

Resistenz gegen alle, d. h. sowohl die allgemeinen wie die abweichenden Rassen zu kontrollieren.

7. In Bastarden der 4. Rückkreuzung mit *S. tuberosum* ist die Kombination von Resistenz mit Sorteneigenschaften gut gelungen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Beihilfe zur Durchführung der Untersuchung. Fr. Marianne Benter und Fr. Gisela Behrndt bin ich für die technische Assistenz zu Dank verbunden.

Literatur

1. BECKER, G., u. K. SKIEBE: Eine neue Methode der Colchizinbehandlung. *Der Züchter* 25, 161—163 (1955). —
2. COLE, C. S., and H. W. HOWARD: The genetics of resistance to potato root eelworm of *Solanum tuberosum* subspecies *andigenum* clone C.P.C. 1690. *Euphytica* 6, 242—246 (1957). —
3. DUNNETT, J. M.: Variation in pathogenicity of the potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Woll.) and the significance in potato breeding. *Euphytica* 6, 77—89 (1957). —
4. DUNNETT, J. M.: Variation in pathogenicity of the potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Woll.): Technique and results of testing wild potatoes for resistance. *Tagungsber. d. Dtsch. Akad. d. Ldwtsch. wiss.* 20, 107—120 (1959). —
5. DUNNETT, J. M.: Potato breeder's strains of root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Woll.). *Nematologica* 2, 84—94 (1960). —
6. DUNNETT, J. M.: Inheritance of resistance to the Duddingston strain in the breeding line stemming from *Solanum multidissectum*. Thesis, Cambridge 1961. —
7. DUNNETT, J. M., C. A. HUIJSMAN and H. ROSS: Differentiation of races of *Heterodera rostochiensis* by means of major genes for resistance in *Solanum (Tuberarium)* species. *Euphytica* 11, (1962). —
8. ELLENBY, C.: Resistance to the potato root eelworm. *Nature*, London, 162, 704 (1948). —
9. ELLENBY, C.: Resistance to the potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Nature*, London 170, 1016 (1952). —
10. FISHER, R. A.: The theory of inbreeding, London 1949. —
11. FISHER, R. A., and K. MATHER: The inheritance of style length in *Lythrum salicaria*. *Ann. Eugen.* 12, 1—23 (1943). —
12. FRANDSEN, N. O.: pers. Mitt. (1961). —
13. GOFFART, H.: Fortschritte auf dem Gebiete der Züchtung nematodenresistenter Kartoffelsorten. *Der Kartoffelbau* 8, 10 (1957). —
14. GOFFART, H., u. H. ROSS: Untersuchungen zur Frage der Resistenz von Wildarten der Kartoffel gegen den Kartoffelnematoden (*Heterodera rostochiensis* Woll.). *Der Züchter* 24, 193—201 (1954). —
15. HOWARD, H. W.: Biotypes of potato root eelworm in Great Britain. *Tagungsber. d. Dtsch. Akad. d. Ldwtsch. wiss.* 20, 95—106 (1959). —
16. HUIJSMAN, C. A.: Veredeling van de Aardappel op resistente tegen *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Mededelingen Nr. 14 van de Stichting voor Plantenveredeling* 1—85 (1957). —
17. HUIJSMAN, C. A.: Neue Entwicklungen in der Züchtung von resistenten Kartoffeln gegen *Heterodera rostochiensis*. „Eucarpia“ 2. Kongr. d. Europ. Ges. f. Züchtungsf. Köln 1959, 139—143 (1959). —
18. HUIJSMAN, C. A.: Some data on the resistance against the potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Woll.) in *Solanum kurtzianum*. *Euphytica* 9, 185—190 (1960). —
19. JONES, F. G. W.: Resistance-breaking biotypes of the potato root eelworm. *Nematologica* 2, 185—192 (1957). —
20. LAAN, P. A. VAN DER, and C. A. HUIJSMAN: Een eerste aanwijzing voor het bestaan van biotypen van het aardappelcystenaaltje, welke zich sterk kunnen vermeerderen in resistentie nakomelingen van *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*. *Tijdschr. Pl. Ziekten* 63, 361—365 (1957). —
21. QUEVEDO, A., J. E. SIMON u. H. J. TOXOPEUS: Estudios de resistencia a la „anguilula dorado“ de la papa. *Inf. Mens. Est. Exp. Agr. (Lima)* 347, 10—15 (1956). —
22. ROSS, H.: unveröffentlicht (1961). —
23. ROSS, H.: Resistenzzüchtung und pathogene Rassen. *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 74, 389—404 (1962). —
24. ROTACKER, D.: Beiträge zur Resistenzzüchtung gegen den Kartoffelnematoden. I. Prüfung von Primitiv- und Wildkartoffeln auf das Verhalten gegenüber dem Kartoffelnematoden. *Der Züchter* 27, 124—132 (1957). —
25. ROTACKER, D., and H. FIEDLER: Die Erzeugung polyploider Kartoffelpflanzen nach der Ppropfcolchicinierungsmethode. *Der Züchter* 27, 183—186 (1957). —
26. ROTACKER, D., and H. STELTNER: Beiträge zur Resistenzzüchtung gegen den Kartoffelnematoden (*Heterodera rostochiensis* Wollenweber). II. Untersuchungen über die Vererbung der Nematodenresistenz bei den Arten *S. vernei* Bitt. et Wittm. und *S. tuberosum* L. subsp. *andigena* (Buk.) Hawkes. *Der Züchter* 27, 341—350 (1957). —
27. SCHICK, R., und H. STELTNER: Das Auftreten aggressiver Formen des Kartoffelnematoden in der Deutschen Demokratischen Republik. *Tagungsber. d. Dtsch. Akad. d. Landwirtsch. wiss.* 20, 121—130 (1959). —
28. SEYFFERT, W.: Theoretische Untersuchungen über die Zusammensetzung tetrasomer Populationen. I. Panmixie. *Biometrische Zeitschrift* 2, 1—44 (1960). —
29. SWAMINATHAN, M. S.: Einige Verfahren für die Verwendung wilder *Solanum*-Arten zu Zuchzwecken. *Der Züchter* 20, 358—360 (1950). —
30. TOXOPEUS, H. J., and C. A. HUIJSMAN: Breeding for resistance to potato root eelworm. I. Preliminary data concerning the inheritance and the nature of resistance. *Euphytica* 2, 180—186 (1953). —
31. WITTMACK, L.: Einige neue *Solanum*-Arten aus der *Tuberarium*-Gruppe. *Engl. Bot. Jahrbücher* 50, 529—555 (1914). —
32. WANGENHEIM, K.-H. v., N. O. FRANDSEN und H. ROSS: Über neue Ergebnisse zur Cytologie und verwandte Fragen bei *Solanum*. *Z. f. Pflanzenzüchtg.* 37, 41—76 (1957).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen über die Stoffproduktion bei diploidem und tetraploidem Rotklee (*Trifolium pratense* L.)*

Von K. BELLMANN

Mit 10 Abbildungen

Junge, artifizielle Polyploide unterscheiden sich auf Grund ihrer tetrasomen Spaltung genetisch und wegen ihres vergrößerten Zellvolumens auch physiologisch von ihren diploiden Ausgangsformen sehr deutlich. Diese beiden Besonderheiten müssen in Zuchtprogrammen für Tetraploide berücksichtigt werden. Welche Konsequenzen sich für die Pflanzenzüchtung durch die genetisch-evolutionistischen Unterschiede zwischen Diploiden und Tetraploiden er-

* Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. HANS STUBBE zum 60. Geburtstag gewidmet.

geben, hat FOCKE (1959) am Beispiel der Kleezüchtung gezeigt.

Während die genetischen Besonderheiten einen Einfluß auf Dauer und Verfahren der Züchtung ausüben, sollten die physiologischen Eigenheiten artifizieller Polyploider bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Einzelpflanzen oder -stämmen mehr als bisher beachtet werden.

Ziel der Futterpflanzenzüchtung ist es, Formen zu schaffen, die unter den gegebenen agrotechnischen Bedingungen höchste Futtererträge liefern. Dabei

dient meist der im Feldversuch ermittelte Ertrag als Hauptselektionsmerkmal. Diese Auslese könnte jedoch rationeller erfolgen, wenn die Leistungsfähigkeit eines Stammes nicht erst an Hand des Endertrages festgestellt würde, sondern vor dem Anlegen umfangreicher Feldprüfungen eine Vorauslese auf Ertrag erfolgen könnte.

Voraussetzung für eine solche Vorauslese ist eine genaue Kenntnis über den Verlauf der Ertragsbildung, über die Abhängigkeit der Stofferzeugung von der Umwelt und über die Ursache dieser unterschiedlichen Abhängigkeit. Wenn es gelingt, Beziehungen zwischen leicht und möglichst schon an der jungen Pflanze erfaßbaren, stark heritablen morphologischen und anatomischen Merkmalen oder physiologischen Reaktionen und dem Ertrag zu finden, könnte bei einer vorgegebenen Witterung der zu erwartende Endertrag mit einer für praktische Bedürfnisse ausreichenden Wahrscheinlichkeit geschätzt werden.

In den vergangenen 20 Jahren sind eine große Anzahl von vergleichenden Untersuchungen über die Morphologie, Anatomie und Physiologie künstlich hergestellter Polyploider und ihrer diploiden Vergleichsformen bei den verschiedensten Pflanzenarten vorgenommen worden (zusammenfassende Darstellungen bei RAMANUJAM und PARTHASARATHY 1953, METHA und SWAMINATHAN 1957 und SCHWANITZ 1959 a und b). Da die beschriebenen Veränderungen je nach Art und Varietät verschieden stark ausgeprägt sind und zum Teil auch in verschiedener Richtung verlaufen, fällt es schwer, eine allgemein gültige Tendenz für Tetraploide abzuleiten. Bei sehr vielen dieser Untersuchungen ist die Forderung des praktischen Züchters nach ausreichenden Kenntnissen über Zusammenhänge zwischen anatomischen, morphologischen und physiologischen Besonderheiten der artifiziellen Polyploiden und ihrem Endertrag und über die besonderen Reaktionsnormen auf wechselnde Umweltbedingungen zu wenig berücksichtigt worden.

Im folgenden soll deshalb versucht werden, Zusammenhänge zwischen dem Ertrag von 2x und 4x Rotklee und der Umwelt und einigen für die Stoffproduktion wichtigen Faktoren — Blattfläche und Assimulationsleistung (WATSON, 1952, HUBER und POLSTER 1955, SCHWARZE 1958) — zu finden.

Material und Methode

In Gefäßversuchen wurde in den Jahren 1955 bis 1957 bei verschiedener Wasserversorgung die Abhängigkeit des Grünmassenertrages von zwei aussichtsreichen tetraploiden Stämmen des Groß-Lüsewitzer Zuchtmaterials (St. 785a und St. 227) und von Lembkes Rotklee von der Temperatur, der rel. Luftfeuchte und der Bodenfeuchte innerhalb der jeweiligen Wasserstufe vergleichend geprüft. Das Variieren der Wasserversorgung erfolgte in drei Stufen: sehr feucht > 85% WK (= FF), feucht 85—55% WK (= F) und trocken < 55% WK (= T). In jedem Jahr wurden drei Schnitte geerntet. Die Zahl der Wiederholungen war unterschiedlich (1955 FF, F, T: 3; 1956 und 1957 FF: 8, F: 4, T 8). In jedes Gefäß wurden 21 Pflanzen pikiert.

Weiterhin haben wir im Jahr 1958 den Verlauf der Stoffproduktion in Abhängigkeit von Wasserversorgung (Feucht- und Trockenkultur) und Witterung

untersucht. In 7tägigem Abstand erfolgten 6 Schnitte mit je 4 Wiederholungen.

Es wurden folgende Merkmale untersucht: Frischgewicht und Trockengewicht der oberirdischen Pflanzenteile, Trockengewicht der Wurzeln, Blattfläche (mit Hilfe von Diazolidpapierlichtpausen), Wasserverbrauch (wöchentliche Wasserabgabe je Gefäß bezogen auf die im Mittel dieser Woche vorhandene doppelte Blattfläche je Gefäß), Assimulationsleistung (wöchentlicher Zuwachs an Trockenmasse je Gefäß bezogen auf die im Mittel dieser Woche vorhandene doppelte Blattfläche je Gefäß), Stomatazahl, -länge und -breite, Transpiration (120 Minuten lang an abgeschnittenen Blättern, die in Wasser gestellt waren und zusätzlich belichtet wurden, Bezug auf doppelte Blattfläche), Sukkulenzgrad und Sättigungsdefizit (nach PAECH und SIMONIS 1952) und der Welkegrad nach mangelnder Wasserversorgung (Bonitur 1 = ohne Schlafftracht, 2 = Blattspreiten schlaff, 3 = Blattspreiten und Blattstiele schlaff).

Statistische Bearbeitung des Materials

Zur statistischen Bearbeitung des Materials aus den Jahren 1955—1957 wurde zunächst der Fehler des Einzelversuches nach

$$s_F^2 = \frac{SSQ_{1-v}}{(r-1)(v-1)}$$

berechnet und eine VA durchgeführt (Tab. 1), wobei der Durchschnittsfehler der Gesamtversuchsserie nach

$$s_{pe}^2 = \frac{\frac{s_1^2}{r_1} + \frac{s_2^2}{r_2} + \dots + \frac{s_w^2}{r_{ws}}}{w \cdot s \cdot j}$$

bestimmt wurde.

Sortenspezifische Reaktionen bei den drei Wasserstufen waren im Mittel der Schnitte und Jahre nicht nachweisbar. Da jedoch die Interaktion dritten Grades signifikant ist, muß angenommen werden, daß die Sorten bei den einzelnen Wasserstufen auf die Bedingungen während der einzelnen Aufwüchse (Schnitte) und Jahre verschieden reagiert haben.

Es wurde deshalb der Versuch gemacht, den spezifischen Einfluß der Umweltbedingungen (Tagesmittel der Temperatur = x_1 , Tagesmittel der rel. Luftfeuchte = x_2 , Tagesmittel der %WK = x_3) während verschiedener Entwicklungsphasen auf den Grünmassenertrag von Lembkes Rotklee (= y_{2x}) und der beiden polyploiden Stämme (y_{4x}) sowie auf deren Relativvertrag ($4x : 2x = y_{4x rel.}$) zu ermitteln. Die Möglichkeit, den gemeinsamen Einfluß mehrerer, gleichzeitig wirkender Faktoren auf ein bestimmtes Merkmal zu prüfen, ist durch Berechnung multipler Korrelationen gegeben (SCHRÖDTER 1957, PINTÉR 1958, RAEUBER 1960, SCHICK, ENGEL und RAEUBER 1960, ENGEL und RAEUBER 1960). Man erhält die mehrfache Bestimmtheit (B), die — mit 100 multipliziert — angibt, wieviel Prozent der Gesamtschwankungen eines Merkmals auf den Einfluß der geprüften Variablen zurückzuführen ist. Die Differenz zu 100 zeigt, in welchem Ausmaß andere, nicht mitgeprüfte Faktoren wirksam gewesen sind. Die Berechnungen wurden für die Behandlungen FF, F und T getrennt vorgenommen, wobei die einzelnen Aufwüchse in den einzelnen Jahren als ein Zahlenkollektiv, d. h. als selbständige Vegetationsperioden, aufgefaßt wurden.

Tabelle 1. Varianztafel für Grünmassenertrag (1955—57) mit den Hauptwirkungen Sorten (V), Wasserstufen (W), Schnitte (S) und Jahre (J).

Streuungsursache	SQ	FG	MQ	Fexp.	Ftab. P 5%	Testgrundlage
Total	1616694	80				
Sorten	8744	2	4372	5,76 ^x	3,63	V/W/S v/w + v/s
Wasserstufen	653167	2	326584			
Schnitte	425400	2	212700			
Jahre	161714	2	80857			
Sorten/Wasserst.	2193	4	548	1,12°	3,84	V/W/S
Sorten/Schnitte	6028	4	1507	3,08°	3,84	V/W/S
Sorten/Jahre	1168	4	292	1,99°	2,67	V/W/S/J v/w/j + v/s/j
Wasserst./Schnitte	229399	4	57350			
Wasserst./Jahre	75506	4	18877			
Schnitte/Jahre	40065	4	10016			
Sorten/Wasserst./Schnitte	3920	8	490	4,22 ^x	3,22	V/W/S/J
Sorten/Wasserst./Jahre	1395	8	174	1,50°	3,22	V/W/S/J
Sorten/Schnitte/Jahre	1449	8	181	1,56°	3,22	V/W/S/J
Wasserst./Schnitte/Jahre	4695	8	587			
Sorten/Wasserst./Schnitte/Jahre	1851	16	116	2,23 ^x	1,75	pe
pe		240	52	1,75		
V/W/S/J v/w/j + v/s/j	4695	32	147			
V/W/S v/w + v/s	12141	16	759			

Dabei wird unterstellt, daß die Wachstumsbedingungen während der einzelnen Vegetationsperioden zunächst nur durch unterschiedliche Temperatur, rel. Luftfeuchte und %WK gekennzeichnet sein sollten. Inwieweit diese Annahme richtig ist, wird durch B angegeben. Der Meßbereich für die Temperatur betrug 10—20 °C, für die rel. Luftfeuchte 70—95% und für die %WK 15—55% (T), 55—85% (F) und 85—97% (FF).

Da die Wachstumsbedingungen in verschiedenen Entwicklungsphasen sicherlich verschiedene Effekte hervorrufen, war eine Aufteilung der gesamten Wachstumszeit in sinnvoll gewählte Abschnitte notwendig. Ein deutlicher Abschnitt im Entwicklungsverlauf des Rotklee ist der Schoßbeginn, da bei guter Wasserversorgung (FF, F) während des Schossens der größere Teil des Ertrages gebildet wird (Abb. 1) und ver-

vor dem Schossen die Pflanzen in einer bestimmten Weise induziert haben. Eine Korrelation des Endertrages mit den Bedingungen im Mittel der gesamten Vegetationsperiode (KA II) erschien deshalb ratsam.

Ergebnisse

1. Der Einfluß der Umwelt auf den Ertrag.

a) Das Bestimmtheitsmaß. Aus Abb. 2 geht hervor, daß sich Schwankungen der absoluten Grünmassenerträge von 2x und 4x Rotklee mit zunehmender Wasserversorgung (T → F → FF) in zunehmend größerem Ausmaß durch den Einfluß der Temperatur und rel. Luftfeuchte erklären lassen (ca. 20% → 55% → 65%). Die Erwartungswahrscheinlichkeit von B [$w(B)$] nimmt ebenfalls bei zunehmender Wasserversorgung zu. Dies besagt, daß die Witterung nur dann besonders wirksam sein konnte, wenn das Bodenwasser nicht im Minimum war und große Stoffausbeuten erzielt wurden. Beim Vergleich der Bestimmtheit für KA I und II der Korrelation $y - x_1 x_2$ (weiße Säulen) fällt bei Trockenkultur auf, daß zwischen ihnen eine relativ große Differenz besteht. Sie läßt vermuten, daß Temperatur und rel. Luftfeuchte besonders in der Jugend einen Einfluß auf die Stoffbildung der Pflanze bei Trockenkultur ausgeübt haben. Dies ist denkbar, da bei Trockenkultur etwa $2/3$ des Ertrages in der Jugend erzeugt wurden (Abb. 1). Die trocken kultivierten Pflanzen haben offenbar in der Jugend noch nicht so stark unter Wassermangel gelitten wie im Alter, da beim 1. Aufwuchs der Wassergehalt im Gefäß erst nach der Jugendentwicklung unter 40% WK abgesunken war und beim 2. und 3. Aufwuchs für die Wasserversorgung der ersten gebildeten Blätter eine rel. große Wurzelmenge zur Verfügung stand. Berücksichtigt man außer Temperatur und rel. Luftfeuchte die %WK-Werte innerhalb einer Wasserstufe, wird die Erklärbarkeit der Ertragsschwankungen nur bei Trockenkultur deutlich verbessert. Die Vergrößerung der Bestimmtheit ist auch nur dort mit einem Gewinn

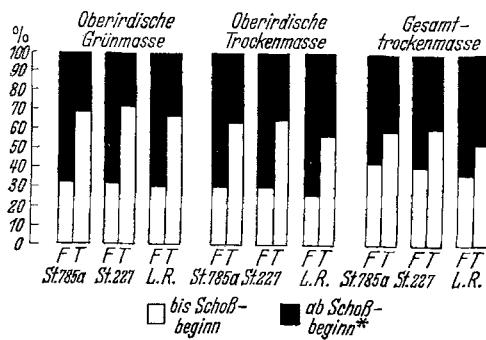


Abb. 1. Anteil der Stoffproduktion bis und ab Schossen an der Gesamtproduktion (nach Schnittzeitversuch 1958).

* Da die Trockenpflanzen nur spärlich schoßten, wurde für T der Schoßbeginn von F übernommen.

mutlich die Witterungsbedingungen während dieser Zeit besonders wirksam für die Stofferzeugung und damit für den Ertrag sein dürften. Wir haben deshalb den Endentrag mit den Witterungsbedingungen, die während dieses Zeitabschnittes geherrscht haben (KA I), korreliert. Diese Korrelation berücksichtigt leider nicht, inwieweit die Witterungsbedingungen

an Erwartungswahrscheinlichkeit verbunden. Dies besagt, daß Änderungen in der Wasserkapazität des Bodens bei Feuchtkultur (oberhalb 85% WK) nicht so wirksam wie bei Trockenkultur (unterhalb 55% WK) sind.

Unterschiede in der relativen Grünmassenleistung der Polyploiden zwischen den Vegetationsperioden lassen sich in fast gleichem Ausmaß wie die Schwankungen der absoluten Grünmassenerträge auf den Einfluß der 3 geprüften Variablen zurückführen. Bei allen drei Wasserstufen wurden etwa gleich hohe Bestimmtheiten für KA I erhalten.

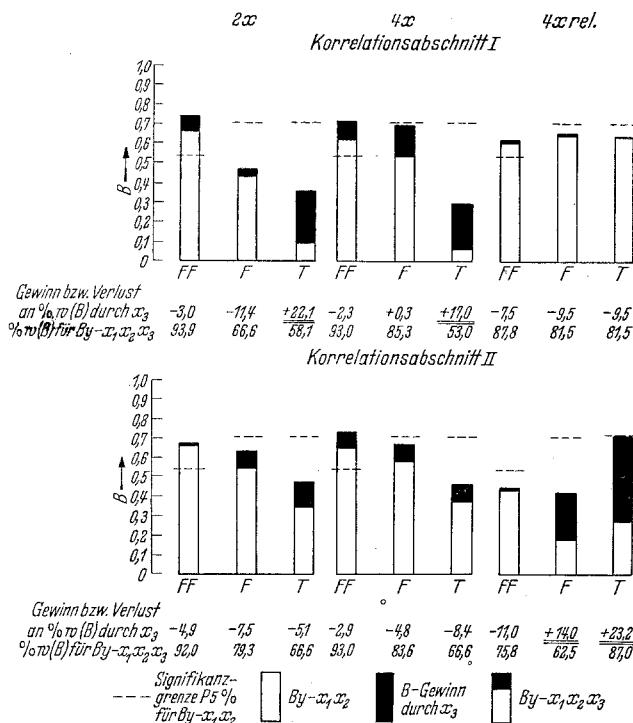


Abb. 2. Die mehrfache Bestimmtheit (B) der Korrelationen $y - x_1x_2$ und $y - x_1x_2x_3$.

Wegen einer ungleichen Zahl von Wertepaaren, die innerhalb jeder Wasserstufe verrechnet wurden, sind die Signifikanzschwellen unterschiedlich.

Ebenso wie bei der Betrachtung der absoluten Grünmassenerträge zeigt sich hier wiederum, daß durch Einbeziehen der 3. Variablen (% WK) das Bestimmtheitsmaß mit zunehmender Bodentrockenheit deutlich verbessert werden kann (KA II).

Die unterschiedliche Bedeutung, die die drei geprüften Variablen besitzen, ist in Abb. 3 dargestellt. Bei Feuchtkultur (FF, F) ist die rel. Luftfeuchte mit 70–80%iger Beteiligung an der Gesamtbestimmtheit in jeder Entwicklungsphase als wichtigste Einflußgröße bei beiden Valenzstufen anzusehen. Die rel. große Bedeutung der Bodenfeuchte im Alter bei Wasserstufe T mußte erwartet werden. In der ersten Hälfte der Vegetationsperiode besitzt offenbar die Temperatur den größten Einfluß (Vergleich von KA I und II).

Für die Erklärbarkeit von Schwankungen der rel. Grünmassenerträge der Polyploiden bei Wasserstufe FF besitzt die Temperatur eine größere Bedeutung als für die Erklärung von Unterschieden in den absoluten Grünmassenerträgen. Dies trifft vor allen Dingen für den Zeitraum nach Schoßbeginn zu.

b) Die partiellen Regressionen. Der spezifische Effekt der rel. Luftfeuchte und der rel. Bodenfeuchte

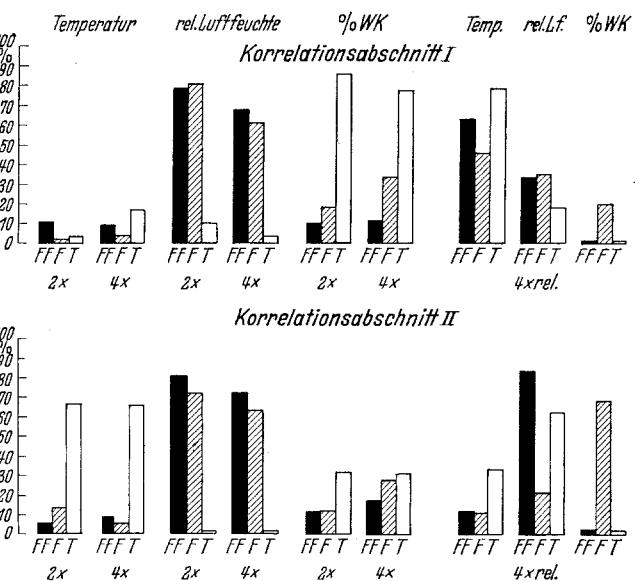


Abb. 3. Die Bedeutung der geprüften Variablen für die Erklärbarkeit der Ertragschwankungen.

ist bei extrem hoher Wasserversorgung im allgemeinen größer als bei geringer Wasserversorgung (Abb. 4), Wasserstufe F nimmt eine Mittelstellung ein.

Die Regressionen für die rel. Luftfeuchte zeigen, daß um so höhere absolute Grünmassenerträge bei beiden Valenzstufen bei extrem hoher Wasserversorgung erzielt worden sind, je geringer die rel. Luftfeuchte im Meßbereich war. Die Durchströmung der Pflanze mit Wasser dürfte bei geringer rel. Luftfeuchte und reichlicher Wasserversorgung sehr intensiv gewesen sein. Nach KISSE (1956) ist mit zunehmender Transpiration eine Förderung der Gesamt-salzaufnahme verbunden. Auch der Transport der anorganischen und organischen Stoffe zwischen und innerhalb der Zellen geht bei starker Transpiration intensiver als bei geringer vor sich (WINNEBERGER

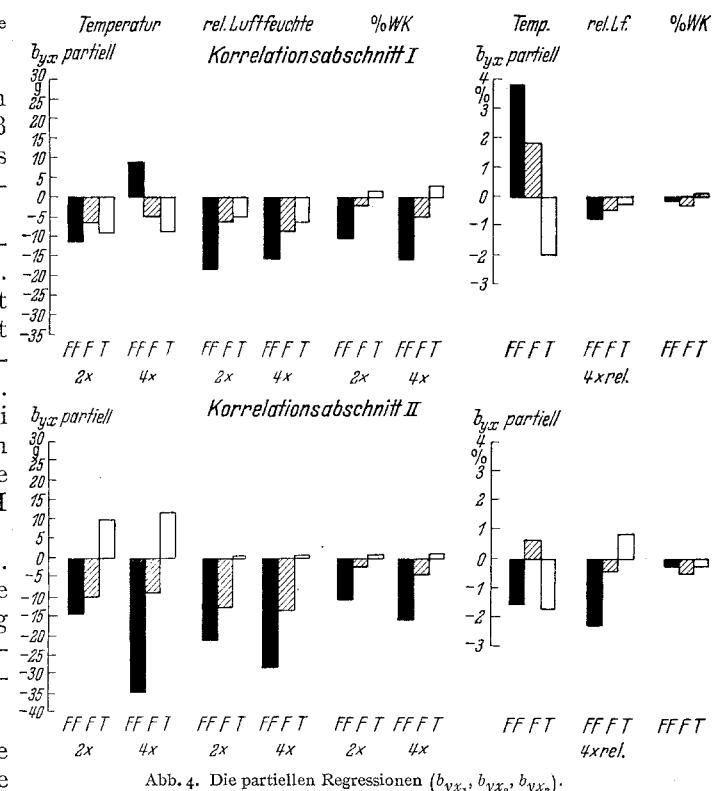


Abb. 4. Die partiellen Regressionen ($b_{yx_1}, b_{yx_2}, b_{yx_3}$).

Tabelle 2. Stomatazahl und -größe bei feucht und trocken gezogenem diploidem und tetraploidem Rotklee.

			Feuchtkultur						Trockenkultur					
			St. 785a	Sign.	St. 227	Sign.	4x \bar{x}	L. R.	St. 785a	Sign.	St. 227	Sign.	4x \bar{x}	L. R.
Stomatazahl (Stck/mm ²)	Oberseite	abs.	95	xxx	75	xxx	85	164	130	xxx	114	xxx	122	219
	Unterseite	rel.	—42,1		—54,3	xxx	—48,2	o	—40,6		—47,9	xxx	—44,3	o
Länge (μ)	Oberseite	abs.	24,4	xxx	25,8	xxx	25,1	18,6	21,7	xxx	23,4	xxx	22,6	17,8
	Unterseite	rel.	+31,2		+38,7	xxx	+34,9	o	+21,9		+31,5	xxx	+27,0	o
Breite (μ)	Oberseite	abs.	27,1	xxx	27,1	xxx	27,1	20,3	25,4	xxx	25,8	xxx	25,6	19,7
	Unterseite	rel.	+33,5		+33,5	xxx	+33,5	o	+28,9		+31,0	xxx	+29,9	o
	Oberseite	abs.	17,5	xxx	18,2	xxx	17,9	15,1	16,4	xxx	16,9	xxx	16,7	13,4
	Unterseite	rel.	+15,9		+20,5	xxx	+18,5	o	+22,4		+26,1	xxx	+24,6	o
	Oberseite	abs.	18,6	xxx	19,1	xxx	18,9	15,3	18,1	xxx	18,5	xxx	18,3	14,6
	Unterseite	rel.	+21,6	xxx	+24,8	xxx	+23,5	o	+24,0		+26,7	xxx	+25,3	o

1958). Der statistisch ermittelte positive Effekt geringer rel. Luftfeuchte auf den Ertrag erscheint somit physiologisch denkbar, kann aber nur bei den Pflanzen der Wasserstufe FF zum Tragen kommen.

Für eine intensive Transpiration stand genügend Wasser zur Verfügung, so daß die Pflanzen keine sehr großen Schwierigkeiten hatten, ihre Wasserbilanz aufrecht zu erhalten. Die Stomata dürften wahrscheinlich nur selten für längere Zeit des Tages geschlossen gehalten worden sein. Damit ist auch anzunehmen, daß der Gasaustausch gut gewesen ist und zu einer hohen Stoffausbeute geführt hat. Im Gegensatz dazu leben Trockenpflanzen in einer Situation, bei der sie durch sensible Spaltenbewegungen darauf hinzielen, ihren äußerst angespannten Wasserhaushalt sorgsamst zu stabilisieren, um irreversible Austrocknungsschäden zu vermeiden. Deshalb bleibt die rel. Luftfeuchte ohne Wirkung. Die entsprechende Regression liegt nahe bei O. Pflanzen der Wasserstufe F nehmen eine Mittelstellung ein.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Abhängigkeit der rel. Erträge der Polyploiden von der rel. Luftfeuchte. Bei sehr guter Wasserversorgung (FF) ist der Relativvertrag der Polyploiden um so größer, je geringer die rel. Luftfeuchte während der gesamten Vegetationsperiode (KA II) ist. Sie können

offenbar die Gunst der wasserzehrenden und damit transpirationsfördernden Witterung länger als Lembkes Rotklee nutzen. Da angenommen werden muß, „... daß ein aus kleinen und zahlreichen Spalten bestehendes Porenareal eine bessere Regulationsfähigkeit als ein gleich großes aus wenig und großen Spalten zusammengesetztes Öffnungsareal hat...“ (STÅLFELT 1956) und die Stomatazahl bei den Polyploiden um etwa 50% vermindert, ihre Breite und Länge aber um etwa je 30% erhöht ist (Tab. 2), wäre es denkbar, daß die Polyploiden dem Zwang zum Schließen der Poren nur langsam nachkommen und deshalb bei ihnen der Gasaustausch für eine längere Zeitdauer des Tages als bei Lembkes Rotklee möglich ist. Dies dürfte für den Wasserhaushalt der Polyploiden anfangs gefahrlos sein, da sie gegenüber Lembkes Rotklee je Blattflächeneinheit einen um 35% höheren Wassergehalt und eine um 28% geringere Wasserabgabe besitzen (Tab. 3). Sie zeigen damit Merkmale, die den Sukkulanten eigen sind, und können wahrscheinlich länger von den im Blatt vorhandenen Wasservorräten als die Diploiden zehren. In Übereinstimmung hiermit sind die Sättigungsdefizite bei den Polyploiden im allgemeinen geringer als bei Lembkes Rotklee (Tab. 3). Dies deckt sich mit umfangreichen Untersuchungen von SCHWANITZ (1949). Die positive

Tabelle 3. Transpiration, Sukkulenzgrad, Sättigungsdefizit und Welkegrad bei diploidem und tetraploidem Rotklee in Abhängigkeit von der Wasserversorgung.

	Transpiration (g/dm ²)						Sukkulenzgrad (g/dm ²)					
	St. 785a	Sign.	St. 227	Sign.	4x \bar{x}	L. R.	St. 785a	Sign.	St. 227	Sign.	4x \bar{x}	L. R.
FF abs. rel.	0,199 —23,5	xxx	0,172 —33,9	xxx	0,186 —28,4	0,260 o	0,733 +36,3	xxx	0,716 +33,1	xxx	0,724 +34,6	0,583 o
F abs. rel.	0,163 —32,9	xxx	0,156 —35,8	xxx	0,160 —34,2	0,243 o	0,658 +24,9	xxx	0,667 +26,6	xxx	0,663 +25,8	0,527 o
T abs. rel.	0,171 —39,2	xxx	0,178 —36,7	xxx	0,175 —34,2	0,281 o	0,801 +13,9	xxx	0,832 +18,4	xxx	0,816 +16,1	0,703 o
	Sättigungsdefizit (%)						temporäre Welke					
	St. 785a	Sign.	St. 227	Sign.	4x \bar{x}	L. R.	St. 785a	Sign.	St. 227	Sign.	4x \bar{x}	L. R.
FF abs. rel.	17,2 —5,0	o	16,2 —10,5	xx	16,7 —7,7	18,1 o						
F abs. rel.	16,8 —6,2	o	16,2 —9,5	x	16,5 —7,8	17,9 o	1,17 —7,2	o	1,33 + 5,6	o	1,25 —0,8	1,26 o
T abs. rel.	28,4 —1,1	o	29,4 + 2,4	o	28,9 + 0,7	28,7 o	2,46 + 24,9	xxx	2,53 + 28,4	xxx	2,50 + 26,9	1,97 o

Regression für die rel. Luftfeuchte bei Trockenkultur ist von außerordentlich geringer Bedeutung, da die Polyploiden bei hohen Luftfeuchten mehr Wasser in die Gewebe einlagern als die diploide Vergleichssorte und damit dem erhöhten Grünmassenertrag kein äquivalenter Trockenmassenertrag entgegensteht (Abb. 5).

Kommt zu Bodentrockenheit noch geringe Luftfeuchte hinzu, zeigen die Polyploiden eine deutlich stärkere Schlaftracht als Lembkes Rotklee (Abb. 6). Die angenommene langsamere Reaktionsfähigkeit der Stomata der Polyploiden führt bei Trockenkultur offenbar zu erheblichen Störungen der Wasserbilanz. Denkbar wäre auch, daß bei ihnen die Wassernachleistungsfähigkeit durch Besonderheiten im Bau des Hadrons nicht so günstig wie bei Lembkes Rotklee

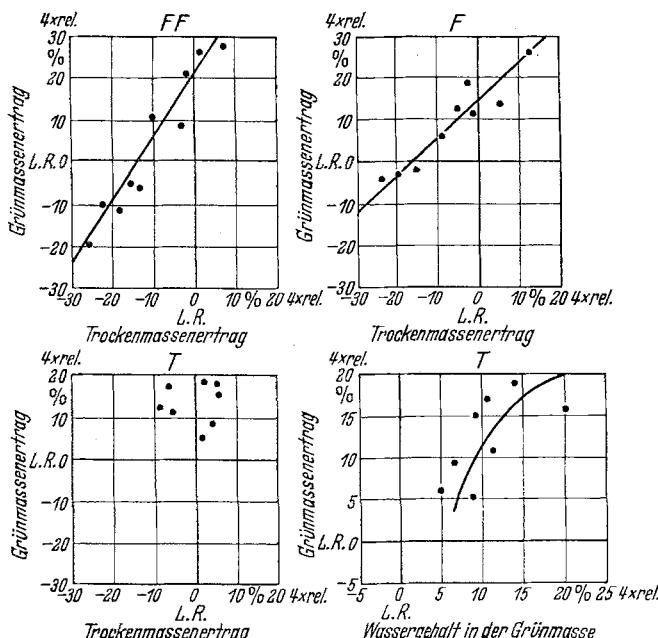


Abb. 5. Zusammenhang zwischen Grünmassenertrag, Trockenmassenertrag und Wassergehalt in der Grünmasse bei tetraploidem Rotklee (rel. Differenzen zwischen 4x St. 785a, 227 und Lembkes Rotklee).

ist. Hierfür würden auch Beobachtungen über permanente Welke nach sehr starkem Wasserentzug bei Feuchtpflanzen sprechen (Abb. 7).

Die Regressionen für die Temperatur geben an, daß bei extremer Feuchtkultur (FF) Temperaturen zwischen 10 und 15 °C im Mittel der Hauptproduktionsperiode (ab Schossen, KA I) bei Lembkes Rotklee für die Gesamtstoffausbeute günstiger als solche zwischen 15 und 20 °C sind. Für die beiden polyploiden Stämme gilt das Gegenteil. Sie bevorzugen gegenüber Lembkes Rotklee höhere Temperaturen. Das Ertragsverhältnis zwischen 4x und 2x wird bei Feuchtkulturen (FF, F) durch hohe Temperaturen in der Zeit, während der die meiste Masse gebildet wird (KA I), begünstigt.

Dies findet eine Parallele in den Ergebnissen gaswechselanalytischer Untersuchungen an diploidem und tetraploidem Inkarnatklee von WÖHRMANN und MEYER zu DREWER (1959). Sie zeigten, daß die apparente Assimilation (bei sehr guter Wasserversorgung) bei beiden Valenz-



Abb. 6. Temporäre Welke trocken gezogener Pflanzen während der Mittagsstunden. Links: St. 785a (4x); Mitte: St. 227 (4x); rechts: Lembkes Rotklee (2x).



Abb. 7. Permanente Welke feucht gezogener Pflanzen nach sehr starkem Wasserentzug. Links: St. 785a (4x); Mitte: St. 227 (4x); rechts: Lembkes Rotklee (2x).

stufen mit zunehmender Temperatur zwar abfiel, daß aber der Assimilationsrückgang bei den Polyploiden nicht so stark wie bei der diploiden Kontrolle war.

Bei Trockenkultur ist für die abs. Grünmassenerträge bei beiden Valenzstufen und für die Relativträge der Polyploiden die Temperaturregression für KA I negativ. Entlastung des Wasserhaushalts der trocken kultivierten Pflanzen durch verhältnismäßig hohe rel. Luftfeuchte und niedrige Temperaturen während der gesamten Vegetationsperiode verbessert bei Bodendürre die Grünmassenüberlegenheiten der beiden polyploiden Stämme gegenüber Lembkes Rotklee. Allerdings beruht dies dann vorwiegend auf einem höheren Wassergehalt in der Grünmasse (vgl. Abb. 5).

Aus den Regressionen für die % WK-Werte geht hervor, daß für die Ertragsbildung Bodenfeuchtwerte von mehr als 85% WK überoptimal, von weniger als 55% WK unteroptimal sind, wenn für Temperatur und rel. Luftfeuchte mittlere Bedingungen (etwa 15 °C, 83% rel. Luftfeuchte) angenommen werden. Dies gilt für beide Valenzstufen. Für den Relativvertrag der Poly-

Lembkes Rotklee

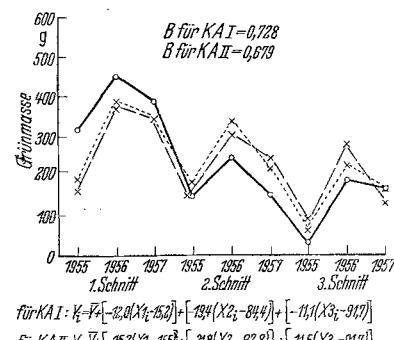


Abb. 8. Experimentell ermittelte und errechnete Erträge von diploidem und tetraploidem (St. 785a, 227) Rotklee.

ploiden bleiben Schwankungen des Bodenwasser-gehaltes innerhalb der Feuchtigkeitsstufen ohne nennenswerten Einfluß. —

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Lembkes Rotklee und die beiden geprüften tetraploiden Stämme dann Höchsterträge liefern, wenn gute Wasserversorgung und vergleichsweise geringe rel. Luftfeuchte in der Zeit der größten Stoffbildung zusammenfallen. Die Überlegenheit der Tetraploiden gegenüber den Diploiden ist dann auch am größten. Für die Höhe der Erträge besitzt unter den geprüften Variablen offenbar die Luftfeuchte die größte Bedeutung. Ihr Einfluß ist bei sehr guter Wasserversorgung am deutlichsten, bei sehr schlechter nicht mehr nachweisbar. Deshalb sind auch die Beziehungen zwischen den untersuchten Witterungselementen und dem Ertrag bei sehr guter Wasserversorgung am engsten. In Abb. 8 ist der erwartete und experimentell ermittelte Ertrag für beide Valenzstufen bei der Wasserstufe FF aufgeführt.

2. Beziehungen zwischen Ertragsbildung und einigen morphologischen und anatomischen Merkmalen und physiologischen Reaktionen

Nach Untersuchungen von HESSE (1938), SCHLÖSSER (1940), PIRSCHE (1942), SCHWANITZ (1948) und RUDORF und SCHWARZE (1951) besaßen junge Poly-

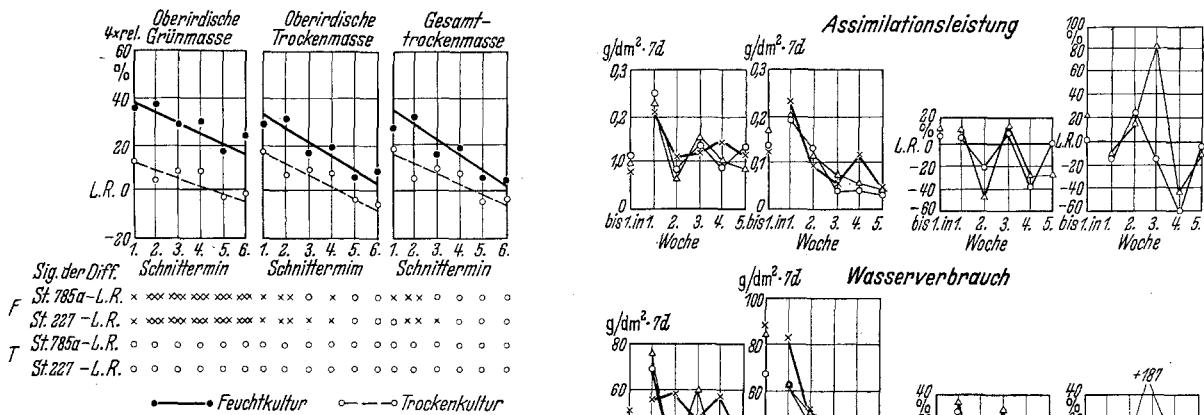
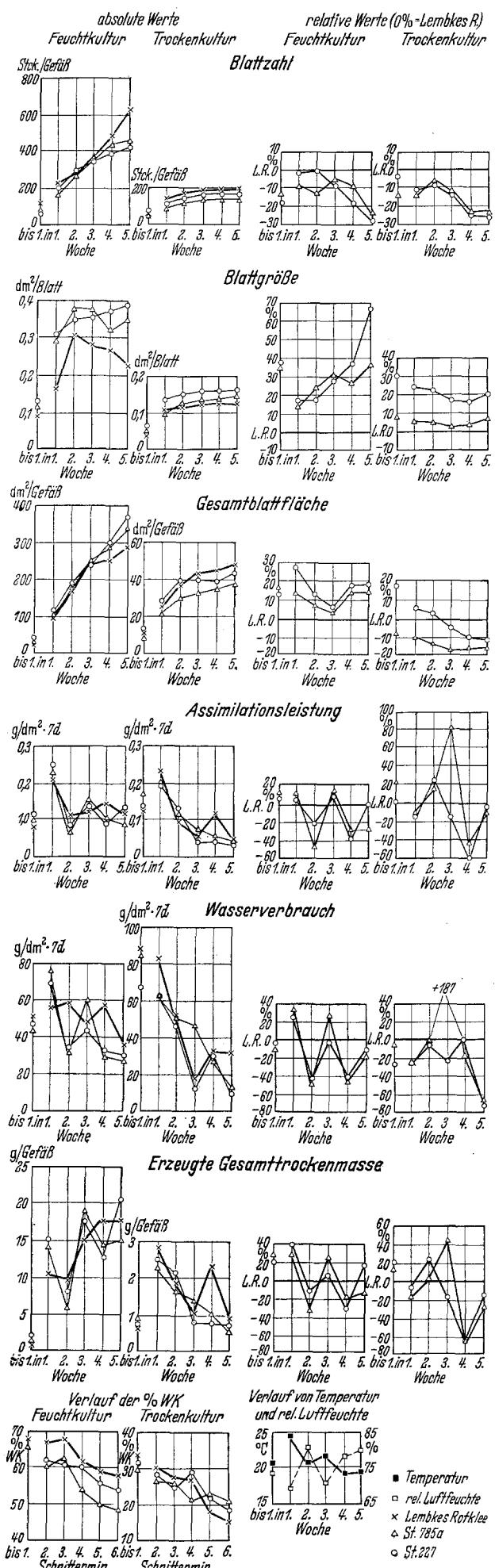


Abb. 9. Grün- und Trockenmassenproduktion von tetraploidem Rotklee im Verlauf der Vegetationsperiode 1958 bei Feucht- und Trockenkultur (rel. Differenzen zwischen $4x$ St. 785a, 227 und Lembkes Rotklee).

ploide eine raschere Jugendentwicklung als ihre diploiden Vergleichsformen. Dieser Vorsprung nahm jedoch während der weiteren Entwicklung ab. Der Endertrag war nur dann höher, wenn normale Wachstumsbedingungen vorgelegen haben. Aus unseren Schnittzeitversuchen 1958 geht etwas Ähnliches hervor. Im Verlauf der Entwicklung ab 8-Blattstadium nahmen die Relativverträge der Polyploiden ($4x:2x$) bei beiden Wasserstufen ständig ab (Abb. 9), da die absoluten Differenzen zwischen beiden Valenzstufen etwa gleich blieben oder nicht im gleichen Ausmaß wie das Ertragsniveau anstiegen.

Es mußte angenommen werden, daß die Polyploiden gegenüber Lembkes Rotklee in einigen anatomischen oder morphologischen Merkmalen oder physiologischen Reaktionen, die einen Einfluß auf

Abb. 10. Stoffproduktion von diploidem und tetraploidem Rotklee im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von einigen hierfür wichtigen Merkmalen und Reaktionen.



die Stoffproduktion während der Hauptproduktionsphase haben, benachteiligt sind. Um zu prüfen, ob und in welchem Ausmaß dies zutrifft, haben wir einige für die Stoffproduktion wichtige Merkmale und Reaktionen vergleichend geprüft (Abb. 10).

Die Blattfläche der Polyploiden ist nur bei Feuchtkultur größer als die von Lembkes Rotklee gewesen. Ursache hierfür ist, daß das sehr viel größere Blatt der Polyploiden die stark verminderte Blattzahl überkompensiert. Da bei Bodentrockenheit auch die Polyploiden fast normale Blätter bilden, ist ihre Gesamtblattfläche dann meist geringer als die von Lembkes Rotklee. Die pro Einheit Blattfläche erzeugte Gesamtrockenmasse (Assimilationsleistung) ist bei den Tetraploiden im allgemeinen niedriger. Der Kurvenverlauf zeigt deutlich, daß bei Feuchtkultur das relative Verhältnis im Wasserverbrauch und in der Assimilationsleistung zwischen $4x$ und $2x$ in der Tendenz mit den Ergebnissen der Regressionsanalysen übereinstimmt. In der 1. und 3. Woche mit Witterungsbedingungen, die oben für die Tetraploiden als günstig dargestellt wurden (hohe Temperaturen und geringe rel. Luftfeuchte im Meßbereich), haben diese gegenüber Lembkes Rotklee einen um ca. 20% höheren Wasserverbrauch und eine um etwa 10% höhere Assimilationsleistung gehabt, in den übrigen Wochen mit relativ ungünstigen Witterungsbedingungen wiesen sie um 35–40% geringere Werte als Lembkes Rotklee auf. Der rel. Ertragsabfall der Polyploiden kann offenbar aufgehalten werden, wenn die Witterungsbedingungen für diese besonders günstig sind.

Die Größe der insgesamt erzeugten Trockenmasse in den einzelnen Wochen ist das Produkt aus Blattfläche \times Assimilationsleistung. Da die Assimilationsleistung stark witterungsabhängig ist, zeigt die wöchentliche Gesamtstoffausbeute eine ähnliche Abhängigkeit von den Witterungsfaktoren wie die Assimilationsleistung. Die beiden polyploiden Stämme erzeugten nur in den Wochen mit den für sie sehr günstigen Witterungsbedingungen mehr Trockenmasse als Lembkes Rotklee.

In Tab. 4 sind die Ergebnisse der 1.—5. Versuchswoche zusammengefaßt. Die Gesamtblattfläche der polyploiden Stämme ist bei Feuchtkultur um ca. 13% größer, bei Trockenkultur dagegen um ca. 10% kleiner als bei Lembkes Rotklee. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei ausreichender Wasserversorgung die um etwa 15% geringere Blattzahl der Polyploiden durch ihr um etwa 32% grö-

ßeres Einzelblatt überkompensiert wird. Bei Trockenkultur ist dies nicht der Fall (Blattzahl —17%, Einzelblattgröße +11%). Die mittlere Leistungsfähigkeit des Blattapparates (Assimilationsleistung) der polyploiden Stämme ist um 6% (F) bzw. ca. 15% (T) geringer als die der diploiden Vergleichssorte. Daraus resultiert, daß das erzeugte Gesamtprodukt vom 8-Blattstadium bis Blühbeginn bei ausreichender Wasserversorgung kaum mehr und bei Wassermangel sogar um ca. 18% geringer als bei Lembkes Rotklee ist. Da die Pflanzen beider Valenzstufen etwa gleich viel Assimilate für den Aufbau der ertragsbildenden Organe verwendet haben (vgl. auch STEINEGGER 1952), gilt das für die Trocken-

Tabelle 4. Abhängigkeit der Ertragsbildung von tetraploidem Rotklee von einigen für die Stoffproduktion wichtigen Faktoren (rel. Differenzen zwischen St. 785a bzw. St. 227 und Lembkes Rotklee in %).

	Feuchtkultur			Trockenkultur		
	St. 785a	St. 227	$4x\bar{x}$	St. 785a	St. 227	$4x\bar{x}$
Produktionsbeeinflussende Faktoren (ab 8-Blattstadium)						
Blattzahl	—13,4	—15,9	—14,7	—16,3	—17,0	—16,7
Fläche/Blatt	+29,5	+33,6	+31,5	+ 4,0	+17,7	+10,9
Gesamtblattfläche	+11,9	+14,9	+13,4	—16,1	— 4,5	—10,3
Assimilationsleistung	— 4,0	— 8,1	— 6,0	— 3,9	—15,4	—14,6
Erzeugte Gesamtrockenmasse (ab 8-Blattstadium)						
Anteil der oberird. an der Gesamt-Tr.-Masse	— 1,8	+ 4,9	+ 1,6	—17,5	—18,1	—17,8
	— 3,0	+ 0,8	— 1,1	— 6,6	— 3,8	— 5,2
Erzeugte oberirdische Trockenmasse (ab 8-Blattstadium)						
	— 2,1	— 5,3	+ 1,6	—19,7	—18,1	—18,9
Erzeugte oberiridische Trockenmasse (bis 8-Blattstadium)						
	+27,5	+24,6	+28,2	+17,8	+18,8	+18,4
Ertrag an Trockenmasse						
Wassergehalt in der Grünmasse	+ 1,7	+ 7,4	+ 4,5	— 7,8	— 6,3	— 7,0
	+21,8	+23,7	+22,8	+ 7,5	+11,2	+ 9,4
Ertrag an Grünmasse						
	+18,1	+26,3	+22,2	— 2,9	+ 1,4	— 0,7

masse Gesagte in ähnlicher Weise für die Trockenmasse des Ertrages (oberiridische Trockenmasse).

Die Werte der Tab. 4 zeigen, daß bei beiden Wasservarianten der Endertrag der beiden tetraploiden Stämme gegenüber Lembkes Rotklee weitaus besser sein könnte, wenn es gelänge, Blattzahl und Assimilationsleistung zu verbessern. Daß zur Ernte von den Polyploiden überhaupt noch ein (witterungsabhängig) höherer Grünmassenertrag als von Lembkes Rotklee erzielt wurde, ist auf ihre gute Jugendentwicklung und den höheren Wassergehalt in der Grünmasse zurückzuführen.

Die Fähigkeit zur schnellen Entwicklung eines möglichst großen Blattapparates ist sicher von allgemeinem Vorteil. So führen z. B. HUBER und POLSTER (1955) die starke Wuchsigkeit von Pappeln auf den Vorsprung in der Stofferzeugung zurück, die sie in den ersten Jahren durch Entwicklung großer Blattmassen erreicht haben. Auch BLACK (1956, 1957) hat Ähnliches bei *Trifolium subterraneum* festgestellt. Formen, die in der Lage waren, sehr schnell einen relativ großen Blattapparat aufzubauen, hatten auch den höchsten Ertrag.

Es wäre nun zu fragen, welche Ursachen für die geringere Assimilationsleistung und für den geringeren Wasserverbrauch in der 2., 4. und 5. Versuchswoche anzunehmen sind. Sicher kann die geringere Spaltendichte der Polyploiden als eine Ursache für ihre geringere Transpiration angesehen werden. Da die von uns untersuchten Formen nicht nur größere Stomata, sondern auch deutlich größere Zellen besitzen (BELLMANN, unveröffentlicht), könnte angenommen werden, daß die Assimilationsleistung unter anderem durch das verschlechterte Verhältnis Zelloberfläche/Zellvolumen bedingt ist. Die oft schlechten Leistungen artifizieller Polyploider hat SCHWANITZ häufig hierauf zurückgeführt (1950, 1951, 1953, 1959a) und den Nachweis geliefert, daß die CO_2 -Aufnahme mit abnehmender rel. Zelloberfläche laufend abfällt (1950). Offenbar gibt es aber eine optimale Zellgröße, denn sehr stark ausgeprägte Kleinheit führt andererseits wieder zur Abnahme der physiologischen Aktivität (BRABEC 1958). Auch KOLKUNOW (1925) spricht von einer optimalen Zellgröße (Porenänge). Sehr großzellige und extrem kleinzellige Weizenformen waren bei Dürrebelastungen am ertragschwächsten. Bei genügender Wasserversorgung haben sich besonders die großzelligen Formen bewährt. Zu gleichen Ergebnissen kommen LAL und MEHROTRA (1949, 1950) bei Zuckerrohr. Sicher ist, daß das veränderte relative Oberflächenverhältnis nicht der alleinige Grund für die geringere Aktivität großzelliger Formen ist (SCHWANITZ und SCHENK 1954, SCHWANITZ 1955, SCHWANITZ und PIRSON 1955), es dürfte aber trotzdem einen nicht unbeträchtlichen Einfluß auf das Stoffproduktionsvermögen ausüben, da die Reaktionsabläufe großzelliger Systeme allgemein langsamer (KOSTOFF 1943, KOSTOFF, GORBATCHEVA und DIMITROFF 1943) und die Zellteilungsraten vermindert sind (NAVASHIN 1958).

3. Schlußfolgerungen für die Selektion

Für die Höhe des Endertrages sind Jugendentwicklung und Einzelblattgröße der Polyploiden günstig, Blattzahl, Assimilationsleistung und Wasserverbrauch ungünstig zu beurteilen. Es kommt also zunächst darauf an, Formen zu selektieren, die noch schneller als die heute vorhandenen einen möglichst großen Assimilationsapparat aufbauen und diesen dann maximal nutzen. Nach Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Samengröße und Ertrag bei diploidem und tetraploidem Rotklee von BELLMANN und MEINL (1961) hatten diploide Pflanzen aus besonders großen Samen einen signifikant größeren Blattapparat als die aus kleinen Samen. Bei den Tetraploiden waren jedoch keine Unterschiede nachweisbar.

Selektion auf kleinzellige Gigaspflanzen mit größerer Stomatadichte könnte zu stärker transpirierenden und vielleicht auch zu intensiver assimilierenden und schneller wachsenden Pflanzen führen.

Die Möglichkeit, kleinzellige Gigaspflanzen zu finden, dürfte günstig eingeschätzt werden. Chromosomenverdoppelung braucht nicht immer mit Verdoppelung des Zellvolumens verbunden zu sein, da die Zellgröße auch stark genetisch bedingt ist. Voraussetzung zum Entstehen kleinzelliger Typen ist dabei möglichst große Heterozygotie des Aus-

gangsmaterials und genügend lange Rekombination und Selektion. v. WETTSTEIN (1940) hat gezeigt, daß gerade durch Kombination genetisch sehr unterschiedlichen Materials (allopolide Bastarde) Formen mit Zellen entstehen können, deren Größe z. T. sogar geringer als die der Diploiden ist. Offenbar hat es bei der Evolution der natürlichen Polyploiden ein Herabregulieren der Zellgröße ohne Verminderung der Chromosomenzahl (v. WETTSTEIN 1937; v. WETTSTEIN und STRAUB 1942) und damit ohne Verlust des Vorteils tetrasomer Spaltung gegeben (SCHWANITZ 1951). Nach Untersuchungen von STRAUB (1939) wurde bei artifiziellen Polyploiden keine Abnahme des Chromosomenvolumens nach Verdoppelung beobachtet, während natürliche Polyploide eine deutliche Chromosomenverkleinerung zeigten, die wahrscheinlich zur Verkleinerung der Zellen geführt hat. Auch TANAKA (1953) konnte zeigen, daß natürliche Polyploide im Gegensatz zu den entsprechenden artifiziellen um 14% (3x), 18% (4x), 35% (6x) bzw. um 22% (8x) geringere Zellgrößen besitzen.

Wichtig erscheint weiterhin, durch geeignete Methoden solche Pflanzen auszulesen, die trotz starker negativer Abweichungen von den Optimalbedingungen für eine ausgeglichene Wasserbilanz der Pflanze ihre Stomata ohne Schaden für die Hydratur möglichst lange offen halten und damit auch für eine relativ lange Zeit des Tages transpirieren und assimilieren. Vielleicht bieten die großen Rekombinationsmöglichkeiten in Populationen allogamer Polyploider die Möglichkeit, daß Pflanzen des sehr vorteilhaften lebhaft-stabilen Reaktionstyps (STOKKER 1937; 1956) entstehen und ausgelesen werden können. Ein Vergleich der Intensität der apparenten Assimilation bei feucht und trocken gewachsenen Zuckerrüben verschiedener Valenzstufen mit den im Feldversuch ermittelten Erträgen läßt BEYSEL (1957) zu einer ähnlichen Schlußfolgerung kommen. „Die größere Stabilität der Triploiden und ihre damit gegebene Assimilationsüberlegenheit unter Trockenbedingungen im Feldanbau...“ erwies sich „...weitaus entscheidender als die etwas höhere Assimilationsleistung der Tetraploiden bei optimalen Feuchtigkeitsbedingungen.“

Es wäre interessant, an einem älteren und sehr umfangreichen tetraploiden Zuchtmaterial nach Beziehungen zwischen Verhaltensweise der Stomata, Zellgröße und Stoffbildung zu suchen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen und Analysen des Gaswechsels mit Hilfe selbstregistrierender Geräte würde sicher eine wertvolle Basis für die Ausarbeitung eines Frühtestes auf Ertrag sein.

Zusammenfassung

In Gefäßversuchen wurde während der Jahre 1955—58 die Abhängigkeit des Ertrages von zwei tetraploiden Rotklee-Zuchtstämmen und Lembkes Rotklee von der rel. Bodenfeuchte und der Wittringe während verschiedener Entwicklungsphasen sowie von einigen für die Stoffproduktion wesentlich erscheinenden morphologischen und anatomischen Merkmalen und physiologischen Reaktionen vergleichend untersucht.

Berechnungen multipler und partieller Korrelationen ergaben, daß bei beiden Valenzstufen Er-

tragsdifferenzen bei extrem hoher Wasserversorgung zu ca. 60—70%, bei Trockenkultur nur zu ca. 40—50% auf Änderungen von Temperatur, rel. Luftfeuchte und rel. Bodenfeuchte zurückzuführen waren.

Unter den geprüften Variablen besaß bei Feuchtkultur in allen Entwicklungsphasen die rel. Luftfeuchte, bei Trockenkultur in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode die Temperatur, in der zweiten die rel. Bodenfeuchte die größte Bedeutung für die Ertragsbildung. Maximale Grünmassenerträge wurden bei beiden Valenzstufen dann erzielt, wenn sehr gute Wasserversorgung und geringe rel. Luftfeuchte zusammenfielen. Die Polyploiden hatten dabei etwas höhere Temperaturansprüche als Lembkes Rotklee.

Unterschiede in der rel. Grünmassenleistung der Polyploiden waren bei allen Wasserstufen zu 60—70% auf Änderungen von Temperatur, rel. Luftfeuchte und rel. Bodenfeuchte während des Schossens zurückzuführen. Temperatur und rel. Luftfeuchte besaßen hierbei einen etwa gleich großen, die rel. Bodenfeuchte innerhalb der Wasserstufen fast keinen Einfluß. Die Relativträge der Polyploiden stiegen bei sehr hoher Wasserversorgung mit abnehmender rel. Luftfeuchte und zunehmender Temperatur an. Bei Trockenkultur galt das Gegenteil. Es wurde versucht, dieses unterschiedliche Verhalten im Hinblick auf den Wasserhaushalt mit Unterschieden in der Transpiration, dem Sättigungsdefizit und im Sukkulenzgrad zwischen beiden Valenzstufen in Zusammenhang zu bringen.

Die polyploiden Stämme zeigten in der Jugend eine um ca. 30% höhere Trockenmassenproduktion, die jedoch bei Feucht- und Trockenkultur mit fortschreitender Entwicklung bis auf 5 bzw. 7% abnahm. Ursache hierfür war die bei Feuchtkultur kaum von Lembkes Rotklee verschiedene, bei Trockenkultur sogar um ca. 18% geringere Stoffproduktion der beiden polyploiden Stämme ab 8-Blattstadium.

Die Gesamtblattfläche der polyploiden Stämme war im Mittel des Zeitraumes vom 8-Blattstadium bis Blühbeginn bei Feuchtkultur deutlich größer, bei Trockenkultur dagegen kleiner als bei Lembkes Rotklee, da bei ausreichender Wasserversorgung die geringere Blattzahl der Polyploiden durch ihr größeres Einzelblatt überkompensiert wurde, bei Trockenkultur dagegen nicht. Assimilationsleistung und Wasserverbrauch/dm² Blatt der polyploiden Stämme war nur bei guter Wasserversorgung und gleichzeitig stark wasserzehrenden Witterungsbedingungen höher, sonst geringer als bei Lembkes Rotklee. Bei Trockenkultur assimilierten und transpirierten die Polyploiden durchschnittlich noch weniger als die diploide Vergleichssorte.

Die Stomatazahl der Polyploiden war gegenüber Lembkes Rotklee vermindert, ihre Länge und Breite erhöht.

Da die gegenüber den Diploiden geringere Porendichte und das mit der Zellvergrößerung kleiner werdende Oberflächenverhältnis das Stoffproduktionsvermögen der Polyploiden potentiell vermindern kann, erscheint Selektion auf kleinzellige Gigasformen mit zahlreichen Blättern vorteilhaft. Darüber hinaus müßte bei der Auslese in polyploiden Populationen auf Typen geachtet werden, die sehr

rasch eine große Assimilationsfläche mit hoher Leistungsfähigkeit entwickeln. Im Hinblick auf die Kontinuität von Assimilation und Transpiration sollte auf lebhaft-stabile Reaktionstypen geachtet werden.

Vorliegende Arbeit ist ein Teil der gleichnamigen Dissertation des Vf. (Rostock 1961). Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. RUDOLF SCHICK, möchte ich für das Überlassen des Themas und die rege Förderung recht herzlich danken. — Mein Dank gebührt weiterhin Fräulein RENATE GIERICH und Frau ERNA RÖMER für ihre gewissenhafte Hilfe bei der Auswertung und Durchführung der Experimente.

Literatur

1. BÄTZ, G.: Über die Anlage und Auswertung von Sortenprüfungen. Albrecht-Thaer-Archiv 2, 239—309 (1957). — 2. BELLMANN, K., und G. MEINL: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Samengröße und Ertrag bei diploidem und tetraploidem Rotklee (*Trifolium pratense* L.). Der Züchter 31, 358—362 (1961). — 3. 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). — 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. BEYSEL, D.: Assimilations- und Atmungsmessungen an diploiden und polyploiden Zuckerrüben. Der Züchter 27, 261—272 (1957). — 6. BOX, G. E. P.: Non-normality and test on variances. Biometrika 40, 318—335 (1953). — 7. BRAUER, F.: Über Beziehungen zwischen Atmungswerten und Zellgrößen. Planta 50, 622—639 (1958). — 8. COCHRAN, W. G., and G. M. COX: Experimental designs. New York 1950. — 9. ENGEL, K.-H., und A. RAEUBER: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Phänometrie und Pflanzenzüchtung. Dtsch. Akad. Landwirtschafts-Wiss. Berlin, Sitzungsber. 9, H. 2 (1960). — 10. FOCKE, R.: Einige genetische und evolutionistische Besonderheiten polyploider Formen und deren Bedeutung für die Pflanzenzüchtung. Dtsch. Akad. Landwirtschafts-Wiss. Berlin, wiss. Abhandl. Nr. 42 (1959). — 11. HESSE, R.: Vergleichende Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Petunien. Z. indukt. Abstammungs- und Vererbungslehre 75, 1—23 (1938). — 12. HUBER, B., und H. POLSTER: Zur Frage der physiologischen Ursachen der unterschiedlichen Stofferzeugung von Pappelklonen. Biol. Zbl. 74, 370—420 (1955). — 13. KISSER, J. G.: Wasserumsatz und Salzstoffwechsel. Hdb. Pflanzenphysiol. Band III, 669 bis 684 (1956). — 14. KOLKUNOW, W.: Einige Ergebnisse der Untersuchungen über Dürrewiderstandsfähigkeit bei Kulturpflanzen. Z. Pflanzenzücht. 10, 297—310 (1925). — 15. KOSTOFF, D.: Polyploidie und landwirtschaftliche Produktion. Z. Pflanzenzücht. 25, 284—304 (1943). — 16. KOSTOFF, D., A. GORBATCHEVA und P. DIMITROFF: Die Vergrößerung der Zelle im auto- und allopolyploiden Tabakpflanzen. Z. Pflanzenzücht. 25, 112—116 (1943). — 17. LAL, K. K., and O. N. MEHROTRA: Studies in crop physiology: cell-size characteristics of sugar-cane varieties in relation to drought resistance. Bot. Gaz. 111, 193—210 (1949). — 18. LAL, K. N., and O. N. MEHROTRA: Studies in crop physiology. On some physiological attributes of transpiring surface in relation of drought resistance in sugar-cane. Proc. Indian. Acad. Sci. Sect. B 32, 179—204 (1950). — 19. LINDER, A.: Statistische Methoden. 2. Aufl., Basel 1951. — 20. METHA, R. K., and M. S. SWAMINATHAN: Studies on induced polyploids in forage crops. 1. Survey of previous work. Indian J. Genetics & Plant Breeding 17, 27—57 (1957). — 21. NAVAŠIN, M. S.: Cell size and development of characters. Proceedings of the X. International Congress of Genetics 1958, Nr. 2, 203—204 (1958). — 22. PACH, K., und W. SIMONIS: Übungen zur Stoffwechselphysiologie der Pflanzen. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1952. — 23. PINTÉR, L.: Einfluß der meteorologischen Faktoren auf die Erntergebnisse der wichtigsten Ackerpflanzen. Angew. Meteorol. 3, 77—92 (1958). — 24. PIRSCHLE, K.: Quantitative Untersuchungen über Wachstum und „Ertrag“ autopolyploider Pflanzen. Z. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre 80, 126—156 (1942). — 25. RAEUBER, A.: Zur rechnerischen Bearbei-

- tung phänometrischer Untersuchungen. *Z. angew. Meteorol.* **3**, 315—320 (1960). — 26. RAMANUJAM, S., and N. PARTHASARATHY: Autopolyploidy. A review. *Indian J. Genetics* **13**, 53—82 (1953). — 27. RUDOLF, W., und P. SCHWARZE: Polyploidieeffekte bei *Datura tatula*. *Planta* **39**, 36—64 (1951). — 28. RUNDFELDT, H.: Über die Vorteile einer erweiterten Auswertung von Feldversuchen. *Arb. dtsch. Landwirtsch.-Ges.* **44**, 97—118 (1957). — 29. SCHICK, R., K.-H. ENGEL und A. RAEUBER: Über die Phänometrie des Maises. *Züchter* **30**, 97—101 (1960). — 30. SCHLÖSSER, L. A.: Physiologische Untersuchungen an polyploiden Pflanzenreihen. *Fd.* **10**, 28—40 (1940). — 31. SCHRÖDTER, H.: Phänometrisch-statistische Untersuchungen zum Problem „Witterung und Pflanzenwachstum“. *Ann. Meteorol.* **8**, 1—6 (1957). — 32. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. I. Feldversuche mit diploiden und autotetraploiden Nutzpflanzen (Senf, Rübsen, Ölrettich, Rettich, Grünkohl, Weißkohl, Wirsing, Cichoree). *Der Züchter* **19**, 70—86 (1948). — 33. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. IV. Zum Wasserhaushalt diploider und polyploider Pflanzen. *Der Züchter* **19**, 221—232 (1949). — 34. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VII. Zur Atmung diploider und autotetraploider Pflanzen. *Der Züchter* **20**, 76—81 (1950). — 35. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. XII. Der Gigas-Charakter der Kulturpflanzen und seine Bedeutung für die Polyploidiezüchtung. *Der Züchter* **21**, 65—75 (1951). — 36. SCHWANITZ, F.: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenetese und Ontogenese. *Der Züchter* **23**, 17—44 (1953). — 37. SCHWANITZ, F.: Keimungsphysiologische Untersuchungen an diploiden Gigaspflanzen. *Beitr. Biol. Pflanzen* **31**, 1—14 (1955). — 38. SCHWANITZ, F.: Genetik und Evolutionsforschung bei Pflanzen. In: G. HEBERER, „Die Evolution der Organismen“. Stuttgart 1959, 425—551 (1959 a). — 39. SCHWANITZ, F.: Die Entstehung der Nutzpflanzen als Modell für die Evolution der gesamten Pflanzengesellschaft. In: G. HEBERER, „Die Evolution der Organismen“. Stuttgart 1959, 713—800 (1959 b). — 40. SCHWANITZ, F., und H. PIRSON: Chromosomengröße, Zellgröße und Zellenzahl bei einigen diploiden Gigaspflanzen. *Der Züchter* **25**, 221—229 (1955). — 41. SCHWANITZ, F., und W. SCHENK: Zur Atmung diploider Gigaspflanzen. *Naturwiss.* **41**, 262 (1954). — 42. SCHWARZE, P.: Stoffproduktion und Pflanzenzüchtung. *Hdb. Pflanzenzücht.* 2. Aufl., Band I, 307—365 (1958). — 43. STÄLFELT, M. G.: Die stomatäre Transpiration und die Physiologie der Spaltöffnungen. *Hdb. Pflanzenphysiol.* Band III, 349—426 (1956). — 44. STEINEGGER, E.: Wie läßt sich die Erhöhung des Alkaloidgehaltes durch Polyploidisierung erklären? *Heteroploidie-Versuche an Arzneipflanzen.* XVII. *Mitt. Pharmaceut. Acta Helvet.* **27**, 351—360 (1952). — 45. STOCKER, O.: Über die Beziehungen zwischen Wasser- und Assimilationshaushalt. *Ber. dtsh. bot. Ges.* **55**, 370—376 (1937). — 46. STOCKER, O.: Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. *Hdb. Pflanzenphysiol.* Band III, 436—488 (1956). — 47. STRAUB, J.: Chromosomenuntersuchungen an polyploiden Blütenpflanzen. I. Die Chromatinmasse bei künstlich ausgelösten Autopolyploidien. *Ber. dtsh. bot. Ges.* **57**, 531—544 (1939). — 48. TANAKA, R.: On the difference of the cell volume between natural polyploids and artificial polyploids. *Jap. J. Genetics* **28**, 110—115 (1953). — 49. UNGER, K.: Agrarmeteorologische Studien. I. Agrarmeteorologische Untersuchungen bei der Leistungsprüfung. *Abh. meteorol. hydrol. Dienst DDR* **3**, 5—22 (1953). — 50. WATSON, O. J.: The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.* **4**, 101—145 (1952). — 51. WETTSTEIN, F. v.: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. 1. Zellgrößenregulation und Fertilwerden einer *Bryum*-Sippe. *Z. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre* **74**, 34—53 (1937). — 52. WETTSTEIN, F. v.: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. 2. Zur Frage der Polyploidie als Artbildungsfaktor. *Ber. dtsh. Bot. Ges.* **58**, 374—388 (1940). — 53. WETTSTEIN, F. v., und J. STRAUB: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. 3. Weitere Beobachtungen an polyploiden *Bryum*-Sippen. *Z. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre* **80**, 271 bis 280 (1942). — 54. WINNEBERGER, J. H.: Transpiration as a requirement for growth of land plants. *Physiol. Plantarum* **11**, 56—61 (1958). — 55. WÖHRMANN, K., und K. MEYER ZU DREWER: Vergleichende Untersuchungen über die CO_2 -Aufnahme di- und tetraploider Pflanzen von *Trifolium incarnatum* in Abhängigkeit von Lichtintensität und Temperatur. *Der Züchter* **29**, 264—270 (1959).

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

Die Bedeutung der Pollensterilität in der Maiszüchtung*

Von HERBERT W. MÜLLER

Mit 8 Abbildungen

1. Einführung

Pollensterilität verdient als spezielle Form für obligate Allogamie in mehrfacher Hinsicht Beachtung. Im Anschluß an die taxonomischen Analysen widmeten zunächst die Physiologen diesem Phänomen ihre Aufmerksamkeit. Mit zunehmender Klärung der genetischen Grundlagen waren es dann Evolutionsforscher, die auf die populationsgenetische Bedeutung hinwiesen. Den Pflanzenzüchtern oblag es, diese Erscheinung systematisch anzuwenden und somit einer wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen. In zunehmendem Maße wird heute die Pollensterilität zur Bestäubungssenkung allogamer Kulturpflanzen angewendet. Dazu tragen die Erfolge der Heterosiszüchtung wesentlich bei.

Die ersten Berichte über Pollensterilität gehen auf GÄRTNER (1844) und DARWIN (1890) zurück. Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Nutzung erschlossen

BATESON (1908) und CORRENS (1908) mit ihren genetischen Untersuchungen. Die tiefgreifenden Veränderungen, die die Pollensterilität hinsichtlich Zuchtmethode und Saatguterzeugung hervorrief, waren allerdings von diesen Autoren nicht zu übersehen.

Man hat

1. zwischen genetisch bedingter, durch Inzucht fixierbarer (sporophytischer) Sterilität und
2. der zytoplasmatisch gesteuerten (oder gametophytischen) Form der Pollensterilität zu unterscheiden.

Zwar ist es möglich, Sterilitätserscheinungen mit einem System sporophytischer Kontrolle zu nutzen bzw. Markierungsgene nach dem von KAPPERT für *Matthiola* entwickelten Verfahren zu verwenden (JAIN, 1959); dennoch wird man für züchterisch praktische Zwecke zunächst eine Nutzung der gametophytisch kontrollierten Pollensterilität anstreben.

* Herrn Prof. Dr. H. STUBBE zum 60. Geburtstag gewidmet.