

gleich zulassen, aber doch den komplizierten Verhältnissen des Gegenstandes gerecht werden. STRAND (1950) z. B. schlägt für die Auswertung von Herkunftsversuchen die Regressionsanalyse vor. Das wäre gewiß ein Fortschritt und auch unter Anwendung der von uns bevorzugten Funktion BACKMANS möglich. FISHER (1935) gibt ein Verfahren zur statistischen Behandlung dieser Transformation, das sich ohne weiteres ausbauen ließe. Aber es kommt hier eines hinzu: Wachstumsreihen sind ihrem ganzen Charakter nach Zeitserien und entsprechend zu behandeln (vgl. hierzu etwa KENDALL 1946, Vol. II Chapter 30 und 31), denn es ist evident, daß innerhalb der Serie neben der Zeitregression des Wachstums eine ausgesprochene Korrelation der Beobachtungen zu ihren vorhergehenden Werten vorliegen muß. Dementsprechend stellt die Wachstumskurve nichts anderes dar als eine Schätzung des Trends einer Zeitserie, worauf insbesondere SHOLL (1954) aufmerksam macht. Die hieraus sich ergebenden Konsequenzen für die statistische Analyse von Wachstumsreihen erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen Fachstatistikern und experimentell arbeitenden Forschern, wie es auch YATES (1950) als Voraussetzung für den endlichen Erfolg sieht. Darüber hinaus ist es erforderlich, gerade für die Erforschung der Erbllichkeit des Wachstums, Funktionen zu entwickeln und zu erproben, die eine biologische Interpretation zulassen und die einfach zu handhaben sind. Auch der vorstehend auszugswise beschriebene Versuch ist als Beitrag hierzu gedacht.

Zusammenfassung

1. Am Beispiel des Längenwachstums verschiedener und genetisch bekannter Wuchstypen von *Antirrhinum majus* und ihrer in einem oder zwei Loci heterozygoten Nachkommenschaften aus Kreuzungen untereinander wurden erblich bedingte Unterschiede zwischen den Wachstumskurven gezeigt und erklärt.

2. Die Erklärung des Wachstums der Heterozygoten ist zwanglos aus der Annahme unterschiedlicher Dominanz der Allele in bezug auf Endgröße und Wachstumsrhythmus möglich.

3. In Kreuzungen zwischen Wuchstypen mit deutlich unterschiedenen Wuchsrhythmen kann Super-

dominanz in gewissen Abschnitten der Wachstumskurve des Hybriden vorgetäuscht sein. Deshalb sagen einzelne Messungen eines Versuches für sich noch nicht viel aus.

4. Zur Erklärung des Wachstumsganges in Kreuzungsnachkommenschaften sollten, wo dies technisch möglich ist, die Eltern zum Vergleich mit in den Versuch eingehenden.

5. Versuche sollten so angelegt werden, daß sie exakte Vergleichsmöglichkeiten bieten und regelmäßig in kürzeren Perioden gemessen werden.

6. In der Regel dürfte schon ein Vergleich des Höhenwachstums wertvolle Aufschlüsse geben.

Literatur

1. BACKMANN, G.: Die theoretische Wiedergabe von beobachteten Wachstumsreihen. AB-Gleerupska, L. (1939).
- 2. EHRENBERG, C., GUSTAVSON, Å., ŠIMAK, M. und PLYM-FORSHELL, C.: Seed quality and the principles of forest genetics. *Hereditas* **41**, 291—366 (1955).
- 3. FISHER, R. A.: The case of zero survivors (Appendix zu BLISS, C. I.: The calculation of the dosage mortality curve). *Ann. Appl. Biol.* **22**, 134—167 (1935).
- 4. HÄGERBERG, A.: Heterosis in F_1 combinations in *Galeopsis*. *Hereditas* **38**, 33—82, 221—245 (1952).
- 5. JOHNSON, H.: Avkommeprövning av björk — preliminäre resultat från unga försöksplanteringar. Sv. Papperstidning **54**, 412—426 (1952).
- 6. LANGNER, W.: Kreuzungsversuche mit *Larix europaea* D. C. und *Larix leptolepis* GORD. *Ztschr. f. Forstgen.* **1**, 40—55 (1951).
- 7. MATHER, K.: Biometrical genetics. Methuen & Co. London 1949.
- 8. SCHRÖCK, O.: Beitrag zur Methodik der Leistungsprüfung in der Forstpflanzenzüchtung. *Der Züchter* **21**, 368—370 (1951).
- 9. SHOLL, D. A.: Regularities in growth curves, including rhythms and allometry. Dynamics of growth processes, Princeton Univ. Press, 1954, 224—241.
- 10. STERN, K.: Ein Modell für die Wechselwirkungen des Wachstums. *Der Züchter* **24**, 216—220 (1954).
- 11. STRAND, L.: Bemerkungen zu „Ergebnisse von Anbauversuchen mit verschiedenen Fichtenherkünften“ von F. FISCHER. *Schw. Zeitschr. f. Forstwesen*, **101**, 664—667 (1950).
- 12. STUBBE, H.: Über mono- und digen bedingte Heterosis bei *Antirrhinum majus* L. *Zeitschr. f. ind. Abst. u. Vererb. Lehre* **85**, 450—478 (1953).
- 13. WRICKE, G.: Über die Methoden zur Untersuchung der Wirkungsweise quantitativer Gene. *Der Züchter* **25**, 262—274 (1955).
- 14. YATES, F.: The place of statistics in the study of growth and form (Teil einer von ZUCKERMANN gezeichneten Sammelarbeit). *Proc. royal soc., Series B*, **137**, 479—489 (1950).

(Aus dem landwirtschaftlichen Forschungsinstitut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Martonvásár, Ungarn)

Untersuchungen über die Kreuzbarkeit innerhalb des Subtribus *Triticinae*

Von Á. KISS und T. RAJHÁTHY

Mit 2 Textabbildungen

Einleitung

Seit der Jahrhundertwende wurde der Subtribus *Triticinae* ein klassisches Objekt für Art- und Gattungskreuzungen. Es ist also verständlich, daß die Entstehungs-, Evolutions- und Verwandtschaftsverhältnisse in dieser systematischen Gruppe verhältnismäßig gut bekannt geworden sind, obwohl noch viele Probleme offen stehen. Die zur Untersuchung der Evolutions- und Verwandtschaftsverhältnisse angewendeten vergleichenden morphologischen, serolo-

gischen, immunologischen Methoden — die archeologischen und philologischen inbegriffen — wurden durch die Versuchsergebnisse der Art- und Gattungskreuzungen und durch die Genomhomologie, der Sterilitätsverhältnisse der Hybriden, der Spaltungsverhältnisse der einzelnen Merkmale, z. B. *K*-Komplex, und durch die Herstellung der synthetischen Arten, Amphidiploiden, sehr wertvoll ergänzt.

Die Art- und Gattungskreuzungen sind zur Lösung einiger praktischer, züchterischer Probleme unent-

behrlich. In dieser Weise werden die Grenzen der Kombinationszüchtung wesentlich erweitert, da die angebauten Arten mit solchen Merkmalen, z. B. Resistenz, Anpassungsfähigkeit usw. bereichert werden können, die in ihrem Formenkreis nicht aufzufinden sind. Durch die Übertragung und Lokalisierung dieser Merkmale wird die Variationsbreite der betreffenden Arten vergrößert, und infolgedessen können die diesbezüglichen Forschungen auch vom Gesichtspunkte der Evolutionslehre als sehr wertvoll betrachtet werden.

In der Abteilung für Genetik unseres Institutes wurden die Kreuzungsversuche besonders zwischen den Arten und Gattungen des Subtribus *Triticinae* seit 5 Jahren ausgeführt und sowohl die rückspaltenden wie auch die amphidiploiden Formen analysiert. Im Laufe der vergangenen Jahre konnte ein sehr mannigfaltiges, formenreiches Hybridsortiment hergestellt werden, das den ganzen Kreis der *Triticinae* umfaßt. In der vorliegenden Mitteilung wird zuerst die Kreuzbarkeit behandelt.

Problemstellung

Die Untersuchung der Kreuzbarkeit ist sowohl vom theoretischen wie auch vom praktischen Standpunkt aus betrachtet außerordentlich wichtig. Die Forscher, die sich mit diesen Fragen beschäftigten, hatten in erster Linie mehrere Einzelprobleme der Weizen \times Roggen-Kreuzungen untersucht, dabei kamen sie aber zu vielen widerspruchsvollen Ergebnissen. Diese können meistens durch die Unterschiede des Versuchsmaterials, durch eine ungenügende Zahl von Kreuzungen oder durch zu wenig Kombinationen erklärt werden. Es kommen aber auch die abweichenden Umweltbedingungen — verursacht z. B. durch die verschiedene geographische Lage der Versuche — entscheidend in Betracht. Über die Kreuzbarkeit zweier verschiedener Gattungen darf man nur unter Berücksichtigung vieler Versuchsergebnisse mit verschiedenen zur Kreuzung verwendeten Sorten bzw. Biotypen sichere Schlüsse ziehen. Es ist z. B. gut bekannt, daß ganz abweichende Schlußfolgerungen gezogen werden können, je nachdem die Kreuzbarkeit von *T. aestivum* mit Roggen mit Sorte Chinese 466 geprüft oder als Versuchsmaterial eine schwach kreuzbare Sorte verwendet wird. Wenn jedoch aus der schwach kreuzbaren Weizensorte stark kreuzbare Biotypen isoliert werden können und nur diese zu den Kreuzungen dienen, kann selbstverständlich auch die ganze Sorte von diesem Gesichtspunkte aus als eine vorteilhaftere betrachtet werden.

Die Kreuzbarkeit wurde nur bei Weizen \times Roggen-Kreuzungen untersucht. Dadurch wird verständlich, daß die Möglichkeit der Isolierung gut kombinierender Biotypen bis heutzutage nicht als allgemeingültige Regel bekannt geworden ist. Wenn jedoch diese Erscheinung weit verbreitet ist, bietet ihre Anwendung sowohl bei der praktischen Züchtung wie auch bei der Untersuchung der Verwandtschaftsverhältnisse neue Perspektiven.

Es sollte also untersucht werden, ob und inwieweit sich ein allgemeines Vorhandensein gut kreuzbarer Biotypen in den gezüchteten Pflanzensorten feststellen läßt. Unentschieden war auch die Frage, ob die Kreuzbarkeit selbst als eine universelle Eigenschaft erscheint oder nur in bestimmten Kombina-

tionen auftritt. Zur Erweiterung unserer Studien über die Getreidegruppen wurden außerdem noch einige andere Fragen untersucht, die ebenfalls mit den Problemen der Kreuzbarkeit im engsten Zusammenhang stehen.

Triticum \times *Secale*-Kreuzungen

Die *Triticum* \times *Secale*-Kreuzungen weisen bei Verwendung des Weizens als Mutterpflanze die beste Kreuzbarkeit auf. Aus der reziproken Kreuzung erzielten zuerst GAINES und STEVENSON (1922), nach siebenjährigen erfolglosen Bemühungen — einige schwach keimende Samen. MEISTER und TRUMIAKOV (1927) hatten 2,5%igen, BUCHINGER (1931) 3,33%igen Samenansatz beobachtet. BLEDSOE (1932) berichtet über gelungene reziproke Kreuzungen. ROSENSTIEL (1943) konnte bei Verwendung der Weizensorte Chinese 466 als ♀ 0,62%, 1942 0,52%, LEIN (1943) 2,2% Ansatz erreichen. Die Kreuzungen von KLJUCSAREVA (1952) ergaben bei Roggen \times Weizen-Kreuzung 0,24—0,77, die von KARAPETJAN (1953) 12,6% und (1951) 4,5% Samenansatz. TRUCHINOVA (1952) erzielt von 22 Roggenähren 15 Hybridsamen.

Der außerordentlich hohe Ansatz in den Arbeiten der russischen Forscher wird dadurch verständlich, daß sie eigentlich von fertilen muttergleichen „Hybriden“ sprechen, welche überhaupt keine Hybriden sind. Diese letzteren waren nämlich alle Übergangstypen und wiesen vollständige Sterilität auf.

Die Kreuzungsexperimente von JESENKO (1913) blieben ohne Erfolg. CHAD und HUGUES (1938), OEHLER (1931) sowie KATTERMANN (1934) berichten ebenfalls über erfolglose Versuche.

In unseren Untersuchungen wurden jährlich nur 300—400 Blüten gekreuzt, und so erhielten wir 1953 3 F_1 -Samen in dieser Richtung (Roggen ♀). Zwei von diesen waren keimfähig, doch lieferten auch diese völlig sterile Nachkommenschaft. Die reziproke Kreuzung wird deshalb von uns sehr wenig angewendet, da viel bessere Ergebnisse bei Weizen-Mutterpflanzen erzielt werden können. In den folgenden Ausführungen wird immer nur von Weizen \times Roggen-Hybriden die Rede sein, da der Ansatz der umgekehrten, reziproken Kreuzungen praktisch unbrauchbar ist, obwohl die Bastarde in allen beiden Fällen völlig gleichwertig sind.

Kreuzungen mit der diploiden Reihe von *Triticum*

Die Kreuzungen mit diploiden ($2n = 14$) waren bisher erfolglos. Die Kreuzung mit *T. boeoticum* gelang nicht, ungeachtet dessen, daß die Kreuzungen mit diploiden oder tetraploiden Roggen ausgeführt wurden.

TSCHERMAK (1913) berichtete über einen einzigen Fall, in dem er bei *T. monococcum* \times *S. cereale*-Kreuzungen eine völlig sterile F_1 -Pflanze bekommen hatte. OEHLER (1931) fand in seinen Versuchen überhaupt keinen Ansatz. Auffallend ist, daß bei identischem Polyploidiegrad die Sterilität beträchtlich hoch ist.

Kreuzungen mit der tetraploiden Reihe des Weizens

Die Kreuzung der tetraploiden Weizen ($2n = 28$) mit dem Roggen ist erfolgreicher. In Kreuzungsversuchen mit *T. dicoccum* konnte z. B. von TSCHERMAK (1913), JESENKO (1913) und NAKAJIMA (1951) Samenansatz

beobachtet werden. In *T. durum*-Kreuzungen hatten TSCHERMAK (1913), FLORELL (1931), OEHLER (1933), in *T. turgidum*-Kreuzungen BLARINGHAM (1924), OEHLER (1931), MÜNTZING (1936) und NAKAJIMA (1952), in denen mit *T. polonicum* FLORELL (1931), mit *T. timopheevi* KOSTOFF (1937), mit *T. carthlicum (persicum)* VAVILOV und JAKUSHKINA (1925) Hybriden bekommen. Der Samenansatz von Kreuzungen zwischen Weizen und Roggen schwankt zwischen 0—60%. OEHLER beobachtete einen 16,8%igen Ansatz (Maximalwert 60%) mit *T. durum* und *turgidum*, doch waren die entwickelten Samen nicht keimfähig oder enthielten weder Keime noch Endosperm.

Sortenverschiedenheiten sind auch bei *T. durum* bekannt. Einige Sorten von *T. durum* weisen auffallend großen Samenansatz (60%) auf (nach ISENBECK-ROSENSTIEL).

Nach unseren Untersuchungen sind die *T. turgidum*- und *T. durum* × *S. cereale*-Kreuzungen erfolgreicher als die von *T. timopheevi* × *S. cereale*. Im ersten Falle hatten wir aus 3,700 Kreuzungen 12 Samen (0,32%) erhalten, im letzteren ergaben die Kreuzungen von 1,320 Blüten nur einen einzigen Samen (0,07%), der aber nicht keimfähig war. Es ist zu betonen, daß aus den *T. turgidum* × *S. cereale*-Kreuzungen immer ziemlich gut keimende Samen hervorgingen, die *T. durum*-Hybriden waren aber im Gegensatz dazu völlig keimungsunfähig (Tabelle 1). Diese Angaben stimmen mit den Beobachtungen OEHLERS (1931) völlig überein.

schritte eben mit der hexaploiden Reihe erreicht werden konnten.

Die ersten Mitteilungen von WILSON (1876), RIMPAU (1891), JESENKO (1913) und LEIGHTY und SANDO (1928) berichten von schwachem Ansatz. Bald wurde aber von BACKHOUSE (1916) die Weizensorte Chinese 466 entdeckt, die mit dem Roggen gut kreuzbar ist. Diese Ergebnisse wurden von LEIGHTY und SANDO bestätigt. FIRBAS (1920) und OEHLER (1931) fanden zwischen den einzelnen Weizensorten — was ihre Kreuzbarkeit mit dem Roggen betrifft — beträchtliche Unterschiede. FIRBAS beobachtete, daß die einzelnen Individuen der heterogenen Landsorte Bokhara in ihrer Kreuzbarkeit mit dem Roggen große Unterschiede aufweisen.

Nach den Untersuchungen von TAYLOR und QUISENBERRY (1935) ist die Kreuzbarkeit des Weizens mit dem Roggen eine erbliche Eigenschaft, und es wird darauf hingewiesen, daß die F₁-Hybride Übergangstypen zwischen den sich gut und schlecht kombinierenden Eltern sind. VASILIEFF (1940) hat auch festgestellt, daß diese Eigenschaft ein erbliches Merkmal ist. LEIN (1943) konnte einen rezessiven Haupt- und einen Nebenfaktor nachweisen, welche die gute Kreuzbarkeit der Sorte Chinese 466 kontrollieren. Ihre Wirkung tritt — wenn auch in kleinerem Maße — in reziproken Kreuzungen ebenfalls auf.

In letzter Zeit berichtet WELLENSIEK (1947) über mehrjährige Versuche, in denen bei Weizen × Roggen-Kreuzungen durchschnittlich 4% Samenansatz zu

Tabelle 1.

Kombination	Jahr	Zahl der gekreuzten Blüten	Zahl der erhaltenen Samen	Samenansatz %	Zahl der gekeimten Samen	Keimung %
<i>T. turgidum</i> × <i>S. cereale</i> 2n.....	1951	300	3	1,00	2	66,6
	1952	1020	5	0,49	2	40,0
	1953	510	2	0,39	1	50,0
<i>T. durum</i> × <i>S. cereale</i> 2n	1952	1290	7	0,54	0	0,0
	1953	300	3	1,00	0	0,0
	1954	300	0	0,00	0	0,0
<i>T. timopheevi</i> × <i>S. cereale</i> 2n	1952	720	0	0,00	0	0,0
	1954	600	1	0,16	0	0,0
<i>T. turgidum</i> × <i>S. cereale</i> 4n.....	1953	450	13	2,89	3	23,1
<i>T. durum</i> × <i>S. cereale</i> 4n.....	1953	240	7	2,91	0	0,0
	1954	270	0	0,00	0	0,0
<i>T. timopheevi</i> × <i>S. cereale</i> 4n.....	1954	600	9	1,50	3	33,3

Eine Änderung der Chromosomenzahlen war nicht mit der Erhöhung der Sterilität verbunden. Der Prozentsatz des Samenansatzes wurde sogar gesteigert, diese Tatsache stimmt mit der Literatur völlig überein.

Kreuzungen mit der hexaploiden Reihe des Weizens

Vom Gesichtspunkt der Kreuzbarkeit aus betrachtet, können die hexaploiden Weizen die interessantesten Resultate ergeben. Diese weisen den größten Unterschied des Polyploidiegrades auf (bezüglich der Chromosomenzahl des Roggens), doch liefern sie innerhalb der ganzen Gattung *Triticum* die besten Prozente an Samenansatz in Weizen-Roggen-Kreuzungen.

Die genauere Beobachtung der Ergebnisse, die auf dem Gebiete der Weizen-Roggen-Kreuzungen erzielt worden sind, läßt schließen, daß die größten Fort-

beobachten war. FORLANI (1953) hat kürzlich mitgeteilt, daß die japanische Weizensorte Akagomughi beim Kreuzen mit Roggen 80%igen Samenansatz aufweist, während die gleichzeitig untersuchte Sorte East kaum kreuzbar (0,33%) war. TOTU (1950) beschäftigte sich in eingehenden Untersuchungen mit der gegenseitigen Kreuzbarkeit von 26 japanischen Weizen- und 6 Roggensorten. Der Samenansatz schwankte im Bereich von 2,1—66,3% in Abhängigkeit von der gewählten mütterlichen Sorte. Väterliche Wirkungen konnten nicht festgestellt werden. SCHNEIDER (1954) berichtet über Samenansätze von 0—8% bei seinen Weizen-Roggen-Kreuzungen.

Die Untersuchungsergebnisse von PISSAREV und VINOGRADOVA sind auch von besonderem Interesse. Die Kreuzbarkeit wurde nach diesen Forschern durch Keimtransplantation wesentlich erhöht (zit. HALL). Über ähnliche Resultate berichtete auch HALL (1954).

Tabelle 2.

Kombination	Jahr	Zahl der gekreuzten Blüten	Zahl der erhaltenen Samen	Samenansatz %	Zahl der gekeimten Samen	Keimung %
<i>T. aestivum</i> × <i>S. cereale</i> 2n	1951	10849	365	3,36	208	57,1
	1952	32120	530	1,65	292	55,1
	1953	6100	849	13,90	400	47,1
	1954	7440	647	8,71	110	17,0
<i>T. aestivum</i> × <i>S. cereale</i> 4n	1953	7080	1144	16,20	576	50,4
	1954	6600	703	10,65	150	21,4
<i>T. spelta</i> × <i>S. cereale</i> 2n	1952	1560	11	0,70	9	81,7
	1953	240	26	10,81	9	34,6
<i>T. spelta</i> × <i>S. cereale</i> 4n	1953	300	117	39,00	55	47,0

Er hat in ähnlichen Versuchen um 11,20% höheren Samenansatz festgestellt.

Die Beobachtungen hatten unsere Aufmerksamkeit auf die großen Unterschiede in der Kreuzbarkeit der verschiedenen Sorten gelenkt. In den Kreuzungsexperimenten wurden die in der Literatur erwähnten Sorten angewendet. Als Mutterpflanzen gelangten aber in erster Linie die besten ungarischen Sorten zur Verwendung. Die Zielsetzung unserer Arbeit war nämlich die Herstellung solcher Hybriden, welche unseren Verhältnissen gut angepaßt sind.

Die Resultate der Kreuzungsexperimente mit hexaploiden Weizen und Roggen sind in der Tabelle 2 angeführt. Sowohl *T. aestivum* wie auch *T. spelta* wies im Laufe der Versuchsjahre gute Kreuzbarkeit mit dem Roggen auf.

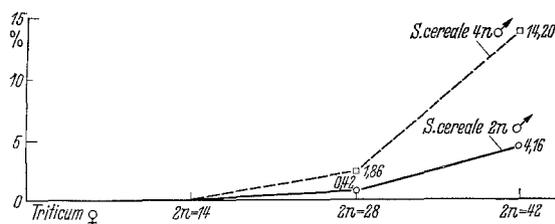


Abb. 1. Die Neigung zur Kreuzbarkeit der Weizen-Reihen mit 2n- und 4n-Roggen

Die verschiedenen Reihen des Weizens zeigen eine so charakteristisch abweichende Neigung zur Kreuzbarkeit, daß die einzelnen polyploiden Reihen, in Anbetracht ihrer Kreuzbarkeit mit dem Roggen, voneinander scharf zu trennen sind (Abb. 1).

Auffallend ist aber, daß mit der Tetraploidisierung des Roggens eine beträchtliche Erhöhung des Samenansatzes verknüpft ist. Durch die Tetraploidisierung des Roggens ist es gelungen, einen dem 4n-Weizen entsprechenden Polyploidiegrad zu erreichen, und es wurde gefunden, daß mit dem Tetra-Roggen die Kreuzbarkeit gesteigert wird. Der höchste Samenansatz konnte jedoch immer in Kreuzungen mit hexaploiden Weizen erreicht werden. Der tetraploide Roggen wies in Kreuzungen mit tetraploidem Weizen im Verhältnis zum diploiden Roggen 1,44% mehr Samenansatz auf.

Der entsprechende Wert ist bei Kreuzungen mit den hexaploiden Weizen auf 10,04% gestiegen.

Eine der wichtigsten Aufgaben unserer Untersuchungen war, festzustellen, ob in dieser Hinsicht innerhalb der hochgezüchteten Sorten Individualverschiedenheiten auftreten. Im positiven Fall sollte noch entschieden werden, ob in den verschiedenen Jahrgängen die diesbezüglichen Ergebnisse einheitlich sind oder mit größeren Schwankungen gerechnet werden muß. Eben deshalb wurden zu den Kreuzungen immer Einzelpflanzen angewendet.

Erwartungsgemäß konnten wir aus den Hochzuchten einige sich speziell mit dem Roggen gut kreuzbare Biotype auslesen. Zur Zeit haben wir mehrere, aus einer einzigen Sorte stammende Linien, die mit dem Roggen ohne besondere Schwierigkeiten kreuzbar sind. Die bisher gefundene beste Linie (Nr. 4) stammt aus der Sorte Bánkúti 1201 und wies im Laufe der vergangenen Jahre immer bessere Kreuzbarkeit mit dem Roggen auf als selbst das Ausgangsmaterial. Die ausgelesenen, gut kreuzbaren Biotypen haben dieses Merkmal in den folgenden Jahren vererbt (Tabelle 3).

Die gleichen Ergebnisse wurden grundsätzlich auch mit anderen Sorten von *T. aestivum* erzielt, es ließ sich also das Vorhandensein besonders gut kreuzbarer Biotypen nachweisen (Fleischmann 481, Thatcher, usw.).

Diese Tatsachen können als gute Beispiele für die Kreuzbarkeit der mütterlichen Seite angesehen werden. Wie von MÜNTZING (1936) darauf hingewiesen wurde, übt die väterliche Seite ebenfalls einen beträchtlichen Einfluß auf die Kreuzbarkeit aus.

Da in unseren Versuchen die Anwendung von Pollengemischen immer bessere Resultate ergab als die Bestäubung mit dem Pollen einer reinen Sorte, kann angenommen werden, daß auch aus den Roggensorten mit dem Weizen gut kreuzbare Biotypen isoliert werden können (Tabelle 4).

Durch die Auslese und Anwendung gut kreuzbarer Biotypen von beiden Seiten kann auch in Gattungskreuzungen eine so hohe Kreuzbarkeit erzielt werden, daß deren Werte die der intraserialen Weizenkreuzungen erreichen.

Tabelle 3.

	1951	1952	1953	1954	1951	1952	1953	1954
	% des Samenansatzes				Maximalwert % des Samenansatzes			
Bánkúti 1201	6,21	1,82	3,04	7,40	20,00	6,65	26,60	30,00
Bánkúti 1201-4-2	33,33	6,15	56,66	49,40	83,50	70,00	86,60	86,60
Thatcher	—	0,0	0,4	0,0	0,00	0,00	6,65	0,00
Thatcher-17	—	7,5	31,9	15,8	—	50,00	36,66	57,14

Tabelle 4.

Vatersorte	Zahl der gekreuzten Blüten	Zahl der erhaltenen Samen	Samenansatz %	Zahl der gekreuzten Samen	Keimung %
<i>S. cereale</i> „Kisvárdai“	4230	67	1,6	53	79,1
<i>S. cereale</i> Sorte „Kisvárdai“ + Sorte „Magyaróvári“ Pollengemisch	1230	167	13,6	100	59,9

Triticum × *Agropyrum*-Kreuzungen

Über Samenansatz in *Triticum* × *Agropyrum*-Kreuzungen berichten zahlreiche Literaturangaben, doch weisen die angegebenen Zahlenwerte große Verschiedenheiten auf. Wegen der umfangreichen Literatur kann auf die Einzelheiten nicht eingegangen werden. Es sei nur bemerkt, daß die russischen Forscher über wesentlich besseren Samenansatz berichten als die kanadischen. Ähnlich ist die Lage auch bei den Sterilitätsverhältnissen und der Homologie der Genome. Zu berücksichtigen ist auch, daß das bei den Weizenkreuzungen meistens verwendete *Agropyrum intermedium* (*glaucum*) eine allogame Pflanze ist und dieser Umstand wesentliche Inhomogenität verursachen kann.

Die Meinungen stimmen darin überein, daß die Kreuzung bei Anwendung von *Triticum* als ♀ erfolgreicher ist als in der reziproken Richtung. Diese Erscheinung wird hauptsächlich dadurch verständlich, daß das Kastrieren von *Agropyrum* schwer durchführbar ist. Die reichliche Pollenentwicklung dieser Pflanze begünstigt ebenfalls ihre Anwendung als Vater. Diese Meinung steht mit unseren Erfahrungen in völliger Übereinstimmung. Deshalb wurden von uns in den letzten Jahren keine reziproken Kreuzungen durchgeführt.

Als Ausgangsmaterial für züchterische Zwecke sind in erster Linie *A. intermedium* und *A. elongatum* von besonderem Interesse. Darum wird im folgenden über Kreuzungen mit diesen Arten berichtet.

A. elongatum läßt sich mit dem Weizen im allgemeinen besser kreuzen als *A. intermedium* (Tabelle 5). Nach ARMSTRONG (1936, 1945) ist *A. intermedium* mit den tetraploiden Weizen, *A. elongatum* aber mit den hexaploiden besser kreuzbar. Zum gleichen Schluß kommen auch NEMLIENKO (1939), WHITE (1940), SMITH (1942) und ZIZIN (1954). Wir konnten diese Feststellungen bestätigen (Tabelle 5). Im Falle der *Agropyrum*-Kreuzungen besteht in diesen nicht die bei den Roggen-Kreuzungen gültige Regel, wonach die Kreuzbarkeit (% des Samenansatzes) in der Richtung Hexaploide → Diploide ständig abnimmt.

ZIZIN (1954) hatte schon darauf hingewiesen, daß die gut kreuzbaren *Agropyrum*-Stämme große praktische Perspektiven aufweisen. Seine diesbezüglichen Angaben berichten aber nur die Verschiedenheiten einiger *Agropyrum*-Varietäten. ZIZINs Mitarbeiter LAPTSCHENKO (1953) konnte in Kreuzungen mit ge-

züchteten Weizensorten, die als reine Linien betrachtet werden können, nur kleineren Samenansatz erreichen als mit Landsorten und Hybridsorten, die aus verschiedenen Populationen bestehen. LAPTSCHENKO erklärte diese Ergebnisse auf Grund der MITSCHURINSCHEN Lehre durch die erhöhte Plastizität der Hybridsorten. Es scheint jedenfalls möglich zu sein, daß die letzteren in höherem Prozentsatz gut kombinierbare Biotypen enthalten. ARMSTRONG (1945) hat aus *A. elongatum* solche Stämme isoliert, die mit *T. aestivum* und *T. dicoccum* gut kreuzbar sind. Nach seinen Beobachtungen gibt z. B. die Kreuzung *T. dicoccum* (Vernal) × *A. elongatum* 820 38,7% Samenansatz, während ein anderer Stamm (*A. elongatum* 1083) in entsprechenden Kreuzungen nur 1,5% ergibt. Die Kreuzungsergebnisse fallen mit *T. aestivum* umgekehrt aus, indem der letztere Stamm den höheren (16,2%) Samenansatz aufweist (Stamm Nr. 820 2,2%). Diese Erfahrungen sprechen für die Spezifität der Kreuzbarkeit. MEISTER (1928) fand zwischen den Hartweizen einige Sorten, welche als ♀ Pflanzen sich mit *A. intermedium* besonders gut kreuzen.

Wie aus den Angaben der Tabelle 5 zu entnehmen ist, konnten wir bei Verwendung von *Agropyrum* als Mutter in unseren Versuchen keinen Samenansatz erreichen. Die kleine Zahl der Kreuzungen ist mit den Kastrierungsschwierigkeiten der *Agropyrum*-Blüten zu erklären. Die erhaltenen Ergebnisse weisen klar auf die entscheidende Bedeutung der gut kreuzbaren Biotypen hin. Im Gegensatz zum Durchschnittswert des Samenansatzes (0,44%) ist dieser bei gut kombinierbaren Biotypen beträchtlich erhöht (12,0%). Mit dem besten Biotyp von *A. intermedium* wurde sogar ein fast 40%iger Samenansatz erzielt.

Tabelle 5.

Kombination	Zahl der gekreuzten Blüten	Zahl der erhaltenen Samen	Zahl der gekreuzten Samen	Samenansatz %	Keimung %
<i>T. aestivum</i> × <i>Agropyrum intermedium</i> ...	8831	39	20	0,44	51,2
<i>A. intermedium</i> × <i>T. aestivum</i>	300	0	0	0,0	0,0
<i>T. aestivum</i> × <i>A. intermedium</i> —14	112	4	3	3,5	75,5
—17	354	33	18	9,3	54,5
—30	121	8	1	6,6	12,5
—45	123	13	8	10,5	61,5
—86	102	40	17	39,2	42,5
Durchschnitt der gut kombinierenden Biotypen.....	812	98	47	12,0	47,9
<i>Triticale</i> Martonvásár 1 × <i>A. elongatum</i>	3800	66	43	1,7	65,1
<i>Triticale</i> Martonvásár 1 × <i>A. elongatum</i> —2	210	24	14	11,4	58,5

Ein ähnliches Bild ergibt sich aus dem Vergleich der Versuchsergebnisse zwischen den verschiedenen Biotypen von *A. elongatum* und der *Triticale* Martonvásár Nr. 1. Durchschnittswert ist 1,7%, der Biotyp Nr. 2 weist aber 11,4% Samenansatz auf.

Da die in den Versuchen herangezogenen *Agropyrum*-Pflanzen nicht aus Inzuchtmaterial stammen, können die gut kreuzbaren Biotypen durch sexuelle Fortpflanzung nicht erhalten werden, wie dies z. B. bei den Weizen-Biotypen gewöhnlich geschieht. Der perennierende Charakter von *Agropyrum* bietet aber in dieser Hin-

sicht ausgesprochene Vorteile, da die gut kombinierbaren Biotypen vegetativ durch Klon-Züchtung unbeschränkt vermehrt werden können.

Obwohl ARMSTRONGS Angaben auf eine strenge Spezialisierung hindeuten, sollte diese Frage im folgenden in verschiedenen Kombinationen noch ausführlicher untersucht werden. Von der Kreuzbarkeit zwischen gut kreuzbaren Weizen- und *Agropyrum*-Biotypen sind noch weitere Ergebnisse zu erwarten.

Kreuzbarkeit innerhalb der Gattung *Triticum*

WATKINS (1927a, 1927b, 1928), THOMPSON (1926, 1930), THOMPSON und CAMERON (1928), MEISTER (1928), WAKAKUWA (1930, 1934), MATSUMURA (1936a, 1936b), KATAYAMA (1933) sowie GRANHALL (1943) u. a. hatten Untersuchungen in pentaploiden Weizenkreuzungen über den Einfluß der Kreuzungsrichtung auf den Samenansatz und die Keimfähigkeit der Hybridsamen ausgeführt (Tabelle 6).

Tabelle 6.

Kreuzungsrichtung	Samenansatz %	Keimung %	Autor
6x × 4x	—	84,0	WATKINS (1927, 1932)
4x × 6x	—	38,0	WATKINS (1927, 1932)
6x × 4x	—	84,2	THOMPSON und CAMERON (1928)
4x × 6x	—	55,9	THOMPSON und CAMERON (1928)
6x × 4x	71,0	98,2	WAKAKUWA (1930, 1934)
4x × 6x	95,3	61,2	WAKAKUWA (1930, 1934)
6x × 4x	91,7	90,9	KATAYAMA (1933)
4x × 6x	96,4	7,4	KATAYAMA (1933)
6x × 4x	15,3	59,2	GRANHALL (1943)
4x × 6x	4,3	22,2	GRANHALL (1943)

Tabelle 7.

Kombination	Zahl der gekreuzten Blüten		Zahl der erhaltenen Samen		Zahl der gekeimten Samen	
	4x♀	6x♀	4x♀	6x♀	4x♀	6x♀
<i>T. turgidum</i> × <i>T. aestivum</i>	7564	4077	387	77	48	50
<i>T. turgidum</i> × <i>T. spelta</i>	319	207	4	1	3	1
<i>T. carthlicum</i> × <i>T. aestivum</i>	1228	1099	451	165	34	151
<i>T. polonicum</i> × <i>T. aestivum</i>	147	536	38	45	7	23
Zusammen	9258	5919	880	288	92	225
Samenansatz %			9,50	4,86		
Keimung %					10,4	78,1

WATKINS war der erste, der beobachtete, daß der Prozentsatz der Keimung in der F₁ niedriger ist, wenn die ♀ die kleinere Chromosomenzahl aufweist. Er stellte fest, daß in F₁ × *T. aestivum*- und *T. turgidum* × F₁-Rückkreuzungen geschrumpfte, schwach keimende Samen entstehen, während die umgekehrten Kombinationen gut entwickelte und keimfähige Körner ergeben. Ähnliche Angaben wurden in *T. aestivum* × *T. durum*-Kreuzungen von THOMPSON und CAMERON sowie von MEISTER mitgeteilt. WAKAKUWA, KATAYAMA und MATSUMURA hatten gezeigt, daß der Samenansatz höher wird, wenn die Mutter die kleinere Chromosomenzahl aufweist, während im umgekehrten Fall die F₁-Körner besser keimen. Im Gegensatz

zu den japanischen Autoren konnte GRANHALL in *T. turgidum* × *T. aestivum*-Kreuzungen nachweisen, daß sowohl Samenansatz wie auch Keimungsprozent bei höheren mütterlichen Chromosomenzahlen höhere Werte erreichen. In einer späteren Arbeit berichtete THOMPSON, daß bei den Rückkreuzungen besser entwickelte und besser keimende Samen entstanden, wenn *T. dicoccum* als Mutter- und die F₁ *dicoccum* × *aestivum* als Vaterpflanze diente.

Abb. 2. Oben links: *T. carthlicum* 4 x; oben rechts: *T. spelta* 6 x; Mitte: 4 x × 6 x; unten: 6 x × 4 x.

Auf Grund der diesbezüglichen Literatur kann also festgestellt werden, daß THOMPSONS Ergebnisse in den Keimungsprozenten und die von GRANHALL hinsichtlich des Samenansatzes und die von anderen Forscher widersprechen. Im Gegensatz dazu hält KATAYAMA diese Erscheinungen für die Gattung *Triticum* für so charakteristisch, daß der Typ selbst mit dem Namen *Triticum* bezeichnet wurde („*Triticum*-Typ“).

Der Einfluß und die Bedeutung der Chromosomenzahlen auf die Kreuzungsergebnisse wurde von uns an reziproken pentaploiden und triploiden Kreuzungen untersucht.

Die diesbezüglichen Ergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengefaßt. Wie aus den Angaben zu entnehmen ist, stimmen die Resultate mit denen der japanischen Autoren überein. Die höheren Prozente des Samenansatzes konnten nämlich in 4x × 6x-Kreuzungen erreicht werden. Der höhere Keimungsprozentsatz wurde konsequent bei umgekehrter Richtung 6x × 4x gefunden. Beim Vergleich der

Prozentzahlen der Keimung und des Ansatzes wird offenbar, daß die Angaben der Keimungsprozente in reziproken Kreuzungen ausgeprägtere Abweichungen aufweisen, als dieses in den Werten des Samenansatzes zu beobachten ist. Daraus kann gefolgert werden, daß der Prozentsatz der Keimung durch die Kreuzungsrichtung in höherem Maße beeinflußt wird als der Grad des Samenansatzes.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von WATKINS wurde nämlich gefunden, daß die aus 4x × 6x-Kreuzungen stammenden F₁-Samen geschrumpft, die aus reziproken Kreuzungen stammenden aber gut entwickelt waren (Abb. 2). Die Entwicklung des Endosperms wird im ersten Falle gestört, und diese

Erscheinung ist mit schwacher Keimfähigkeit verbunden.

Die Frage wurde auch in *T. monococcum* × *T. dicoccum*- und in anderen triploiden Kreuzungen untersucht (Tabelle 9). Die Angaben des Samenansatzes und der Keimung stimmen mit denen der Pentaploid-Kreuzungen vollständig überein. In dieser Hinsicht konnte kein Unterschied zwischen den Kreuzungen der triploiden und pentaploiden Pflanzen festgestellt werden.

In Rückkreuzungen verschiedener Richtungen wurde die Bedeutung der Chromosomenzahlen ebenfalls untersucht. Wie aus der Tabelle 9 zu ersehen ist, konnte der höhere Samenansatz — in Übereinstimmung mit WATKINS Ergebnissen — bei Verwendung der Pflanzen mit kleinerer Chromosomenzahl als ♀ erreicht werden. Die reziproke Kreuzung ergab bessere Keimfähigkeit. THOMPSONS Ergebnisse konnten also von uns nicht bestätigt werden.

Die Untersuchung der mit *T. timopheevi* ausgeführten Kreuzungen stellt einen Sonderfall dar. Eine getrennte Behandlung dieser Frage wird durch die genetische „Isoliertheit“ von *T. timopheevi* gerechtfertigt. Der G-Genom ist nämlich von den anderen Weizen-Genomen ganz abweichend, und es tritt der merkwürdige Fall ein, daß diese Art auch innerhalb ihrer eigenen Reihe sehr schwach kreuzbar ist. Eben deshalb kann die Angabe von KATAYAMA (1933) als sehr auffallend betrachtet werden, wonach er in pentaploiden Kreuzungen mit *T. timopheevi* ausgezeichneten Samenansatz erhielt (20 Samen/20 Blüten). Es sei jedoch bemerkt, daß die Samen nicht keimfähig waren und daß die reziproke Kreuzung (*T. timopheevi* ♂) vollständig erfolglos war.

Wie Tabelle 10 zeigt, konnten wir in allen beiden Richtungen Samenansatz erhalten. Die Berücksichtigung der diesbezüglichen Angaben sowie die der Keimfähigkeit zeigt jedoch nicht einen solchen eindeutigen Einfluß der entsprechenden Chromosomenzahlen auf diese erwähnten Eigenschaften, wie dies z. B. aus den oben ausführlich dargelegten Ergebnissen zu ersehen ist. Diese Verhältnisse sollen noch eingehend untersucht werden. Die bisherigen Angaben weisen jedenfalls darauf hin, daß die mit *T. timopheevi* ausgeführten Kreuzungen nicht vollständig dem *Triticum*-Typ folgen.

Besprechung der Ergebnisse

Es wurde untersucht, inwieweit die verschiedenen Weizen-Reihen mit dem Roggen kreuzbar sind. Die erhaltenen Ergebnisse stimmen im allgemeinen mit den Literaturangaben überein. Da die diploide Reihe mit dem Roggen am schwächsten kreuzbar ist, können wir auf die entscheidende Rolle der Differenz des Polyploidiegrades der Eltern schließen. Diese Tatsache wird auch dadurch bewiesen, daß die Tetra-Roggen, mit den tetraploiden Weizen gekreuzt,

Tabelle 8.

Kombination	Zahl der gekreuzten Blüten		Zahl der erhaltenen Samen		Zahl der gekeimten Samen	
	2 x ♀	4 x ♀	2 x ♀	4 x ♀	2 x ♀	4 x ♀
<i>T. monococcum</i> × <i>T. dicoccum</i>	110	284	10	5	1	5
<i>T. dicoccum</i> × <i>T. monococcum</i>	40	137	5	12	1	8
Zusammen	150	421	15	17	2	13
Samenansatz %			10,0	4,0		
Keimung %					13,3	76,4

Tabelle 9.

Kombination	♀	♂	Zahl der gekreuzten Blüten	Zahl der erhaltenen Samen	Zahl der gekeimten Samen	Samen-	Kei-
						ansatz	mung
						%	%
<i>T. aestivum</i> × (<i>T. turgidum</i> × <i>T. aestivum</i>)	6x	F ₁	1,634	134	50	8,2	37,3
<i>T. aestivum</i> × (<i>T. aestivum</i> × <i>T. turgidum</i>)	6x	F ₁	950	20	20	2,1	100,0
<i>T. turgidum</i> × (<i>T. aestivum</i> × <i>T. turgidum</i>)	4x	F ₁	816	33	9	4,0	27,2
<i>T. aestivum</i> × (<i>T. turgidum</i> × <i>T. turgidum</i>)	4x	F ₁	710	14	14	1,9	100,0

Tabelle 10.

Kombination	Jahr	Zahl der gekreuzten Blüten	Zahl der erhaltenen Samen	Zahl der gekeimten Samen	Samen-	Kei-
					ansatz	mung
					%	%
<i>T. timopheevi</i> × <i>T. aestivum</i>	1951	920	2	1	0,2	50,0
	1952	1250	19	7	1,5	36,8
	1953	737	3	0	0,4	0,0
<i>T. aestivum</i> × <i>T. timopheevi</i>	1951	1410	19	1	1,3	5,2
	1952	550	1	0	0,1	0,0
	1953	655	5	1	0,7	20,0
Zusammen 4x × 6x		2907	24	8	0,8	33,3
6x × 4x		2615	25	2	0,9	8,0

schwächeren Samenansatz ergeben als die Kreuzungen Tetra-Roggen × hexaploider Weizen-(Kreuzungen).

In den mit Tetra-Roggen ausgeführten Kreuzungen stieg der Samenansatz im Verhältnis zu den Kreuzungsergebnissen mit diploiden Sorten im allgemeinen an, ungeachtet dessen, ob als Kreuzungspartner tetraploide oder hexaploide Weizen gewählt wurden. Die exakte Erklärung dieser Verhältnisse ist noch nicht gelungen, aber es kann vorläufig als wahrscheinlich angenommen werden, daß auch in diesem Falle mit dem Vorhandensein eines besonders gut kreuzbaren Biotypes (♂) gerechnet werden muß, der eben durch die Polyploidisierung einer aus der Roggensorte Magyaráróvári ausgelesenen Linie entstanden ist.

Die zwei näher untersuchten hexaploiden Arten (*T. aestivum* und *T. spelta*) wiesen von dem Gesichts-

punkte ihrer Kreuzbarkeit aus betrachtet keine wesentlichen Unterschiede auf.

Der Grad der Kreuzbarkeit zwischen den höheren systematischen Kategorien (Gattungen, Arten) wird durch die Kreuzbarkeit der einzelnen Sorten bzw. deren Biotypen bestimmt. Eben deshalb soll bei der Untersuchung der Art- und Gattungskreuzungen der Prüfung der Kreuzbarkeit dieser Biotypen immer höhere Bedeutung zugeschrieben werden. Da die Kreuzbarkeit des Weizens (Sorte Chinese 466) mit dem Roggen nach den Untersuchungen von TAYLOR und QUISENBERRY sowie nach LEIN spezifische Faktoren (1 Haupt- und 1 Nebenfaktor) kontrollieren und nach unseren Beobachtungen die gut kreuzbaren Biotypen — abgesehen von ihrer hohen Kreuzbarkeit — in keinem besonderen Merkmal von der Muttersorte abweichen, kann angenommen werden, daß durch die Vermehrung der sehr gut kombinierbaren Biotypen die durchschnittliche Kreuzbarkeit der betreffenden Sorte wesentlich verbessert werden kann.

Im Laufe unserer Kreuzungsversuche ist es gelungen, aus verschiedenen *T. aestivum* ♀-Sorten mit dem Roggen gut kreuzbare Biotypen auszulesen. Dasselbe gilt auch für die Kreuzungen zwischen *A. intermedium* oder *elongatum* (♂) und *T. aestivum* bzw. *Triticale*. Die hohe Kreuzbarkeit kann also sowohl von der Seite der Mutter wie auch von der des Vaters festgestellt werden. Diese Befunde stehen mit MÜNTZINGS Erfahrungen in völliger Übereinstimmung. Wie nach den oben dargelegten Tatsachen zu erwarten ist, kann der Samenansatz durch die Auslese gut kreuzbarer Biotypen von beiden Seiten (♀ und ♂) wahrscheinlich in vielen Kreuzungen wesentlich gefördert werden. Chinese, Bokhara usw. sind Landsorten; Bánkuti 1201, Fleischmann 481, Thatcher können dagegen als Hochzuchten betrachtet werden. Sie sind jedoch bezüglich ihrer Kreuzbarkeit Populationen, die in kleinerer oder größerer Menge gut kreuzbare Biotypen enthalten. Unsere Erfahrungen sprechen dafür, daß durch eine sorgfältige Analyse (zyklische Kreuzungen) der im allgemeinen schwach kreuzbaren Sorten und durch die Vermehrung der gut kreuzbaren Komponente die hohe Kreuzbarkeit von Chinese auch in anderen Fällen erreicht werden kann.

Daraus können noch weitere Folgerungen gezogen werden. Durch die Anwendung besonders gut kreuzbarer Biotypen kann die Zahl der Kreuzungen wesentlich vermindert werden, wodurch eine bedeutende Arbeitseinsparung erzielt wird. Außerdem ist auch die Tatsache von Bedeutung, daß die Kreuzungen im Zeitpunkt der Geschlechtsreife der Hauptähren ausgeführt werden können. Damit sind im allgemeinen bessere Kreuzungsergebnisse verbunden.

Aus der Berücksichtigung der Literatur ergibt sich, daß die Autoren bei den Art- und Gattungskreuzungen meistens die bekannten gut kreuzbaren Sorten angewendet haben. Diese Sorten sind aber im allgemeinen von geringer praktischer Bedeutung. Wenn die Kreuzungen auch praktischen, züchterischen Zwecken dienen sollen, muß dem wirtschaftlichen Wert der angewendeten Sorten die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Da mit der möglichen Isolierung gut kreuzbarer Biotypen gerechnet werden kann, spielt in Zukunft die durchschnittliche Kreuzbarkeit der Eltern keine Rolle. Bei der Auswahl unseres Aus-

gangsmaterials können deshalb grundsätzlich praktisch-züchterische Zielsetzungen ausschlaggebend sein. Von diesen Tatsachen ausgehend, werden in unseren Arbeiten die gut kreuzbaren Biotypen immer mit besonderer Rücksicht auf praktische Ziele isoliert und angewendet.

Die behandelten Fragen sind mit anderen theoretischen Problemen verknüpft. Wie bekannt, deutet die bloße Erscheinung der Kreuzbarkeit auf gewisse Verwandtschaft der Partner hin. Die Bestimmung des Kombinationsgrades durch die Ermittlung der höheren oder niedrigeren Prozente des Samenansatzes kann aber nicht als geeignetes Mittel für die Beurteilung der Verwandtschaftsverhältnisse dienen, da — wo auf Kreuzungen besonders in Weizen-Roggen hingewiesen wurde — der Grad der Kreuzbarkeit durch solche Faktoren kontrolliert wird, die wahrscheinlich nicht artspezifisch sind. Unter Berücksichtigung der Literatur kann aus unseren Ergebnissen gefolgert werden, daß die für die Kreuzbarkeit verantwortlichen Faktoren in den Arten des ganzen Triticinae-Kreises wahrscheinlich ziemlich weit verbreitet sind. Diese Eigenschaft ist für die Arten bzw. Sorten in erster Linie von der Populationszusammensetzung, d. h. von dem Verhältnis der gut und schlecht kreuzbaren Biotypen, abhängig. Dadurch wird verständlich, daß die Kreuzungsversuche ganz abweichende Ergebnisse liefern können, wenn eine große oder kleine Anzahl von Pflanzen angewendet wird. Damit kann man jene Erfolge erklären, welche bei Anwendung von Pollengemischen erreicht worden sind. Ein richtiges Bild über die Kreuzbarkeit einer gegebenen Art oder Gattung kann nur dann erhalten werden, wenn bei möglichst vielen Sorten durch eine Populationsanalyse die Menge der durchschnittlichen und der besonders guten Biotypen sowie deren Verhältnis bestimmt wird. Der Durchschnittswert der Kreuzbarkeit ist nur von theoretischem Standpunkt aus wichtig. Die Kreuzbarkeit der einzelnen Biotypen ist praktisch von größerer Bedeutung. Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß die Neigung zur Kreuzung nur durch die Bestimmung des Verhältnisses der schwach und gut kreuzbaren Biotypen beurteilt werden kann.

Unsere (innerhalb des Genus *Triticum*) aus pentaploiden Kreuzungen (exkl. *timopheevi*-Kreuzungen) stammenden Angaben stehen mit der von den früheren Autoren gefundenen Regel in völliger Übereinstimmung, zu THOMPSONS und GRANHALLS Ergebnissen stehen sie in Widerspruch. GRANHALL (1943) berichtet darüber, daß in Schweden die Umweltbedingungen für die *turgidum*-Weizen ungünstig sind und daß dieser Umstand für den schwachen Samenansatz der Tetraploiden verantwortlich gemacht werden kann. Zu den gleichen Schlüssen kommt man aus seinen Versuchsergebnissen, wo in *T. turgidum* × *T. turgidum*-Kreuzungen der Samenansatz überraschend niedrig ist (6,3—21,6%).

Wie aus den mitgeteilten Angaben hervorgeht, beeinflusst die Kreuzungsrichtung den Keimungsprozentsatz stärker. Daraus können wir mit guten Gründen folgern, daß die Verwendung der höhere Chromosomenzahlen enthaltenden Arten als Mutter infolge der besseren Keimungsprozente der Hybrid-samen vorteilhaft ist. Die geringe, gleichzeitige Abnahme des Samenansatzes kann durch die Auslese und

Anwendung der stark kreuzbaren Biotypen kompensiert werden.

Bei den pentaploiden Kreuzungen wurde den mit *T. timopheevi* erhaltenen Kombinationen eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. In diesen Kombinationen tritt nämlich die in den anderen pentaploiden Kreuzungen beobachtete Regelmäßigkeit nicht hervor. Der Samenansatz ist praktisch von der Richtung der Kreuzung unabhängig, der Prozentsatz der Keimung wird jedoch bei Anwendung von *T. timopheevi* (4x) als ♀ höher. Diese Art folgt also dem *Triticum*-Typ nicht, damit wird die allgemeine Gültigkeit dieser Regel für die ganze Gattung sehr fraglich. Dieses Problem benötigt aber noch weitere ausführlichere Untersuchungen.

Die triploiden Kreuzungen waren bei pentaploiden Kreuzungen ähnlich. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß die mit den elterlichen Chromosomenzahlen verknüpfte Regel innerhalb der ganzen Gattung, inbegriffen die Rückkreuzungen, gültig ist. Eine Ausnahme bilden nur die pentaploiden *T. timopheevi*-Kreuzungen.

Zusammenfassung

1. Nach unseren Untersuchungen — in Übereinstimmung mit der Literatur — nimmt die Kreuzbarkeit der einzelnen Weizen-Reihen mit dem Roggen von der diploiden Reihe bis zur hexaploiden ständig zu. In Weizen-Roggen-Kombinationen spielt also der Polyploidiegrad der Eltern eine entscheidende Rolle. Es wurde festgestellt, daß sich die 4x-Weizen mit den Tetra-Roggen schlechter kreuzen als die 6x-Weizen mit denselben Roggen.

2. Es wurde festgestellt, daß der Tetra-Roggen mit den 4x- und 6x-Weizen-Reihen besser kreuzbar ist als der 2n-Roggen.

3. Aus *T. aestivum*-Zucht-Sorten (♀) ist es gelungen, solche Biotypen auszulesen, die sich mit dem Roggen sehr gut kreuzen lassen. Aus *Agropyrum intermedium*- und *elongatum* (♂)-Populationen konnten ebenfalls solche Biotypen isoliert werden, die sich mit *T. aestivum* und mit der *Triticale* Martonvásár Nr. 1 gut kreuzten. Die Isolierung sehr gut kreuzbarer Biotypen ist also sowohl von der mütterlichen wie auch von der väterlichen Seite her möglich. In den Pollengemischen sind die stark kreuzbaren Biotypen in höherem Prozentsatz vorhanden. Die Vorteile der Pollengemische bei der Bestäubung sind dadurch gut erklärbar.

4. Die Vorteile bei der Anwendung der sehr gut kreuzbarer Biotypen sind folgende:

a) die Zahl der Kreuzungen kann herabgesetzt werden,

b) die Auswahl der Kreuzungspartner kann unter besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen Eigenschaften erfolgen.

5. Die Kreuzbarkeit ist kein ausreichendes Merkmal für die Beurteilung der Verwandtschaftsverhältnisse, da die faktorielle Begründung der Kreuzbarkeit von den Art- und auch noch von den Sorten-Eigenschaften unabhängig zu sein scheint. Die Durchschnittswerte der Kreuzbarkeit werden durch die Populationszusammensetzung, d. h. durch das relative Verhältnis der sehr gut kreuzbaren Biotypen, bestimmt.

6. Die mit *T. timopheevi* ausgeführten pentaploiden Kreuzungen ausgenommen, erwies sich der von KATAYAMA vorgeschlagene „*Triticum*-Typ“ für den ganzen

Genus *Triticum* als zutreffend. Es sind jedoch infolge der negativen Ergebnisse der *T. timopheevi*-Kreuzungen noch weitere Forschungen über die Zusammenhänge der Chromosomenzahlen mit dem Samenansatz und Keimungsprozentsatz der F₁-Samen nötig.

7. In pentaploiden Kreuzungen beeinflußt die Chromosomenzahl der Eltern den Keimungsprozentsatz der F₁-Samen stärker als den Samenansatz. Deshalb scheint es zweckmäßig zu sein, Arten, die höhere Chromosomenzahl enthalten, als Mutter zu verwenden. Die damit verbundene geringfügige Abnahme des Samenansatzes kann durch die Verwendung der sehr gut kreuzbaren Biotypen kompensiert werden.

Literatur

1. ARMSTRONG, J. M.: Hybridization of *Triticum* and *Agropyron* I. Crossing results and description of the first generation hybrids. *Canad. J. of Res. C* **14**, 190—202 (1936). — 2. ARMSTRONG, J. M.: Investigations in *Triticum*- and *Agropyron*-hybridisation. *Emp. J. Exp. Agr.* **13**, 41—53 (1945). — 3. BACKHOUSE, W. O.: Note on the inheritance of „crossability“. *J. of Genet.* **2**, 91—94 (1916). — 4. BLARINGHEM, L.: Sur un nouvel hybride fertile de Blé poulard (*Triticum turgidum* L.) et de Seigle (*Secale cereale* L.). *Bull. Soc. Bot France* **71**, 1158—1168 (1924). — 5. BLEIER, H.: Genetik und Zytologie teilweise und ganz steriler Getreidebastarde. *Bibliogr. Genet.* **4**, 322—400 (1928). — 6. BLEIER, H.: Über Vererbung der Gattungsbastarde des Roggens (*Aegilops* × Roggen) und (*Aegilops* × Roggen) × Weizen Bastarde. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **17**, 70—79 (1932). — 7. BLED SOE, J. D.: A rye-wheat hybrid. *J. of Hered.* **23**, 180 (1932). — 8. BUCHINGER, A.: Ein Roggen-Weizen- und Weizen-Roggen-Bastard. *Züchter* **3**, 329—333 (1931). — 9. CHAD, C. u. P. HUGUES: Hybrides „blé-seigle“. *Ann. des Épiphetes et de Phytogénétique*. 236—265 (1938). — 10. FIRBAS, H.: Über die Erzeugung von Weizen-Roggen Bastarden. *Z. f. Pflanzenzüchtung*, **7**, 249—282 (1920). — 11. FLORELL, V. H.: A genetic study of Wheat × Rye Hybrids and Back Crosses. *J. of Agric. Res.* **42**, 315—339 (1931). — 12. FORLANI, R.: L'ibridazione interspecifica come mezzo di miglioramento del grano. *Ital. Agric.* **90**, 107—118 (1953). *Ref. PBA.* **4**, 556 (1953). — 13. GAINES, E. F. u. F. J. STEVENSON: Rye-Wheat and Wheat-Rye Hybrids. *J. of Hered.* **13**, 81—90 (1922). — 14. GRANTHALL, I.: Genetical and physiological studies in interspecific wheat crosses. *Hereditas* **29**, 269—380 (1943). — 15. HALL, O.: Hybridization of Wheat and Rye after Embryo Transplantation. *Hereditas*. **40**, 453—458 (1954). — 16. JESSENKO, F.: Über Getreide-Speciesbastarde (Weizen-Roggen). *Zeitschr. f. ind. Abst. Vererbungsleh.* **10**, 311—326 (1913). — 17. KARAPETJAN, V. K.: Geneticeszkij analiz rzsano-psenicsnih i psenicsnih gibridov. *Agrobiologija*. **3**, 67—80 (1953). — 18. KATAYAMA, Y.: Crossing experiments in certain cereals with special reference to different compatibility between the reciprocal crosses. *Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ.* **27**, 1—75 (1953). — 19. KATTERMANN, G.: Zytologische Notiz über Weizen-Roggen-Bastarde. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **19**, 183—194 (1934). — 20. KISS, Á.: Genetic investigations of wheat-rye hybrids and *Triticale* No. 1. of Martonvásár. *Acta Agronomica*. **4**, 239—278 (1954). — 21. KISS, Á. u. G. RÉDEI: Experiments to produce rye-wheat (*Triticale*). *Acta Agr. Ac. Sci. Hung.* **3**, 257—276 (1953). — 22. KLUCSAREVA, M. V.: Citologiceszkije isledoványia nyekatorich mezsvidovich gibridov. *Agrobiologija*. **81**—92 (1952). — 23. KOSTOFF, D.: Chromosome behavior in *Triticum* hybrids and allied genera II. *Tr. timopheevi* (n = 14) × *Secale cereale* (n = 7). *Ztsch. für Zücht. Reihe A: Pflanzenzücht.* **21**, 378—379 (1937). — 24. LEIGHTY, C. E. u. W. J. SANDO: Natural and artificial hybrids of Chinese Wheat and Rye. *J. of Hered.* **19**, 23—27 (1928). — 25. LAPTSCHENKO, G. D.: Itogi selekcionnoi raboti sz ozinini psenicsnopüreiniini gibridami. *Vopor. Szelekci.* **16**, 66—100 (1953). — 26. LEIN, A.: Die Wirksamkeit von Kreuzbarkeitsgenen des Weizens in Kreuzungen von Roggen ♀ mit Weizen ♂. *Züchter* **15**, 1—3 (1943). — 27. MATSUMURA, S.: Weitere Untersuchungen über die pentaploiden *Triticum*-Bastarde. *V. Be-*

- ziehungen zwischen Chromosomenzahlen und Sterilität sowie einigen morphologischen Eigenschaften in der F_2 -Generation des Bastardes *T. polonicum* \times *T. spelta*. Jap. J. of Bot. 8, 65—83 (1936). — 28. MATSUMURA, S.: Weitere Untersuchungen über die pentaploiden *Triticum*-Bastarde. VII. Beziehungen zwischen Chromosomenzahlen und Fruchtbarkeit in den Rückkreuzungen des Bastards *T. polonicum* \times *T. spelta* zu den Eltern. Ibidem 8, 205—214 (1936b). — 29. MEISTER, N. u. N. A. TRUMIAKOV: Rye-Wheat hybrids of the F_1 generation in direct and reciprocal crosses. J. of exp. Landw. in USSR. 4, 88—98 (1927). — 30. MEISTER, G. K.: Das Problem der Speziesbastardierung im Lichte der experimentellen Methode Zeitschr. ind. Abst. Vererbungsl. Suppl. II, 1094—1117 (1928). — 31. MÜTZING, A.: The evolutionary significance of autopolyploidy. Hereditas 21, 263—378 (1936). — 32. NAKAJIMA, G.: Cytogenetical studies of F_1 plants raised between *Triticum dicoccum* ($n^* = 14$) and *Secale cereale* ($n = 7$). La kromosomo, 11, 410—415 (1951). — 33. NAKAJIMA, G.: Cytological studies on the sterile F_1 plants raised between *Triticum turgidum* and *Secale cereale*. La kromosomo, 14, 410—415 (1952). — 34. NAKAJIMA, G.: Cytogenetical studies on the intergeneric F_1 hybrids between *Triticum vulgare* and three species of *Secale*. Jap. J. of Botany. 14, 194—214 (1954). — 35. NEMLIENKO, N. B.: Results of work with *Triticum-Agropyron* hybrids. Szelekc. i. Semenov. 4, 16—19. Ref: Plant Breeding Abstr. 9, (1442) 417 (1949). — 36. OEHLER, E.: Untersuchungen über Ansatzverhältnisse, Morphologie und Fertilität bei Weizen-Roggenbastarden. Z. f. Pflanzenzüchtung 16, 357—393 (1931). — 37. OEHLER, E.: Untersuchungen über Ansatzverhältnisse, Morphologie und Fertilität bei *Aegilops*-Weizenbastarden. Zeitschr. ind. Abst. Vererbungsl. 64, 95—153 (1933). — 38. PISSAREV, W. E. u. N. M. VINOGRADOVA: Hybrids between wheat and *Elymus*. Zit. HALL, O.: Hereditas 40, 453—458. (1954). — 39. RAJHÁTHY, T.: Buza fajhybridek genetikai vizsgálata. MTA. Agrártud. Közl. 6, 57—84 (1955). — 40. RIMPAU, W.: Kreuzungsprodukte Landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Landw. Jahrb. 20, 335 (1891). Zit. LINDSCHAU M. u. E. OEHLER: Untersuchungen am konstant intermediären additiven Rimpauschen Weizen — Roggenbastarde. Züchter 7, 228—233 (1935). — 41. ROSENSTIEL, K. E.: Über die Erzeugung amphidiploider Roggen-Weizen-Bastarde (*Secalotica*). Züchter 15, 173—183. (1943). — 42. SCHNEIDER, R.: Der gegenwärtige Stand der Weizen-Roggen Bastardierung. Zeitschrift für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 5, 44—48 (1954). — 43. SMITH, D. C.: Inter-generic hybridization of cereals and other grasses. Journ. of Agric. Research. 64, 33—47 (1942). — 44. TAYLOR, J. W. u. K. S. QUISENBERRY: Inheritance of rye crossability in wheat hybrids. J. of Amer. Soc. Agr. 27, 149—153 (1935). — 45. THOMPSON, W. P.: Chromosome behaviour in a cross between wheat and rye. Genetics 11, 317—322 (1926). — 46. THOMPSON, W. P.: Shrivelled endosperm in species crosses in wheat, its cytological causes and genetical effects. Genetics 15, 99—113 (1930). — 47. THOMPSON, W. P. u. D. R. CAMERON: Chromosome numbers in functioning germ cells of species-hybrids in wheat. Genetics 13, 456—469 (1926). — 48. TORU, T.: On the crossability between wheat (*Triticum vulgare*) and rye (*Secale cereale*). Jap. J. Genet. 25, 90—95 (1950). Cit. Nakajima, G.: Jap. J. Bot. (1954). — 49. TRUGHINOVA, A. T.: Szkrzesziványie rzi sz psenyicei. DAN USSR 10, 3—6 (1952). — 50. TSCHERMAK, E.: Über seltene Getreidebastarde. Beitr. z. Pflanzenzucht 3, 49—61 (1913). — 51. TSCHERMAK, E.: Beiträge zur züchterischen und zytologischen Beurteilung der Weizen-Roggen und Weizen-Quecken Bastarde. Z. f. Pflanzenzüchtung 22, 397—416 (1938). — 52. WAKAKUWA, S.: Bestäubungs- und Keimungsversuche in reziproken *Triticum*-Kreuzungen. Jap. J. Bot. 7, 151—185 (1930). — 53. WAKAKUWA, S.: Embryological studies in the different seed development in reciprocal interspecific crosses of wheat. Jap. J. Bot. 7, 151—185 (1934). — 54. WASILIEV, B. L.: Genetische Analyse der Kreuzbarkeit des Roggens mit verschiedenen Weizenarten. C. R. Acad. Sci. USSR. 27, 598—601 (1940). — 55. WATKINS, A. E.: Genetic and cytological studies in wheat III. J. of Genet. 18, 375—396 (1927a). — 56. WATKINS, A. E.: Genetic and cytological studies in wheat IV. Ibidem 19, 81—96 (1927b). — 57. WATKINS, A. E.: The genetics of wheat species crosses I. Ibidem 20, 1—27 (1928). — 58. VAVILOV, N. I. u. O. JAKUSKINA: A contribution to the phylogenesis of wheat and the interspecific hybridisation in wheat. Bull. Appl. Bot. 15, 159 (1925). — 59. WELLENSTEK, S. J.: Methods for producing triticales. J. of Hered. 38, 167—173 (1947). — 60. WHITE, W. J.: Intergeneric crosses between *Triticum* and *Agropyron*. Sci. Agr. 21, 198—232 (1940). — 61. WILSON, A. S.: On wheat and rye hybrids. Trans. proc. Bot. Soc. of Edinburgh. 12, 286. (1876). Zit. Chad. C. et P. Hugues (1938). — 62. ZAHARZEVSKIJ, A. A.: O gibridach psenyici timofeevi. Sel. i. Sem. 7, 19—25 (1950). — 63. ZHEBRAK, A. R.: Trechvidovie gibridi psenyici. DAN USSR 79, 321—324 (1951). — 64. ZIZIN, N. V.: Otdalonnaja gibrizacija rasztyenyii, Selhozgis Moszkva 430 (1954).

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

Untersuchungen an Zwillingen von *Beta vulgaris* L.

Von HANS EBERHARD FISCHER

Mit 13 Textabbildungen

Zu den interessantesten und anregendsten Arbeitsgebieten der Biologie gehört das Zwillingsproblem. Im Mittelpunkt dieses Forschungszweiges stand bisher der Mensch, aber auch an Tieren, z. B. an Rindern, wurden Zwillingsuntersuchungen durchgeführt. Bei diesen Arbeiten widmete man sich besonders dem Kernproblem „Vererbung und Umwelt“, während auf dem Gebiete der Entwicklungsphysiologie die Zwillingsentstehung im Zusammenhange mit der Regulationsfähigkeit künstlich getrennter Blastomeren von Interesse war.

Auch in der Botanik hat man sich mit Zwillingen beschäftigt. Es konnte nämlich festgestellt werden, daß Samen vieler Pflanzenarten gelegentlich mehr als einen Embryo enthalten. Bei der Gattung *Citrus* kommt dies sogar häufig vor. Die Entstehung der „Mehrlinge“ kann verschiedene Ursachen haben, von

denen kurz die wichtigsten erwähnt werden sollen [ausführliche Angaben bei SCHNARF (1929), ROSENBERG (1930), WEBBER (1940), JOHANSEN (1950)]:

1. Aus der befruchteten Eizelle entwickeln sich 2 genetisch identische Pflanzen (erbgleiche oder eineiige Zwillinge), indem das aus der Eizelle gebildete embryonale Gewebe in 2 Teile zerfällt. Die Trennung kann bereits auf dem zweizelligen Stadium erfolgen.

2. Neben der befruchteten Eizelle entwickelt sich eine Synergide parthenogenetisch zu einem Embryo. Es entstehen, falls der normalerweise haploide Chromosomensatz der Synergide nicht selbständig auf den diploiden aufreguliert wird, diplo-haploide Zwillingspaare.

3. Im Nucellus, gelegentlich auch im Integument, werden Adventivembryonen ausgebildet, die in den Embryosack hineinwachsen und sich dort neben dem