

Der Züchter

Genetics and Breeding Research

Vol. 36

1966

Nr. 6

Kreuzungsversuche mit *Triticale*

ARPÁD KISS¹

Landwirtschaftliches Versuchsinstitut im Donau-Theiß-Gebiet, Kecskemét

Crossing experiments with *Triticale*

Summary. Besides crosses between wheat and rye, crossability between hexaploid and octoploid *Triticale* was tested. F₁ hybrids as well as subsequent generations were examined.

Octoploid *Triticale* F₁ showed no higher seed productivity than did the better parent. Even in subsequent generations an attempt to select suitable types for practical cultivation failed.

Though hexaploid and octoploid F₁ plants produced considerably less seed than both parents, we succeeded in selecting valuable hexaploid individuals from subsequent generations. While for the past 14 years we were unable to improve our hexaploid *Triticale* No. 1 produced in 1952, hexaploid *Triticale* No. 30 produced from crossing *Triticale* of different degrees of polyploidy appears to be important for practical breeding. In this *Triticale* we succeeded in fixing the red color of the auricula characteristic of hexaploid wheat F 481.

In 1964 we started growth experiments on a larger scale. The first sowing was made on an area of 2.6 ha in sandy soil on the co-operative farm Aranykalász in Kecskemét (grain yield 21.1 quintals/ha). — Tetra rye and winter rye gave lower yield under similar conditions.

In 1965 *Triticale* No. 30 was tested on an area of about 17 ha on the same farm*, and in our institute on an area of about 3 ha**. In autumn 1965 this secondary hexaploid *Triticale* was sown over about 170 ha.

Einleitung

Die Polyploiden der Weizen-Roggen-Bastarde haben im Kreise der Pflanzenzüchter und Genetiker mit Recht großes Aufsehen erregt. Die Tatsache, daß der Genombestand zweier Gattungen in einer dritten Art, sogar in einer neuen Gattung zu vereinigen ist, warf den Gedanken auf, die Hybridkonstitution des konstanten Weizen-Roggen-Bastards sei reicher, variabler und somit der genetische Wert der neuen Art größer. Auf Grund theoretischer Erwägungen verfügt der *Triticale*, indem er die Genome sowohl des Weizens als auch das Genom des Roggens in sich vereinigt, über eine größere und mannigfaltigere genetische Variationsbreite als der Weizen oder der Roggen.

Die erwähnten theoretischen Erwägungen wurden jedoch durch die in- und ausländischen Ergebnisse nicht gerechtfertigt (HAGBERG und ÅKERBERG 1962; LEISER 1954; MÜNTZING 1963; NAKAJIMA 1963; PISSAREV 1959; SCHNEIDER 1955; VETTEL 1958, 1959).

¹ Für die Problemstellung sowie für seine zahlreichen Ratschläge spreche ich Herrn Prof. Barna GYÖRFFY, Budapest, für ihre gewissenhafte Arbeit in der Züchtung und Durchführung der Versuche meinen technischen Mitarbeitern den besten Dank aus.

* (grain yield 23 quintals/ha)

** (grain yield 24.6 quintals/ha)

Es gelang mehreren Züchtern, in größerer Anzahl Bastarde aus gut kreuzbaren Weizen- und Roggenarten herzustellen.

Bis auf den heutigen Tag konnte unseres Wissens aber auch nicht ein einziger *Triticale* hergestellt werden, der in seinen Eigenschaften Roggen und Weizen übertroffen hätte (AUFHAMMER et al. 1961; KAPPUS 1964; KISS 1958; KROLOW 1963; MEYER 1965; PISSAREV 1959; SÁNCHEZ-MONGE 1956, 1958; SCHNEIDER 1955; VETTEL 1960a, b).

Im Laufe der Zeit wurden die ungünstigen Eigenschaften schwache Fertilität, geringer Kornansatz, geschrumpfter Korntyp usw. der bis jetzt hergestellten *Triticale* auch vom biologischen Gesichtspunkt aus gedeutet. Das Wesentliche dieser Ansichten könnte wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Unter natürlichen Bedingungen kamen trotz des jahrtausendelangen Nebeneinanderlebens von Weizen und Roggen keine fertilen Übergangsbastarde zustande. Die Inkompatibilität zwischen den beiden Gattungen ist von Natur aus zu stark.

2. Eine harmonische Vereinigung der beiden Pflanzen, bei welcher das Erbgut der einen durch das der anderen nicht gestört würde, scheint nicht möglich zu sein. Einer der überzeugendsten Beweise hierfür ist die hochgradige Sterilität der stabilen Weizen-Roggen-Bastarde. Diese ungünstige Eigenschaft er-



Abb. 1. Steriler Weizen-Roggen-Bastard.

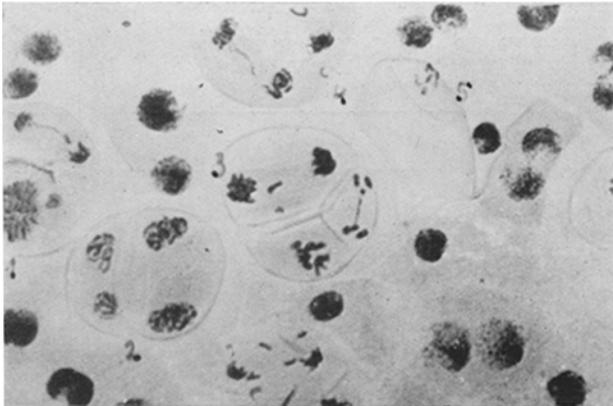


Abb. 2. In der 1. Generation des Weizen-Roggen-Bastards ist die Meiosis unregelmäßig.

gibt sich in erster Linie durch die unterschiedlichen Blüh- u. Befruchtungsverhältnisse. Der Weizen blüht geschlossen und ist Selbstbefruchter, der Roggen blüht offen und ist Fremdbefruchter und außerdem selbst-inkompatibel. Der Bastard wird Selbstbefruchter wie der Weizen. Das wirkt nachteilig auf die Fertilität des im Bastard vorhandenen Roggens (Abb. 1).

3. Die meisten Autoren erklärten die hochgradige Sterilität der *Triticale* auch mit dem anormalen Ablauf der Teilung in der Meiose, was in erster Linie mit der bereits erwähnten genetischen und biologischen Inkompatibilität zusammenhängt (KAPPUS 1964; KROLOW 1962; NAKAJIMA 1963; MÜNTZING 1948; SCHNEIDER 1955; VETTEL 1960a) (Abb. 2).

Eine ausführlichere Übersicht über die diesbezüglichen Probleme findet sich in einer anderen Arbeit (KISS 1966). Hier soll im wesentlichen über einige spezielle Ergebnisse von Kreuzungsversuchen berichtet werden.

Weizen-Roggen-Kreuzungen

Es war unser wichtigstes Ziel, die ungünstigen Eigenschaften des *Triticale* zu verbessern. Wir bemühten uns seit 1951 in Martonvásár und seit 1957 in Kecskemét, die optimale Genomstufe des *Triticale* herzustellen (KISS und RÉDEI 1953). Im Laufe der vergangenen 15 Jahre vermochten wir keinen tetraploiden *Triticale* ($2n = 28$) aus diploidem Weizen und diploidem Roggen (Genomformel AASS) zu gewinnen. Soweit uns bekannt ist, berichtete bisher nur KARAPETJAN (1964) über Amphidiploide mit einer Chromosomenzahl von $2n = 28$ bei Weizen-Roggen-Kreuzungen.

Unser erster, im Jahre 1951 hergestellter hexaploider *Triticale* ($2n = 42$; AABBSS), den wir aus der Kreuzung von *Triticum turgidum* buccale (AABB) mit *Secale cereale* (SS) erhielten, war nicht ertragreicher als die bisher bekannten ausländischen *Triticale*.

Zu Kreuzungen mit *Triticale* verwendeten wir unsere eigenen hexaploiden und oktoploiden Bastarde sowie sowjetische, amerikanische, deutsche und in

der letzten Zeit 56chromosomige schwedische *Triticale*. Für unsere *Triticale*-Kreuzungsversuche verwendeten wir hauptsächlich die heimische Hexaploide Nr. 1 ($2n = 42$) und die oktoploiden *Triticale*. Außer den Kreuzungsversuchen stellten wir mit röntgeninduzierten Mutationen Versuche an. Obwohl es uns in der ersten Phase der *Triticale*-Forschung (1950–1960) gelang, ein sehr mannigfaltiges Hybridenmaterial herzustellen, konnte nichts davon für den praktischen Anbau empfohlen werden.

Wir wollten eine Polyploidiestufe der Weizen-Roggen-Bastarde ähnlich der des Weizens erzielen. Zu diesem Zweck schienen Kreuzungen von di-, tetra- und hexaploiden Weizen mit diploidem und tetraploidem Roggen geeignet zu sein (Tabelle 1, 2, 3). In unseren Kreuzungen mit diploidem Weizen ($2n = 14$) gelang die Polyploidisierung der sterilen Bastarde nicht (Tab. 1).

Tabelle 1. Kreuzbarkeit diploider Weizen mit di- und tetraploidem Roggen.

Kombination	(1953–1960) Anzahl der gekrenzten Blüten	Anzahl der erhaltenen Samen		gekeimte Samen
			%	
<i>T. boeoticum</i> $2x \times S.c.$ $2x$	2460	1	0,04	1
<i>T. boeoticum</i> $2x \times S.c.$ $4x$	1480	1	0,07	1
<i>T. monococcum</i> $2x \times S.c.$ $2x$	4998	3	0,06	1
<i>T. monococcum</i> $2x \times S.c.$ $4x$	3154	3	0,09	0
Zusammen:				
$2x \times 2x$	7458	4	0,05	2
$2x \times 4x$	4634	4	0,08	1

Es ist überraschend, daß wir gerade bei der Bastardierung von Weizen und Roggen gleichen Polyploidiegrades die geringste Kreuzbarkeit festgestellt haben. Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, daß die Kreuzbarkeit tetraploider Weizen mit Roggen schon erfolgreicher ist. Bei Kreuzungen von tetraploidem Weizen mit Roggen erhielten wir aber stets vollkommen geschrumpfte, runzlige Körner ohne Endosperm und mit sehr geringer Keimfähigkeit (Abb. 3). Kreuzungen tetraploider Weizen mit tetraploidem Roggen ergaben einen besseren Samenansatz als mit diploidem Roggen. Die Keimfähigkeit war jedoch gering (Tab. 2).

Die Ergebnisse der Kreuzungsversuche mit hexaploidem Weizen werden in der Tabelle 3 angeführt. Die F_1 -Bastarde sind ausnahmslos stark oder völlig steril. Den *Triticale* mit mittlerem Ertrag behandelten wir mit Colchicin oder führten Kreuzungen

Tabelle 2. Kreuzbarkeit tetraploider Weizen mit di- und tetraploidem Roggen.

Kombination	(1953–1960) Anzahl der gekrenzten Blüten	Anzahl der erhaltenen Samen	%	Keimung	
				Anzahl der Samen	%
<i>T. turgidum</i> $4x \times S.c.$ $2x$	510	2	0,39	1	50,0
<i>T. turgidum</i> $\times S.c.$ $4x$	450	13	2,89	3	23,07
<i>T. durum</i> $4x \times S.c.$ $2x$	5980	345	5,77	7	2,03
<i>T. durum</i> $\times S.c.$ $4x$	4740	360	7,59	4	1,11
<i>T. timopheevi</i> $4x \times S.c.$ $2x$	4162	119	2,85	2	1,68
<i>T. timopheevi</i> $\times S.c.$ $4x$	3112	111	3,56	0	0,0
<i>T. carthlicum</i> $4x \times S.c.$ $2x$	2170	82	3,77	2	2,44
<i>T. carthlicum</i> $\times S.c.$ $4x$	2170	258	11,88	21	8,14
<i>T. dicoccum</i> $4x \times S.c.$ $2x$	4622	1	0,02	0	—
<i>T. dicoccum</i> $\times S.c.$ $4x$	1990	0	0,0	—	—
<i>T. m. autotetraploid</i> $\times S.c.$ $2x$	476	2	0,42	0	—
<i>T. m. autotetraploid</i> $\times S.c.$ $4x$	120	1	0,83	1	100,0
Zusammen:					
$4x \times 2x$	17920	551	3,07	12	2,17
$4x \times 4x$	12582	743	5,90	29	3,90

Tabelle 3. Kreuzbarkeit hexaploider Weizen mit di- und tetraploidem Roggen.

	(1953—1960)			Keimung	
	Anzahl der gekreuzten Blüten	Anzahl der erhaltenen Samen	%	Anzahl Samen	%
B 1201 — 6x × S.c. 2x	4037	2072	51,32	1045	50,43
B 1201 — × S.c. 4x	4588	1725	37,60	756	43,83
F 481 6x × S.c. 2x	4133	207	5,01	112	54,10
F 481 × S.c. 4x	5354	259	4,84	95	36,68
Aniversario 6x × S.c. 2x	2674	479	17,91	251	52,40
Aniversario × S.c. 4x	970	120	12,37	24	20,00
Freccia 6x × S.c. 2x	2090	210	10,05	135	64,28
Freccia × S.c. 4x	850	51	6,00	17	33,33
Thatcher 6x × S.c. 2x	2442	612	25,06	138	22,55
Thatcher × S.c. 4x	1642	615	37,45	135	21,95
6x × 2x zusammen:	15376	3580	23,28	1681	46,95
6x × 4x zusammen:	13404	2670	19,92	1027	38,46

mit vorhandenen fertilen *Triticale* über sterile Bastarde durch. Infolge natürlicher Hitzeschockwirkung ist in unserem Versuchsmaterial aus einem F₁ Weizen × Roggen-Bastard der oktoploide *Triticale* 2 (B 1—52) entstanden.

Wir untersuchten den Ansatz der Hauptähren unserer ersten hexaploiden und oktoploiden *Triticale*, und zwar unter Berücksichtigung sämtlicher Blüten. Leider erwiesen sich die diesbezüglichen Leistungen unserer oktoploiden Bastarde als nicht besser als die der im Ausland bekannten *Triticale*. Da die Anzahl

Tabelle 4. Samenansatz und Fertilität der Hauptähren des hexaploiden *Triticale* Nr. 1, in den Jahren 1951—54 und 1961—64.

	Blüten	Samen	Fertilität %
1951	95,0	15,0	15,8
1952	107,1	41,2	38,5
1953	101,2	37,1	37,6
1954	99,0	31,5	31,8
zusammen:	402,3	124,8	
\bar{X}	100,57	31,20	31,0
1961	90,1	33,5	37,2
1962	107,0	38,4	35,9
1963	92,4	39,1	42,5
1964	110,5	37,8	34,2
zusammen:	400,0	148,8	
\bar{X}	100,0	37,20	37,4
Zuwachs % in den Jahren			
1961—64	— 0,57	19,2	20,6

Tabelle 5. Samenansatz und Fertilität der Hauptähren des zur Kreuzung verwendeten *Secale cereale* in den Jahren 1961—1964.

	Blüten	Samen	Fertilität %
1951	82,2	57,1	69,5
1952	85,1	60,0	70,5
1953	106,0	72,0	67,9
1954	65,2	53,5	82,0
zusammen:	338,5	242,6	
\bar{X}	84,62	60,65	71,7
1961	65,1	51,8	79,6
1962	71,4	57,9	81,1
1963	70,3	57,9	82,4
1964	67,8	50,0	73,7
zusammen:	274,6	217,6	
\bar{X}	68,65	54,40	79,2
Zuwachs % in den Jahren			
1961—64	— 18,9	— 10,3	10,5

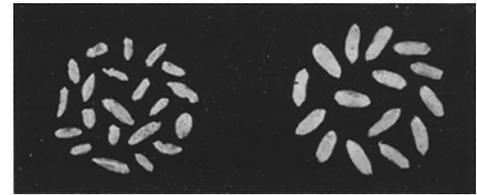


Abb. 3. Geschrumpfte Körner aus der Kreuzung von tetraploidem Weizen und Roggen (links) gegenüber der Kreuzung von hexaploidem Weizen und Roggen (rechts).

der Ähren je Pflanze sowie der Samen je Pflanze in erster Linie von der Agrotechnik abhängig ist, bevorzugten wir in unseren Untersuchungen die Anzahl der Samen je Hauptähre sowie die Fertilität der Ähren.

Aus den Tabellen 4, 5 und 6 ist zu entnehmen, daß der *Triticale* Nr. 1 und sein Weizen-Elter viel Blüten tragen, doch der Samenansatz gering ist, damit ist die unter Zugrundelegung aller Blüten errechnete Fertilität sehr gering (31,0—37,4 bzw. 33,4—36,6%). Wenn wir die ertragsanalytischen Angaben der Jahre 1961—64 denen der Jahre 1951—54 gegenüberstellen, so kann festgestellt werden, daß der hexaploide *Triticale* Nr. 1 in den vergangenen 10 bzw. 14 Jahren im Samenbesatz je Hauptähre eine Steigerung von 19,2%, in der Fertilität aber von 20,0% aufweist. Wenn wir jedoch den niedrigen Samenansatz und die schwache Fertilität des ersten Jahres 1951 außer acht lassen, so macht die Steigerung nur 1,6 bzw. 4,3% aus.

Tabelle 6. Samenansatz und Fertilität der Hauptähren des zur Kreuzung verwendeten *Triticum turgidum buccale* in den Jahren 1951—54 und 1961—64.

	Blüten	Samen	Fertilität %
1951	104,2	32,1	30,8
1952	110,0	35,0	31,8
1953	125,9	47,0	37,3
1954	98,1	32,2	32,8
zusammen:	438,2	146,3	—
\bar{X}	109,55	36,57	33,4
1961	111,0	39,7	35,8
1962	114,8	45,5	39,6
1963	93,3	33,4	35,8
1964	102,0	35,6	34,9
zusammen:	421,1	154,2	—
\bar{X}	105,28	38,55	36,6
Zuwachs % in den Jahren			
1961—64	— 3,90	5,40	9,58

Obwohl wir für die Stammprüfungen stets die Nachkommenschaft der ertragreichsten Individuen verwendet hatten, verbesserte sich die Ertragsfähigkeit unseres ersten hexaploiden *Triticale* in den vergangenen 14 Jahren nicht. Dieser Bastard ist außerordentlich kräftig, er hat große Samen und lange Ähren (Abb. 4), doch die Samen sind geschrumpft und runzlig.

Da auch die oktoploiden Bastarde und auch die ausländischen *Triticale* keine besonderen Ergebnisse brachten, versuchten wir, durch *Triticale*-Kreuzungen neue Kombinationen und durch Röntgenbestrahlungen bessere Mutanten zu erzielen. Wertvolle Linien haben wir nur nach Kreuzungen verschiedener Polyploidiestufen erhalten, worüber im folgenden berichtet wird.



Abb. 4. Die lange Ähre des *Triticale* Nr. 1 (Mitte) im Vergleich zu den Ähren der Eltern.

Triticale-Kreuzungen

Obwohl keiner der bisherigen *Triticale* für den praktischen Anbau geeignet ist, gibt es darunter Typen, die sich durch festen Halm, lange Ähren, Frühreife, Krankheits- oder Frostresistenz auszeichnen. Diese Eigenschaften veranlaßten uns zu versuchen, sie mit Hilfe von Kreuzungen zu kombinieren.

Die hexaploiden *Triticale turgidocereale* zeichnen sich durch kräftigen Wuchs, lange Ähren, große Körner, Rost- (Stengel- und Blattrost-) und Mehltauresistenz aus. In der Regel sind die oktaploiden *Triticale* niedriger und haben kürzere Ähren. Die

meisten unter ihnen sind auch krankheitsanfällig. Es war in den Kreuzungsversuchen überraschend, daß die F_1 -Generation, obwohl sie im Wuchs und in der Länge der Ähren einen schwachen Heterosiseffekt aufwies, keine höhere Fertilität als der bessere Elter hatte. Auch der Samenansatz der oktaploiden Bastarde war überraschend gering (Tab. 7). Während die Bastarde aus der Kreuzung Weizen \times Roggen steril waren, zeigten die oktaploiden *Triticale*-Bastarde geringe Fertilität (Tab. 8).

Die oktaploiden *Triticale* F_1 -Bastarde übertrafen in der Wuchshöhe den besseren Elter um 1–8%, in der Ährenlänge um 2–21%. Es war jedoch überraschend, daß sie im Kornansatz der Hauptähren und in der Fertilität der Ährchen schlechter als der bessere Elter waren (Anzahl der Körner je Ähre: 52–99%; Anzahl der Körner je Ährchen 54 bzw. 98%). Wir führten noch viele andere Kreuzungen durch, in den meisten Fällen wurden jedoch nur die erdroschenen Körner je Pflanze festgestellt. In erster Linie zogen wir aus diesen Versuchen die Schlußfolgerung, daß die *schwache Fertilität der oktaploiden Triticale nicht auf die Inzucht des Roggens zurückzuführen ist.*

Unsere Bastarde sind sehr unterschiedlicher Abstammung, wobei sowohl die Weizen- als auch die Roggenkomponente sehr verschieden ist. In den Hauptähren hätte sich unbedingt ein Heterosiseffekt zeigen müssen. Ebenso wie im Kornansatz keine Besserung festzustellen war, blieben auch die Körner geschrumpft und runzlig. Da es uns nicht gelang, in den späteren Generationen ertragreichere Nachkommen zu entwickeln, befaßten wir uns weiterhin nicht mehr mit Oktaploidversuchen.

Es überraschte jedoch das Verhalten der Nachkommenschaft aus Kreuzungen von *Triticale* verschiedener Polyploidiestufe. In Tabelle 9 stellten wir die Kreuzbarkeit von *Triticale* verschiedener Polyploidiestufen und die Keimung der F_1 -Samen zusammen. Wir begannen mit den Untersuchungen im Jahre 1954, und die erste F_1 -Generation zogen wir 1955 an. Die in den Kreuzungen festgestellte Regelmäßigkeit war überraschend. In der Richtung $6x$ mal $8x$ erhielten wir einen Kornansatz von 0,62, in der Richtung $8x \times 6x$ einen von 12,22%.

Tabelle 7. Samenansatz der oktaploiden Bastarde.

Kombination	Anzahl der gekreuzten Blüten	Anzahl der erhaltenen Samen		Anzahl der gekeimten Samen	
			%		%
B. Tc. \times Tc. Rimpau	280	10	3,57	5	50
F. Tc. \times Tc. Rimpau	200	18	9,0	12	66,6
B. Tc. \times Tc. Meister	224	9	4,02	3	33,3
F. Tc. \times Tc. Meister	200	22	11,0	16	72,7
B. Tc. \times Tc. Taylor	224	50	22,32	46	92,0
B. Tc. \times Tc. Taylor	200	41	20,50	34	82,9
B. Tc. \times AD 20/1	230	11	4,78	5	45,5
F. Tc. \times AD 20/1	200	36	18,0	29	80,5

B. Tc. = B 1201 \times *S. cereale*; Amphiploid AD 20/1 = *Triticale* Pissarev;
F. Tc. = F 481 \times *S. cereale*.

Tabelle 8. Wuchs, Ährenlänge und Kornansatz der Ähren oktaploider *Triticale*.

Kombination	Pflanzenanzahl	Wuchs (cm)	Ährenlänge (cm)	Anzahl der Körner je Ähre	Anzahl der Körner je Ährchen
B. Tc.	20	155,0 \pm 0,48	14,9 \pm 0,26	29,1 \pm 0,71	0,99 \pm 0,21
F. Tc.	20	157,5 \pm 0,71	13,6 \pm 0,42	17,7 \pm 1,26	0,60 \pm 0,14
Tc. R.	15	135,9 \pm 0,28	12,5 \pm 0,26	8,2 \pm 0,26	0,46 \pm 0,15
Tc. M.	22	139,8 \pm 0,19	11,7 \pm 0,16	20,2 \pm 0,20	0,93 \pm 0,11
Tc. T.	14	136,1 \pm 0,97	13,1 \pm 0,12	21,6 \pm 0,20	1,03 \pm 0,13
AD 20/1	20	127,7 \pm 0,22	15,3 \pm 0,24	33,8 \pm 0,38	1,31 \pm 0,16
B. Tc. \times Tc. R.	5	168,0 \pm 0,98	16,1 \pm 0,75	15,2 \pm 0,90	0,54 \pm 0,31
F. Tc. \times Tc. R.	10	169,5 \pm 0,65	15,7 \pm 0,61	11,5 \pm 0,75	0,48 \pm 0,16
B. Tc. \times Tc. M.	3	161,0 \pm 1,25	15,3 \pm 0,99	23,2 \pm 1,30	0,97 \pm 0,33
F. Tc. \times Tc. M.	14	159,6 \pm 0,70	14,8 \pm 0,60	19,4 \pm 0,65	0,82 \pm 0,20
B. Tc. \times Tc. T.	38	158,2 \pm 0,62	15,2 \pm 0,42	24,0 \pm 0,42	1,00 \pm 0,16
F. Tc. \times Tc. T.	30	158,5 \pm 0,65	15,0 \pm 0,47	21,5 \pm 0,51	0,98 \pm 0,17
B. Tc. \times AD 20/1	5	167,5 \pm 0,99	16,8 \pm 0,92	28,6 \pm 0,96	1,02 \pm 0,38
F. Tc. \times AD 20/1	24	169,7 \pm 1,17	16,5 \pm 0,51	25,1 \pm 0,60	0,90 \pm 0,21

* B. Tc. = B 1201 \times *S. cereale*; F. Tc. = Tc. 481 \times *S. cereale*; Tc. R. = Tc. Rimpau; Tc. M. = Tc. Meister; Tc. T. = Tc. Taylor.

Tabelle 9. Kreuzbarkeit hexaploider \times oktaploider *Triticale* im Jahre 1954.

Kombination (Genomstufe: $6x = 42$; $8x = 56$)	Anzahl der gekreuzten Blüten	Anzahl der erhaltenen Samen		Anzahl der gekeimten Samen		F ₁ -Pflanzen	
			%		%		
Tc. Nr. 1 \times Tc. Meister	6 \times 8	660	2	0,30	1	50	0
Tc. Meister \times Tc. Nr. 1	8 \times 6	780	143	18,33	97	67,83	37
Tc. Nr. 1 \times Tc. Taylor	6 \times 8	360	2	0,55	1	50,0	0
Tc. Taylor \times Tc. Nr. 1	8 \times 6	390	74	18,97	42	56,75	26
Tc. Nr. 1 \times Tc. Rimpau	6 \times 8	330	3	0,91	2	66,66	2
Tc. Rimpau \times Tc. Nr. 1	8 \times 6	270	12	4,44	5	41,60	5
Tc. Nr. 1 \times Tc. Hadmersleben	6 \times 8	150	0	0,0	—	—	—
Tc. Hadmersleben \times Tc. Nr. 1	8 \times 6	150	4	2,67	1	25,0	—
Tc. Nr. 1 \times Tc. Spindelbrüchig	6 \times 8	120	1	0,83	1	100,0	1
Tc. Spindelbrüchig \times Tc. Nr. 1	8 \times 6	120	5	4,17	5	100,0	5
Tc. Nr. 1 \times F. Tc.	6 \times 8	160	3	1,87	2	66,6	2
F. Tc. \times Tc. Nr. 1	8 \times 6	312	9	2,88	4	44,49	4
2 n 42 \times 56 (6x \times 8x)		1780	11	0,62	7	63,60	5
2 n 56 \times 42 (8x \times 6x)		2022	247	12,22	154	62,35	78

Da bei Weizen verschiedener Ploidiestufe das Verhältnis umgekehrt ist, wiederholten wir den Versuch im Zeitraum von 1958 bis 1962. Aus den Kreuzungen von 14620 Blüten erhielten wir in Richtung $6x \times 8x$ einen Kornansatz von 1,78%, reziprok von 16,12% (Abb. 5). Kürzlich berichteten ŠULYNDIN und NAUMOVA (1965) über ähnliche Kreuzungen. Sie stellten in Richtung $6x \times 8x$ einen 4,0%igen, reziprok

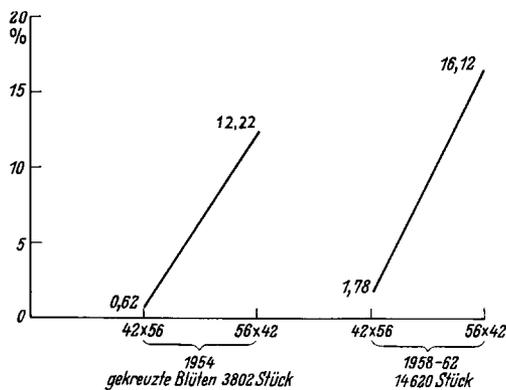


Abb. 5. Kreuzbarkeit hexaploider und oktaploider *Triticale*.

($8x \times 6x$) einen 13,4%igen Kornansatz fest. (Ihr hexaploider *Triticale* stammte aus der Kreuzung *T. durum* \times *S. cereale*, unserer aus der Kreuzung *T. turgidum buccale* \times *S. cereale*.)

Die aus diesen Kreuzungen hervorgegangenen Körner waren ebenso geschrumpft und runzelig wie bei den Eltern. Zur Bestimmung des Hybridcharakters dieser Kreuzungen benutzten wir einige morphologische Eigenschaften (Tab. 10).



Abb. 6. Kreuzung von Tc. Rimpau ($2n = 56$) mit *Triticale* Nr. 1 ($2n = 42$), in der Mitte die Ähre der F₁-Hybride.



Abb. 7. Kreuzung von Tc. Meister ($2n = 56$) mit *Triticale* Nr. 1 ($2n = 42$), in der Mitte die Ähre der F₁-Hybride.

Im Falle der Kreuzung mit *Triticale* Rimpau und *Triticale* Spindelbrüchig konnte bereits beim Ährenschieben auf den Hybridcharakter geschlossen werden, da die Behaarung des Halmes unterhalb der Ähre von *Triticale* Nr. 1 dominant war. In der

Tabelle 10. Morphologische Charakteristik und Fertilität der *Triticale* F₁-Generation und ihrer Eltern.

Kombination Elter - F ₁	Halmhöhe (cm)	Ährenlänge (cm)	Behaarung des Halmes unterhalb der Ähre	Farbe der Ähren	Farbe der Auricula	Anzahl der Körner je Pflanze	Anzahl der Körner je Ähre
<i>Triticale</i> Nr. 1.	178,9	14,9	bg	ag	w	188,6	31,5
Tc. Meister \times <i>Triticale</i> Nr. 1.	171,0	16,0	bg	ag	hr	1,08	0,12
Tc. Taylor \times Tc. Nr. 1.	168,0	15,2	bg	ag	w	1,19	0,11
Tc. Rimpau \times Tc. Nr. 1.	175,0	18,6	bg	ag	w	0,20	0,03
Tc. Spindelbrüchig \times Tc. Nr. 1.	164,0	18,5	bg	ag	w	0,80	0,11
F. Tc. \times Tc. Nr. 1.	178,0	15,4	bg	ag	r	0,20	0,02
Tc. Meister	139,0	11,7	bg	ag	hr	169,1	20,2
Tc. Taylor	136,0	13,1	bg	ag	w	205,6	21,6
Tc. Rimpau	136,0	13,3	gl	hg	w	74,4	8,2
Tc. Spindelbrüchig	134,0	12,9	gl	g	w	101,5	7,7
F. <i>Triticale</i>	154,0	13,7	bg	ag	r	201,7	23,9

Abkürzungen: bg = begrannt; gl = glatt; ag = aschgrün; w = weiß; hr = hellrosa; hg = hellgrün; r = rot; g = grün.

Tabelle 11. Vererbung der Ährenlänge bei hexaploiden-oktoploiden *Triticale*-Hybriden in der F₁- und F₂-Generation.

Eltern, F ₁ - und F ₂ -Bastarde	Ährenlänge cm										n	$\bar{x} \pm s$
	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24		
Triticale Nr. 1.	—	—	1	6	13	29	6	5	—	—	60	14,60 ± 2,17
Tc. Meister × Tc. Nr. 1. F ₁	—	—	—	—	6	11	9	7	4	—	37	16,56 ± 2,50
F ₂	4	18	16	11	12	20	15	29	17	6	148	16,64 ± 5,12
Tc. Meister	—	9	23	24	4	—	—	—	—	—	60	9,76 ± 1,65

Reifezeit dominierte die aschgrüne Farbe der Ähren über die hellgrüne bzw. mittelgrüne Farbe der beiden erstgenannten *Triticale* (Abb. 6, 7).

Die rote Farbe der Auricula von *Triticale* Fleischmann dominierte gleichfalls über die weiße Farbe. Die Halmlänge entsprach der des höheren Elters. Später stellten wir in manchen Kreuzungen einen schwachen Heterosiseffekt fest. Was die Länge der Ähren anbelangt, so zeigten die heptaploiden Bastarde ausnahmslos einen bedeutenden Heterosiseffekt (gegenüber dem Elter mit längeren Ähren). — Die Vererbung der Ährenlänge wurde anhand der Hauptähren in der Kombination des kurzährigen *Triticale* Meister mit dem langährigen *Triticale* Nr. 1 untersucht (Tab. 11). In der F₂-Generation sind 148 Hauptähren untersucht worden. Sie zeigten alle Übergänge in der Ährendichte von compactoiden bis zu speltoiden Formen.

Der Kornansatz der ersten Generation aus Kreuzungen von *Triticale* verschiedener Polyploidiegrade war sehr niedrig. — Es setzten je Pflanze 0,2–1,2, im Mittel 1 Korn an, was je Ähre einen Wert von 0,02–0,12 ergab. Von der F₁-Hybride 77 erhielten wir insgesamt 77 Körner, die zwar sehr geschrumpft waren, aber gut keimten (87%). Obwohl die F₁-Generationen der *Triticale*-Kreuzungen oktoploid × oktoploid eine bessere Fertilität zeigten als die der obigen Kreuzungen, gelang es doch, in Kreuzungen und Rückkreuzungen hexaploider × oktoploider *Triticale* überraschend schnell, bereits in der zweiten Generation, Individuen mit durchschnittlichem Kornansatz zu selektieren. In den F₃- und F₄-Generationen übertrafen sogar einige Linien die Leistungen des besseren Elters.

Aus der dritten Generation einer solchen Kreuzung wurde von uns im Jahre 1960 der hexaploide *Triticale* Nr. 30 selektiert. In der F₁- und F₂-Generation hatte er noch eine hochgradige Sterilität gezeigt. In F₃

Abb. 8. Drillsaatversuch des *Triticale* 1961.

wies er bereits Individuen auf, deren Kornertrag dem des Roggens nahe kam. — Der *Triticale* Nr. 30 hat 42 Chromosomen wie der aus *Tr. turgidum* hergestellte *Triticale* Nr. 1, doch behielt er die rote Farbe der Auricula des hexaploiden Weizens F 481 bei. Die rote Auricula des hexaploiden *Triticale* Nr. 30 betrachten wir als einen vom Weizen F 481 stammenden Marker, der in der Nachkommenschaft leicht festzustellen ist und in der Tat vom hexaploiden Weizen in den hexaploiden *Triticale* übergeführt worden war.

Mit diesem *Triticale* Nr. 30 führten wir zuerst im Jahre 1964 größere Anbauversuche durch (er befindet sich jetzt in der F₃-Generation). Aber bereits seit 1961 führten wir Leistungsprüfungen in Drillsaat durch (Abb. 8). Da in unseren bisherigen Versuchen der *Triticale* auf Sandboden die Leistungsfähigkeit des Kecskeméter H-Roggens nicht erreichte, geben wir hier nur den Kornertrag an (Tab. 12).

Tabelle 12. Drillsaat-Leistungsprüfungen mit dem hexaploiden *Triticale* Nr. 30 in den Jahren 1961–1963. Größe der Parzellen: 28,78 m², 6 Wiederholungen.

	1961	1962	1963	\bar{x}
	Kornertrag dt/ha			
Kecskeméter H-Roggen	32,60	27,98	26,83	29,14
Hexapl. <i>Triticale</i> Nr. 30	24,68	24,16	21,72	23,51
SD 5%	2,35	1,53	2,09	—
Diff. zugunsten des K.H.-Roggens	7,92	3,82	5,11	5,63

Wir stellten dann diese Prüfungen wieder ein, da die Ergebnisse der drei Prüffahre zeigten, daß ein mindestens um 20% ertragreicherer Typ herzustellen ist, damit er mit dem Roggen konkurrieren kann. Der *Triticale* Nr. 30 wurde 1964 auf den Betriebsflächen der LPG Aranykalász in Kecskemét auf 4,5 Katastraljoch, d. s. 2,59 ha (1 Kj. = 0,5755 ha) vermehrt. Die Gesamternte betrug 54,32 dt, was einem Kornertrag von 21,1 dt/ha entspricht. Der Tetraroggen ergab auf anderen Flächen des Betriebes einen Kornertrag von 15,4 dt/ha, die Wintergerste 'Beta' 14,3 dt/ha. Die Anbaufläche des Tetraroggens betrug allerdings rd. 17 ha und der Wintergerste rd. 35 ha.

Im Jahre 1965 wurde der *Triticale* Nr. 30 in der LPG Aranykalász auf einer Anbaufläche von rd. 17 ha angebaut. Der Ertrag war 23,0 dt/ha (Roggen 16,9, Wintergerste 28,2 dt/ha). In unserem Institut wurde ein zusätzlicher Anbau auf rd. 3 ha durchgeführt (Ertrag 24,6 dt/ha). — Im Herbst 1965 wurden von diesem *Triticale* 300 Kj. (172,5 ha) bestellt.

Die Fachleute erwarten auf Sandböden viel von dieser neuen Pflanze, da sie dürreresistent ist und den Sandboden in gleicher Weise verträgt wie der Roggen. Ihr Proteingehalt ist beinahe doppelt so hoch wie der

des Roggens und der Wintergerste. Auch vom Gesichtspunkt der Eiweißerzeugung kommt dieser Pflanze eine große Bedeutung zu. Deshalb werden dieser sekundäre hexaploide *Triticale* und seine verbesserten Linien in der Erzeugung von eiweißhaltigem Kraft- und Mastfutter eine wichtige Rolle spielen.

Zusammenfassung

In unseren Versuchen wurde, neben Kreuzungen zwischen Weizen und Roggen, insbesondere die Kreuzbarkeit zwischen hexaploidem und oktoploidem *Triticale* geprüft. Außerdem wurden sowohl die F₁-Hybriden als auch die späteren Generationen genauer untersucht.

Die oktoploiden *Triticale*-F₁ hatten keinen höheren Kornansatz als der bessere Elter. Auch in den späteren Generationen gelang es nicht, daraus geeignete Typen für den praktischen Anbau zu selektieren.

Obwohl die hexaploiden und oktoploiden F₁-Pflanzen einen beträchtlich schwächeren Kornansatz als beide Eltern hatten, ist es gelungen, aus späteren Generationen wertvolle hexaploide Individuen auszuwählen. Während unser 1952 hergestellter hexaploider *Triticale* Nr. 1 in den vergangenen 14 Jahren nicht verbessert werden konnte, scheint unser aus der Kreuzung von *Triticale* verschiedener Polyploidiegrade hergestellter hexaploider *Triticale* Nr. 30 für den praktischen Anbau von Bedeutung zu sein. — In diesem *Triticale* gelang es, das für den hexaploiden Weizen F 481 charakteristische Merkmal, die rote Farbe der Auricula, zu fixieren.

Im Jahre 1964 begannen wir mit größeren Anbauversuchen. Der erste Anbau erfolgte auf einer Fläche von 2,6 ha Sandboden in der LPG Aranykalász in Kecskemét (Kornertrag 21,1 dt/ha). — Tetra-roggen und Wintergerste erbrachten unter ähnlichen Bedingungen geringere Erträge.

Im Jahr 1965 wurde *Triticale* Nr. 30 von der gleichen LPG auf einer Fläche von rd. 17 ha (Durchschnittsertrag 23,0 dt/ha) und in unserem Institut auf rd. 3 ha (Durchschnittsertrag 24,6 dt/ha) geprüft. Im Herbst 1965 wurde dieser sekundäre hexaploide *Triticale* auf rd. 170 ha ausgesät.

Literatur

1. AUFHAMMER, G., G. FISCHBECK und R. SCHNEIDER: Ergebnisse von Versuchen zur Verbesserung der Fertilität von Weizen-Roggen-Bastarden (*Triticale*). Z. Pflanzenzücht., Berlin, **45**, 212–224 (1961). — 2. HAGBERG, A. and E. ÅKERBERG: Mutations and polyploidy in plant breeding, p. 150. Stockholm: Svenska Bokförlaget (Bonniers) 1962. — 3. JENKINS, B. CH.: Discussion. First International Wheat Genetics Symposium, Manitoba, p. 240 (1958). — 4. KAPPUS, A.: Zytologische Untersuchungen an Weizen-Roggen-Bastarden I. Z. Pflanzenzücht., Berlin, **51**, 172–183 (1964). — 5. KARAPETJAN, V. K.: Osobennosti razvitija pšeničnoržaných i ržano-pšeničnyh gibridov. Trudy Instituta Genetiki. Izd. „Nauka“ Moskva, **31**, 119–125 (1964). — 6. KISS, Á.: Mikroevulúciós vizsgálatok bura-rozs hibrideken. Kandidátusi értekezés, Kecskemét, 1–176 (1958). — 7. KISS,

Á.: Neue Richtung in der *Triticale*-Züchtung. Z. Pflanzenzücht. **55**, 309–329 (1966). — 8. KISS, Á. és Gy. RÉDEI: Experiments to produce ryewheat (*Triticale*). Acta Agronomica Acad. Scientiarum Hungaricae **3**, 257–276 (1953). — 9. KROLOW, K. D.: Aneuploidie und Fertilität bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden (*Triticale*). I. Aneuploidie und Selektion auf Fertilität bei oktoploiden *Triticale*-Formen. Z. Pflanzenzücht. **48**, 177–196 (1962). — 10. KROLOW, K. D.: Aneuploidie und Fertilität bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden (*Triticale*). II. Aneuploidie und Fertilitätsuntersuchungen einer oktoploiden *Triticale*-Form mit starker Abregulierungstendenz. Z. Pflanzenzücht. **49**, 210–242 (1963). — 11. KROLOW, K. D.: Kreuzungen zwischen tetraploiden Weizen der Emmerreihe und 4n Roggen in Verbindung mit Embryotransplantationen. Z. Pflanzenzücht. **51**, 21–46 (1964). — 12. LEISER, M.: Die Bastardierung von Weizen und Roggen auf Grund experimenteller Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der zytologischen Verhältnisse und deren Beziehungen zu äußeren und inneren Eigenschaften. Z. Pflanzenzücht. **33**, 59–98 (1954). — 13. MACHALIN, M. A.: Pšeničnoržanye amfidiploidu i povyšene i produktivnosti. Gibridu otdalennyh skreščivanij i poliploidu. Izdat. An. SSSR, Moskva, 139–150 (1963). — 14. MEYER, A.: Schriftliche Mitteilung (1965). — 15. MEISTER, G. K.: Natural hybridisation of wheat rye in Russia. J. of Heredity **12**, 467–470 (1921). — 16. MEISTER, G. K., and N. A. TIUMIAKOV: Rye-wheat hybrids of the F₁ generation in direct and reciprocal crosses. J. f. exp. Landw. in USSR **4**, 88–98 (1927). — 17. MÜNTZING, A.: Experiences from Work with Induced Polyploidy in cereals. Svalöf 1886 to 1946, p. 324–337 (1948). — 18. MÜNTZING, A.: Some Recent Results from Breeding Work with Ryewheat. In: Recent Plant Breeding Research, ed. by E. Åkerberg and A. Hagberg, p. 167–178. Uppsala 1963. — 19. NAKAJIMA, G.: Cytogenetical Studies of Triple Hybrids from F₁ *Triticum turgidum* × *Secale cereale* and *Triticum vulgare*. Prom. Proc. Acad. Tokyo **XVIII**, 100 to 106 (1963). — 20. PISSAREV, V. E.: Die Amphidiploiden „Sommerweizen × Sommerroggen“. Z. Pflanzenzücht. **35**, 27–50 (1955). — 21. PISSAREV, V. E. Amphidiploidi jarovaja pšenica × jarovaja rož. Trudy XVII. Izdatelstov Ministerstva Selskogo Chozjajstva RSFSR, Moskva, 14–39 (1959). — 22. SÁNCHEZ-MONGE, E.: Fertility in *Triticale*. Wheat Inform. Serv., Kyoto, **3**, 29–30 (1956). — 23. SÁNCHEZ-MONGE, E.: Hexaploid *Triticale*. First Intern. Wheat Gen. Symp., Univ. Manitoba, Winnipeg, p. 181–194 (1958). — 24. SHEBESKI, L. H.: Specialitions on the Impact of the D genome. First Intern. Wheat Genetics Symposium, Winnipeg, 237–242 (1958). — 25. SCHNEIDER, R.: Untersuchungen über Sterilitätsursachen bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden und Versuche zur Steigerung und Sicherung der Fertilität bei *Triticale*. Diss. Weihenstephan 1955. Ref: Kappus, Z. Pflanzenzücht. **51**, 172–183 (1964). — 26. ŠULYNDIN, A. F. and L. N. NAUMOVA: Amfidiploidy polučennye ot skreščivanija ozimoj tvrdoj pšenicy s rož'ju. Sel. Sem. Moskva. **1**, 52–55 (1965). — 27. TISCHLER, G.: Über die Siedlungsfähigkeit von Polyploiden. Z. Naturforschung **1**, 157–159 (1946). — 28. VETTEL, F.: Mutationsversuche an Weizen-Roggen-Bastarden. (*Triticale*). Kühn-Archiv **72**, 445–447 (1958). — 29. VETTEL, F. K.: Mutationsversuche an Weizen-Roggenbastarden (*Triticale*). I. Mutationsauslösung bei *Triticale* Rimpau. Züchter **29**, 293–317 (1959). — 30. VETTEL, F. K.: Mutationsversuche an Weizen-Roggenbastarden (*Triticale*). II. Zytologische Untersuchungen und Fertilitätsbestimmungen an *Triticale* Rimpau und einigen Mutanten. Züchter **30**, 181–189 (1960a). — 31. VETTEL, F. K.: Mutationsversuche an Weizen-Roggenbastarden (*Triticale*). III. Mutationsauslösung bei *Triticale* Meister und *Triticale* 8324. Züchter **30**, 313–329 (1960b).