitausgewerteten Pflanzen durch die chemische Behandlung in ihrer normalen Entwicklung gehemmt worden sind. Im ganzen äußert sich das blühreife Schossen der F_1 -Pflanzen intermediär. Andere Autoren haben verschiedene Beobachtungen gemacht. Nur JOHNSON berichtet von seinen gepfropften *procumbens*-Bastarden, daß alle geschoßt, aber nur ungefähr 60% geblüht haben. GASKILL dagegen zog 25 Mangoldbastarde mit *B. procumbens* und *B. webbiana* auf eigener Wurzel auf, von denen nur 6 geblüht haben. *Patellaris*-Bastarde verhalten sich nach SAVITSKY 1960 b so wie FILUTOVICZ und KUZDOWICZ anders. Sowohl die 3x-Bastarde (2x Zuckerrübe \cdot 4x *B. patellaris*) wie auch die 4x-Bastarde (4x Zuckerrübe \cdot 4x *B. patellaris*) waren einjährig. Die Schoßdominanz der Zuckerrübe hat sich hier also in jedem Falle voll manifestiert.

Tabelle 5. Blühverhalten der F_1 -Bastardreiser, gepfropft auf Zuckerrübe.

Kreuzung	F_1 -Gen.	Veget.	Blüher	
			rechtzeitig	spät
Futterrübe \times <i>B. webbiana</i>	1958	—	2	—
Zuckerrübe \times <i>B. webbiana</i>	1959	15	3	2
Zuckerrübe \times <i>B. procumbens</i>	1960	50	39	27
Zuckerrübe \times <i>B. webbiana</i>	1960	5	2	1

4. Blütenstand und Fruchtform

Bei den Artkreuzungen sind die geknäuelte Zuckerrübe als weiblicher Partner und die einzelfrüchtigen Wildarten als Pollenspender verwendet worden. Der Blütenbau ist in den Jahren 1959 und 1960 an einigen Stichproben untersucht worden (Tab. 6). Daraus ist ersichtlich, daß die Anzahl der zusammenstehenden

Blüten zwischen 2 und 5 schwankt. Fruchtansatz haben wir sehr wenig erhalten: im Jahre 1960 14 Früchte von 6 Pflanzen und 1961 wieder 14 Früchte von 2 Bastarden. Klare Aussagen über die Fruchtbildung können daher nicht gemacht werden. Das Saatgut war mehr wildrübenartig und monokarp, da nur jeweils eine Blüte der Blütenstände gefruchtet hatte (vgl. HEINISCH, KLAUSS und DARMER). JOHNSON hatte sehr wildrübenartige Knäuel geerntet, die sich bei der Reife leicht in einzelne „locule seeds“ trennen ließen. Die Polykarpie scheint sich bei der Artkreuzung Zuckerrübe \times *B. procumbens* nach den Befunden von JOHNSON intermediär zu vererben. Die Form seiner 500 RF_1 -Früchte ist einheitlich und ähnelt sehr derjenigen der Wildart. Die Fruchtform der Wildart dominiert dort weitgehend. Das ist nach Rückkreuzung der F_1 mit Zuckerrübenpollen überraschend und mit den üblichen genetischen Vorstellungen nicht zu erklären. Es treten keine Aufspaltungen in wildfrüchtig und zuckerrübenknäuelig auf. Das läßt starke meiotische Störungen bei dieser Artkreuzung schließen. Auf polyploider Basis (*B. vulgaris* \times *B. patellaris*) werden nach SAVITSKY (1960b) ebenfalls keine festen F_1 -Knäuel gebildet, sondern jede Frucht hat ihr eigenes Stielchen wie bei *patellaris*, die aber basal zusammengewachsen sind und sich unschwer trennen lassen. Die Fruchtform ist aus beiden Arttypen zusammengesetzt: unten wie *patellaris*, oben wie *vulgaris*. Fruchtbildung und Fruchtform vererben sich also intermediär.

Auch die Blütengröße ist in der F_1 der Kreuzung 4x-*B. vulgaris* \times 4x-*B. patellaris* intermediär.

5. Wuchstyp

Die drei Wildarten der Sektion *Patellares* lagern auf Grund ihrer biegsamen Haupt- und Seitentriebe. Der Haupttrieb der Zuckerrübe ist fester, ohne dabei standfest zu sein. Der Wuchstyp der F_1 -Generation variiert. Doch die weiche Stengelform der Wildart habe ich niemals beobachtet, wohl aber Annäherung an den Zuckerrübenstengel. So verholzt der Haupttrieb häufig oder einige späte Triebe sind kräftig und wachsen aufrecht. Aber einige F_1 -Pflanzen lagern auch ganz mit dünnem, kantigem Haupttrieb gegenüber dem dickeren, rundlichen Wildtrieb. Wenn man die variable Wuchsform überhaupt mit einem Begriff charakterisieren darf, so käme „ \pm intermediär“ den Gegebenheiten am nächsten. Auch COE und JOHNSON haben entsprechende Feststellungen gemacht.

6. Kälteempfindlichkeit

Wir hatten im Herbst 1961 21 gepfropfte Zuckerrübe-*B. procumbens*-Bastarde aus Töpfen ins Frühbeet gepflanzt, die sich gut entwickelt haben. Sie waren generativ und vegetativ. Daneben standen 10 getopfte generative *B. procumbens*-Pflanzen mit 16 etwa fünfblättrigen Zuckerrübenpflanzen als Kontrollen. *B. procumbens* ging nach 2 Nächten mit -2°C und mit -4° bis -5°C ein (20., 21. XI.). Die Bastarde hatten zu der Zeit teilweise erfrorene Triebe und Blätter. In der folgenden 3. Nacht mit -5° bis -6°C gingen sie ganz ein. Die Zuckerrübenkontrolle war nach der 4. und letzten Frostnacht mit -6° bis auf einige erfrorene Altblätter noch gesund. Die Kälte-

empfindlichkeit der Wildart und Bastarde ist in diesem einen Versuch \pm gleich. Sie vererbt sich anscheinend dominant.

Bewurzelungsversuche

Die vorliegenden Artkreuzungen sind auf diploider Basis durchgeführt worden. Die Kreuzungen gelingen, das Bastardsaatgut keimt mäßig, doch eine Bewurzelung der F_1 -Keimlinge bleibt aus. Die Pfropfung der Keimlinge auf junge Zuckerrübenunterlagen gelang gut. Damit ist die erste Aufzuchtsschwierigkeit überwunden. Doch das Ziel muß naturgemäß eine eigene Wurzelbildung der Bastarde sein. Als Vorversuch dafür haben wir im Jahre 1960 77 junge, etwa 4-blättrige Schoßtriebe, die sich bei einer Anzahl der gepfropften Bastarde reichlich in den Blattachselsn gebildet hatten, herausgeschnitten und mit Wuchsstoffen behandelt. Es wurde ein Gemisch von Indol-3-buttersäure und Naphthyl-1-Essigsäure im Verhältnis 1:1 verwendet. Die Konzentration war a) 50 mg/1 l H_2O , b) 100 mg/1 l H_2O . Die Behandlungszeit betrug 14 Stunden. Der Versuch verlief negativ. Die Triebstecklinge bewurzelten sich nicht.

Tabelle 6. Blütenstände bei F_1 -Bastarden der Kreuzungen Zuckerrübe \times *Beta procumbens*.

Jahr	F_1 -Bastarde	Ort	Blütenzahl	Blütenstände	Anzahl Blüten je Blütenstand
1959	Nr. 64	Haupttrieb	330	77	4,3
		1. u. 2. Seitentrieb	332	112	3,0
		3. Seitentrieb	141	42	3,4
	Nr. 55	1. Seitentrieb 20 cm lang	53	24	2,0
		2. Seitentrieb 40 cm lang	172	73	2,4
	Nr. 40	Haupttrieb ca. 20 cm lang	63	31	2,0
1960	Nr. 57	Haupttrieb	120	54	3,5
		1. Seitentrieb	117	31	3,8
		2. Seitentrieb	112	28	4,0
	Nr. 55	Haupttrieb	231	46	5,0
	Nr. 84	Haupttrieb	113	26	5,0
	Nr. 78	Haupttrieb	58	20	2,9
	Nr. 58	Haupttrieb	47	11	4,3
Nr. 42	Haupttrieb	92	18	5,1	

Um zu prüfen, wie sich die Keimpflanzen selbst verhalten, haben wir im Frühjahr 1961 21 *procumbens*- und *webbiana*-Bastarde mit derselben Mischung beider Chemikalien (100 mg/1 l H_2O) 24 Stunden behandelt. 4 *procumbens*-Bastarde entwickelten sich bis zum 4-Blatt-Stadium, blieben auf dieser Stufe mehrere Wochen stehen und vertrockneten dann. Sie hatten einige Seitenwurzeln von Anfang an ausgebildet, aber keine zusätzlichen. Die übrigen 17 *procumbens*-Bastarde waren schon im Keimblattstadium eingegangen. Alle diese Pflanzen waren etwas größer als die 10 *webbiana*-Bastarde, die vor und nach der chemischen Behandlung keine Folgeblätter hervorbracht haben, sondern bald eingingen. Mit diesen Wuchsstoffen ließen sich also die 21 Keimpflanzen der *procumbens*- und *webbiana*- F_1 -Artbastarde nicht bewurzeln. Auch JOHNSON gelang das nicht (ohne nähere Angaben).

Besprechung der Ergebnisse

Sterilität der Artbastarde

Die durchgeführten Artkreuzungen mit *Beta procumbens* und *webbiana* werden durch zwei Barrieren erschwert. Zunächst bilden die Bastarde keine Wurzeln. Ein Bewurzelungsversuch mit einem Gemisch zweier Chemikalien änderte daran nichts. Die zweite Barriere ist die starke Sterilität. Sämtliche Artbastarde sind pollensteril. Doch auch Rückkreuzungen mit Zuckerrübenpollen haben meist keine Früchte ergeben, niemals in Verbindung mit *B. webbiana* wie auch bei anderen Autoren, und mit *B. procumbens* sind im ganzen nur verschwindend wenige Früchte

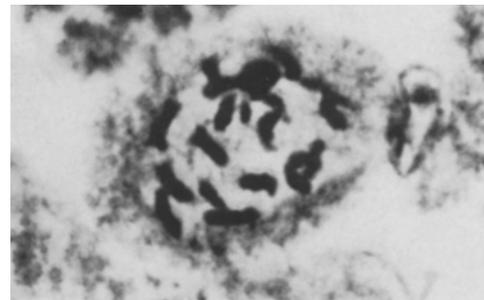


Abb. 12. Artbastard der Kreuzung Zuckerrübe \times *Beta procumbens* mit Univalenten im Diakinese-Stadium (H. E. FISCHER).

geerntet worden. Das bedeutet, daß auch die Eizellen der Artbastarde in unseren Versuchen praktisch funktionslos gewesen sind. Hierfür sind offenbar große zytologische Störungen verantwortlich. Abb. 12 zeigt, daß der Artbastard Zuckerrübe \times *B. procumbens* in der Diakinese 18 Univalente enthält, die sich zufallsgemäß auf die Pole verteilen. Eingehendere Untersuchungen hat H. SAVITSKY (1957, 1960a) durchgeführt, die Artbastarde zwischen *B. maritima* und *B. procumbens* sowie zwischen Mangold und *B. webbiana* zytologisch analysiert hat. Zwar kann man die Zuckerrübe chromosomal nicht a priori mit *B. maritima* gleichsetzen. Doch da sich beide Formen als Artbastarde mit *B. procumbens* praktisch gleich verhalten und auch H. SAVITSKY Mangold \times *webbiana*-Bastarde mit den *maritima-procumbens*-Bastarden vergleicht, wollen wir ihre zytologischen Ergebnisse ebenfalls zur Erklärung unserer Befunde mit heranziehen. Bei den *maritima-procumbens*-Bastarden beobachtete H. SAVITSKY eine ziemlich reguläre 1. meiotische Teilung (82%). Auch die vorhandenen Univalente teilten sich. In der 2. Meta- und Anaphase dagegen teilten sich nur wenige Chromosomen, und Univalente taten das zum zweiten Mal auch nur selten. Das führte dazu, daß alle RF_1 infolge asynaptischer Restitutionskerne triploid oder fast triploid waren. H. SAVITSKY schließt außerdem aus ihrer RF_1 , daß die Nachkommen der F_1 -Pflanzen die Chromosomen der Wildrüben tragen. Sie bestätigt gleichzeitig unseren Schluß, daß eine Polyploidisierung der Partner oder Bastarde für eine erfolgreichere Fortsetzung der Versuche wichtig ist. In diesem Sinne sind bei uns Colchizinierungen an erneut gepfropften Triebstecklingen der Bastarde durchgeführt worden. Zwei Monate nach der Behandlung wurden außer hochpolyploiden Trieben 2 überwiegend tetraploide und 5 tetraploide gefunden.

Ökologie der diploiden Wildarten

Die beiden Arten *B. procumbens* und *B. webbiana* verhalten sich in unserem mitteleuropäischen Klima anders als an ihrem natürlichen Standort, den Kanarischen Inseln. BURCHARD (1929) beschreibt in seiner großen Monographie „Beiträge zur Ökologie und Biologie der Kanarenpflanzen“ *Beta procumbens* als Holzgewächs, „einen weitverbreiteten, nahe den Gestaden auf Felsboden meist gesellig wachsenden Strauch mit sehr reicher Verästelung und sukkulenten, dunkelgrünen, fleischigen Blättern“. Sie wächst dort also ausdauernd¹), bei uns dagegen infolge des einsetzenden Frostes einjährig. Die Verholzung wird nach dem ersten Vegetationsjahr erfolgen, in dem diese Art bei uns krautig bleibt. Auch die sukkulenten Blätter, Anpassungserscheinungen an das subtropische Klima des 28. Breitengrades, fehlen bei uns völlig. *Webbiana* ist nach BURCHARD auf den Kanaren „eine kleine, wesentlich seltenere Art, welche nicht auf die Nähe der Gestade beschränkt ist, sondern bis zu einigen hundert Metern Höhe über dem Meeresspiegel als sehr reich verzweigter, kleiner Felsenstrauch mit feinen, herabhängenden Zweigen auftritt und durch ihre kleinen, orangeroten Früchtchen auffällt. Die Blättchen sind glatt, nicht fleischig und dreieckig-pfeilförmig, 2—3 cm lang“. Auch diese Art ist an ihrem natürlichen Standort ein Holzgewächs¹, wie es für die Felsenflora dort charakteristisch ist, in unseren Breiten dagegen ebenfalls krautig und annuell, da sie durch Frost eingeht. Die Blätter sind in beiden Klimaten nicht fleischig wie *procumbens* bei uns. Der Wuchstyp von *webbiana* gleicht demjenigen von *procumbens* in unserem Schaugarten. Auf den Kanarischen Inseln dagegen wird *webbiana* als klein und, synonym, sogar als *pumila*, zwerghaft, bezeichnet. Überraschend ist bei *webbiana* auch das Orangerot der Fruchtfarbe, die bei uns schwarzbraun wie bei *procumbens* ist. Auf den Kanaren unterscheiden sich die beiden *Beta*-Arten also deutlich voneinander und vermischen sich offenbar auch nicht. Bei uns im Schaugarten dagegen sind beide Wildarten einander ähnlich geworden und unterscheiden sich lediglich durch die breitere Blattform und den unregelmäßigeren Blütensatz bei *procumbens*. Bastardierungen kommen vor.

Phylogeneses

Phylogenetisch stellt die Sektion *Patellares* eine sehr interessante Artengruppe dar. Sie ist in sich geschlossen, hat sich aber durch ihre Insellage vom Gattungstyp entfernt. Lediglich der Bau der einzelnen Blüte ist gattungstreu geblieben. Für *Beta*-Pflanzen sehr ungewöhnlich sind die Blattformen, die in der Reihenfolge *patellaris-procumbens-webbiana* immer schmalere und xerophytischer geworden sind. Sie lassen jegliche Ähnlichkeit mit den Blättern der übrigen *Beta*-Wildarten vermissen und erscheinen so recht als Selektionsprodukte eines immer trockener werdenden Inselklimas, in dem sich schließlich solche bizarren Endemismen wie *B. webbiana* herausdifferenziert haben.

Auch die verzweigten Wurzeln sind an die Felsgestade (*B. procumbens*) und außerdem an die Felshänge

¹ Nach persönlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. MEUSEL wächst sie nur einige Jahre.

(*B. webbiana*) gut angepaßt. Wahrscheinlich haben sich — wie bei allen anderen *Beta*-Wildarten — zu Beginn der Entwicklung hier und da auch dickere Wurzelkörper gebildet. Doch sie besaßen in dem Felsuntergrund keinen positiven Selektionswert und sind ausgemerzt worden. Daß auch *patellaris* dieselbe Wurzelform trotz ihrer geographischen Ausdehnung bis Madeira, Marokko und Südspanien besitzt, spricht für eine geologisch sehr frühzeitige, gleichartige Selektion unter Felsenbedingungen.

Lediglich diese drei Wildarten haben nun auch die Resistenz gegen Nematoden erworben. Keine der übrigen weit verbreiteten 9 *Beta*-Wildarten besitzt sie sonst. Das läßt darauf schließen, daß alle drei Arten sich aus einer Stammform differenziert haben und daß bei dieser einen Ausgangsform die seltene Variation anfällig → resistent erfolgt ist. Auch das ist wohl auf engem Raum im Bann der Isolation geschehen.

Wer könnte diese Stammform sein? Da Wildformen durchgehend Fremdbefruchter sind (DARWIN 1876), wollen wir das auch für diese Überlegungen annehmen. Das sind *B. procumbens* und *webbiana*. *B. webbiana* ist auf die Kanaren begrenzt und wird als seltene Art bezeichnet. Ihre pfriemenartige Blattform ist die differenzierteste unter den drei Arten und am stärksten an das Trockenklima der Inseln angepaßt. Die Art wird daher eine abgeleitete Form sein, und zwar von *B. procumbens*. Diese besiedelt ein größeres Areal, die Kanarischen und Kap Verdischen Inseln. Ihre Blattspreite ist langdreieckig, dergegenüber die Pfriemenform von *webbiana* durch Reduktion in der Breite — gleichzeitig mit starker Ausprägung basaler Zipfel — entstanden sein kann. Für die Entstehung der Monokarpie bestehen zwei Möglichkeiten: entweder war sie von vornherein ausgebildet oder ist sekundär aus einer geknäuelten Form durch Mutation entstanden. Da dieses Merkmal sich rezessiv vererbt und die Wild-eigenschaften meist dominant sind, darf man wohl schließen, daß die Monokarpie mutativ aufgetreten ist. Bei einem Fremdbefruchter kann dieser Vorgang bis zur Manifestierung lange Zeiten erfordern. Da er sich in der Gattung *Beta* mehrmals abgespielt hat, wie bei der streng selbststerilen *B. lomatogona* und bei *B. nana*, ist die Mutabilität des Gens M für Polykarpie oder die Anzahl dieser Gene offenbar nicht gering. Unter diesem Gesichtspunkt kann die selbststerile *B. procumbens* monokarp geworden sein und die Ausgangsart darstellen.

Aus ihr müßten wir uns auch *B. patellaris* entstanden denken. Danach wäre sie zunächst selbststeril gewesen. Dieser Typ ist offenbar nicht mehr vorhanden; denn alle Autoren sprechen wie selbstverständlich von ihrer Selbstfertilität. Doch das europäische Material kann von wenigen oder sogar einem Muster abstammen. Man müßte im Verbreitungsgebiet selbst vielerorts Proben sammeln. Daß sich aus selbststerilen Arten selbstfertile Linien abgezweigt haben — vor allem in Verbindung mit Tetraploidisierung —, dafür finden wir bei den Kulturpflanzen genug Beispiele. *B. patellaris* müßte ursprünglich auch diploid gewesen sein. Nach früheren Angaben von 4 Autoren aus der Zeit von 1930—1946 (s. E. KNAPP 1958) ist das auch der Fall gewesen. Doch die Chromosomenzahl $2n = 18$ ist jetzt nicht wieder gefunden worden.

Alle Muster sind tetraploid $2n = 36$, auch diejenigen bei uns (H. E. FISCHER unveröffentlicht). Möglicherweise haben beide Typen nebeneinander bestanden, oder es gibt sie auch heute noch. Ob sich *B. patellaris* als di- oder tetraploide Form von den Kanaren auf ihr heutiges Areal in Madeira, Nordwestafrika und Südspanien ausgedehnt hat, müßte an Originalmaterial geprüft werden. $4x$ -*B. patellaris* zeichnet sich durch breit-dreieckige Blätter aus. Daß diese Verbreiterung des Blattes gegenüber dem von *procumbens* in Verbindung mit der Polyploidisierung steht, ist nicht ausgeschlossen und hätte ihre Parallele in dem $4x$ - und $2x$ -Zuckerrübenblatt.

Vom geologischen Gesichtspunkt aus ist auch eine andere Entstehungsweise möglich. Nach BURCHARD sind die westafrikanischen Inseln vulkanischen Ursprungs und aus dem Meer aufgestiegen, ohne jemals mit dem Festland verbunden gewesen zu sein. Danach müßte die Ursprungsform in NW-Afrika entstanden und von dort auf die Inseln gebracht worden sein. Sie war offenbar selbststeril und diploid gewesen. Aus ihr hätte sich *B. procumbens* entwickelt haben können, von der sich *B. webbiana* abgezweigt hat. *B. patellaris* kann sich auch selbständig aus dem Ursprungstyp differenziert haben und sekundär auf das Festland gekommen sein. Es gibt noch weitere Denkmöglichkeiten, die jedoch ohne Prüfung des gesamten *patellaris*-Materials zu spekulativ sein würden.

Zusammenfassung

Morphologische und physiologische Eigenschaften der drei Wildarten *B. procumbens*, *B. webbiana* und *B. patellaris* werden beschrieben und Kreuzungsversuche zwischen Zuckerrübe und *B. procumbens* sowie *B. webbiana* mitgeteilt. Die Artbastarde, die keine Wurzeln bilden, sind durch Keimlingspflanzung auf junge Zuckerrübenkörper mit 80% Erfolg aufgezogen worden. Der Fruchtansatz war sehr schwach. Einige genetische Beobachtungen der F_1 -Artbastarde werden angeführt. Bewurzelungsversuche mit Chemikalien sind erfolglos verlaufen. Das ökologische Verhalten und die Phylogenie der drei Wildarten werden diskutiert.

Literatur

1. BORNSCHEUER, E., und E. SCHLÖSSER: Über Kreuzungen von *Beta vulgaris* mit Arten der Sektion Patellares der Gattung *Beta*. Zucker 14, 140—142 (1961). —

2. BURCHARD, O.: Beiträge zur Ökologie und Biologie der Kanarenpflanzen. Stuttgart 1929. — 3. COE, G. E.: A grafting technique enabling an unthrifty interspecific hybrid of *Beta* to survive. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 8, II, 157 (1954). — 4. COLIN, H., et M. PICAULT: L'espèce spontanée *Beta patellaris* Moq.-Tond. Compte Rendu Déf. IV. Ass. Inst. Intern. Rech. Better. 105—109. Janv. 1934. — 5. COONS, G. H.: The Wild Species of *Beta*. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. II, 142—147 (1954). — 6. DARWIN, Ch.: Die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich. 1867 in: Gesammelte Werke Bd. 10, Übers. Carus Stuttgart 1877. — 7. FILUTOWICZ, A., und A. KUZDOWICZ: Artbastarde zwischen Zuckerrüben und *Beta patellaris* Moq. Der Züchter 29, 179—183 (1959). — 8. GASKILL, J. O.: Viable hybrids from matings of chard with *Beta procumbens* and *B. webbiana*. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. II, 148—152 (1954). — 9. GOLDEN, A. M.: Susceptibility of several *Beta* species to the sugar beet nematode (*Heterodera schachtii*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 444—447 (1959). — 10. HEINISCH, O., M. L. KLAUSS und G. DARMER: Entwicklung und Bau des Rübenknäuels im Hinblick auf seine Zertrümmerungsfähigkeit und die Bedeutung des Zuchtzieles „Einzelfruchtigkeit“. Züchter 22, 79—84 (1952). — 11. HIJNER, J. A.: De gevoeligheid van wilde bieten voor het bietencystenaaltje (*Heterodera schachtii*). Meded. Inst. Rationele Suikerproductie 21, 1—13 (1952). — 12. JOHNSON, R. T.: A grafting method to increase survival of seedlings of interspecific hybrids within the genus *Beta*. Americ. Soc. Sug. Beet Techn. IX, 1, 25—31 (1956). — 13. KNAPP, E.: Beta Rüben. In: KAPPERT und RUDORF, Hdb. d. Pflanzenzüchtung III, 196—284 (1958). — 14. LICHTER, R.: Eine verbesserte Pfropfmethode zur Erhöhung der Lebensfähigkeit von Artbastarden zwischen *Beta vulgaris* und Arten der Sektion Patellares. Zucker 13, 146—148 (1960). — 15. OLDEMEYER, R. K.: Viable interspecific hybrids between wild species in the section *Vulgares* and species in the section *Patellares* in the genus *Beta*. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 8, II, 153 (1954). — 16. OLDEMEYER, R. K., and H. E. BREWBAKER: Interspecific Hybrids in the Genus *Beta*. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. IX, 15—18 (1956). — 17. SAVITSKY, H.: Meiosis in an F_1 -hybrid between a Turkish wild beet (*Beta vulgaris*, ssp., *maritima*) and *Beta procumbens*. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. XI, 1, 49—67 (1960). — 18. STEWART, D.: Sugar beet \times *Beta procumbens*, the F_1 and backcross generations. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 6, 176—179 (1950). — 19. ULBRICH, E.: Chenopodiaceae. In: ENGLER und PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien 16c, 379—584 (1934). — 20. VILMORIN, J. L. de: L'hérédité chez la betterave cultivée. Paris (1923). — 21. SAVITSKY, H., and J. O. GASKILL: A cytological study of F_1 hybrids between swiss chard and *Beta webbiana*. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. IX, 433—449 (1957). — 22. SAVITSKY, H.: Viable diploid, triploid and tetraploid hybrids between *Beta vulgaris* and species of the section *Patellares*. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. XI, 215—235 (1960b).

BUCHBESPRECHUNGEN

DITTRICH, M.: Getreideumwandlung und Artproblem. Jena: VEB Gustav Fischer 1959. 218 S., 37 Abb. Geb. DM 20,15.

Die erstaunliche Tatsache, daß in einem Land mit hervorragenden Traditionen auf dem Gebiet der Kulturpflanzenforschung und -systematik in den vergangenen Jahren das uralte Problem der Getreideumwandlung durch LYSSENKOS These der sprunghaften Entstehung der Arten von neuem auflebte, war für den Verf. Anlaß zu einem eingehenden Studium der Quellen und philosophischen Hintergründe des durch die Jahrhunderte fortlebenden Transformationsgedankens. Wenn man der historischen Darstellung folgt, die Verfechter und Kritiker des Transformationsproblems in chronologischer Folge an Hand ausführlich zitierter Quellen gleichermaßen zu Worte kommen läßt, nimmt man um so erstaunter zur Kenntnis, wie seit 1948 in der Sowjetunion Roggen aus Weizen, Gerste aus Weizen, Roggen aus Hafer, ja sogar Erle aus Birke, Fichte aus Kiefer usw. entstehen können.

Dem Hauptteil des Buches folgt eine kurze Diskussion der Problemgeschichte der Transmutatio frumentorum und der Geschichte des Artproblems. Im Anhang kann sich der Leser an Hand von 10 Tab. schnell über die verschiedensten Fragen, die mit der Getreideumwandlung zusammenhängen, orientieren. Dem Verlag ist für eine ausgezeichnete Ausstattung des Buches zu danken. Die Behandlung des gegenwärtigen Standes des Problems schließt der Verfasser mit einem Ausspruch MITSCHURINS, dem der Ref. nichts hinzuzufügen hat: „Die Menschen sind gewöhnt, sobald sie irgendein kleines Loch im Vorhang gefunden, mit dem die Natur die Geheimnisse verdeckt, und durch dieses Loch einen geringfügigen Teil der Rätsel erblickt haben, großsprecherisch von der Unterwerfung der Natur zu reden, haargenau so, wie in der Krylowschen Fabel die Fliege auf den Hörnern des Ochsen sich einbildete, daß sie mit einem Pflug gepflügt habe“.

M. Zacharias, Gatersleben