

Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut), Köln-Vogelsang

Die Ertragsleistung rostresistenter 44- und 42-chromosomiger Weizenquecken-Bastarde

Von A. WIENHUES-OHLENDORF

Mit 7 Abbildungen

Einleitung

Das Wildgras *Agropyrum intermedium* enthält umfassende Resistenz gegen alle bisher für unser Gebiet im Gewächshaus isolierten Rassen des Braun- und Gelbrostes (Braunrostrassen: 1, 1a, 1b, 1c, 1f, 11, 17, 20, 52, 93, 155; Gelbrostrassen: 1, 2, 5, 6, 7x₁, 7x₂, 9, 53, 55, Biologische Bundesanstalt Braunschweig, Gliesmarode). Die Resistenz der Weizensorten betrifft dagegen immer nur einzelne Rassen oder Rassengruppen und kann sofort zusammenbrechen, wenn das Spektrum durch das Auftreten und die Vermehrung neuer Rassen sich verändert. Es wäre darum von besonderer Bedeutung für die Züchtung, wenn diese Eigenschaft aus der Wildform in die Sorten übernommen werden könnte. Die Kreuzung zwischen *Agropyrum* und *Triticum* stößt aber bekanntlich auf Schwierigkeiten, die durch die Nichtverwandtschaft der beiden Arten bedingt ist. An verschiedenen Zuchtstationen wurden mit Erfolg Kreuzungen hergestellt und nach langjähriger Auslese auch konstante 56-chromosomige Bastarde isoliert, die jedoch auf Grund ihrer sehr schlechten Ertragsleistung nicht mit den Weizensorten vergleichbar sind. Am Max-Planck-Institut in Vogelsang wurde deshalb seit einigen Jahren versucht, durch planmäßige Rückkreuzung dieser Weizenquecken-Bastarde mit guten Weizen bessere Typen zu bekommen. Dabei stellte sich heraus, daß die Resistenz von *Agropyrum* sowohl gegen Braun- wie auch gegen Gelbrost nur auf einem Chromosom lokalisiert ist. Es war möglich, durch entsprechende Auslese nur dieses eine Chromosom aus *Agropyrum* in den Weizen zu übernehmen. So konnten in den letzten Jahren verschiedene 44- und 42-chromosomige resistente Linien entwickelt werden, in denen das *Agropyrum*-Chromosom bivalent addiert bzw. substituiert ist. Es ist von Interesse, ob dieses fremde genetische Element im Weizen störend wirkt in bezug auf Vitalität und Ertragsleistung. Die Ergebnisse der mehrjährigen Versuche, in denen die Linien im Feldanbau geprüft wurden, sollen im folgenden kurz mitgeteilt werden.

Material

In der vorliegenden Zusammenstellung werden die Ertragsergebnisse an drei Gruppen von 44-chromosomigen Additionsbastarden aufgezeigt. Sie stammen aus der Kreuzung von drei 56-chromosomigen Weizenqueckenbastarden (Crewener 192 × *Agropyrum intermedium*) × Salzmünder Standard mit der Sorte Heine IV. Sie werden als TA 7 I, II und III bezeichnet,

wobei TA 7 I aus einmaliger, TA 7 II und III aus zweimaliger Rückkreuzung mit Heine IV stammen.

Kreuzungsschema:

$$\begin{aligned} 2n = 56 \times 2n = 42 &= F_1 \quad 2n = 49 \times 2n = 42 \\ \frac{21+7}{21+7} \times \frac{21}{21} &= \frac{21+7}{21} \times \frac{21}{21} \\ &= 2n = 42 - 49 \rightarrow 2n = 43 \rightarrow 2n = 44 \\ &= \frac{21+0-7}{21} \rightarrow \frac{21+1}{21} \rightarrow \frac{21+1}{21+1} \end{aligned}$$

Ferner wurden vier verschiedene Substitutionslinien verwendet, von denen Nr. 1 und 2 nach Röntgenbestrahlung in TA 7 III durch Verlust je eines Weizenchromosoms entstanden sind, Nr. 3 und 4 aber aus Kreuzung zwischen einer 44-chromosomigen Linie mit Monosomen aus Chinese-Weizen (von Herrn Dr. SEARS freundlicherweise zur Verfügung gestellt), in denen das Chromosom I bzw. IV des Weizens durch das *Agropyrum*-Chromosom ersetzt ist.

Kreuzungsschema:

$$\begin{aligned} 2n = 41 \times 2n = 44 &= 2n = 42 (20^{II}) \rightarrow 2n = 42 (21^{II}) \\ \frac{20}{20+1} \times \frac{21+1}{21+1} &= \frac{20}{21+1} \rightarrow \frac{20+1}{20+1} \end{aligned}$$

Das Resistenzchromosom

Das Resistenzchromosom unterscheidet sich in Länge und Lage des Spindelfaseransatzpunktes nicht von den meisten Weizenchromosomen. Doch besteht eine gewisse Tendenz zum Spindelbruch, da häufig spontan Telochromosomen mit endständigem Centromer entstehen. Der Verlust eines Chromosomenarms bedingt aber Anfälligkeit gegen je eine der beiden Rostkrankheiten.

Zum Beispiel wurden in der Nachkommenschaft einer 43-chromosomigen Pflanze (33 Pfl. anfällig; 7 Pfl. resistent) verschiedene resistente Pflanzen mit Telochromosom bzw. einem heteromorphen Bivalent aus telo- und normalem Chromosom gefunden ($2n = 42 + 1$ normal 3 Pfl.; $2n = 42 + 1$ telo 1 Pfl., $2n = 42 + 1$ Bivalent heteromorph 3 Pfl.). Die Nachkommen einer dieser 44-chromosomigen Pflanzen mit heteromorphem Bivalent waren zu 100% braunrostresistent, aber nur etwa 50% gelbrostresistent. Zytologisch untersuchte resistente Pflanzen zeigen folgende Verteilung der großen und kleinen Chromosomen:

	braunrostresistent gelbrostresistent	br. resistent g. anfällig
21 Biv. + 1 telo (Univ.)	0	5
„ + 2 telo (Biv.)	0	26
„ + 1 normal (Univ.)	5	0
„ + 2 normal (Biv.)	19	0
„ + normal + 1telo (Biv. heteromorph)	33	0
	77	31 = 88 Pfl.

* Herrn Professor OEHLKERS zum 70. Geburtstag.

Es kann deshalb angenommen werden, daß die Braun- und Gelbrostresistenzgene nicht auf dem selben Chromosomenarm liegen. Eine „Dosiswirkung“ des Chromosomenstückes auf die Ausprägung der Braunrostresistenz war nicht festzustellen. Aus röntgenbestrahltem Material konnten braunrostresistente Pflanzen isoliert werden, in denen das Telochromosom um ein weiteres Stück verkürzt war, ohne daß dadurch die Wirkung der Resistenz eingeschränkt ist. Es ist deshalb zu vermuten, daß diese Gene relativ dicht am Spindel-faseransatzpunkt lokalisiert sein müssen.

In den Pflanzen, die ein kurzes *Agropyrum*-Chromosom enthalten, läßt sich dieses natürlich gut von den übrigen des Weizenchromosomensatzes unterscheiden. Es ist deutlich zu erkennen, daß die Meiosispaarung genau so normal verläuft wie bei den Weizenchromosomen, d. h. es gibt nur selten vorzeitig getrennte Bivalente.

Konstanz

Jede 44-chromosomige Pflanze muß eine gewisse Anzahl an Gameten ausbilden, die das zusätzliche Chromosom nicht mehr enthalten, da in Selbstungsnachkommenschaften etwa 10% an 43-chromosomigen Pflanzen gefunden werden, die natürlich äußerlich nicht von den 44-chromosomigen zu unterscheiden sind. Zum Beispiel ergab die Selbstung zweier 44-chromosomiger Pflanzen folgende Aufspaltung:

Gesamtzahl der Pflanzen	davon braunrostresist.	Anzahl zytolog. unters. Pflanzen	2n = 44	2n = 43	2n = 42
1. 103	103	50	43	7	0
2. 132	132	100	90	10	0

In diesem Fall waren keine 42-chromosomigen Pflanzen mit Braunrostbefall gefunden. Unter einer etwas größeren Zahl von Individuen einer F₁ der Rückkreuzung von 44-chromosomigen mit 42-chromosomigen Pflanzen der Sorte Heine IV konnten auch vereinzelt anfällige Pflanzen gefunden werden:

$2n = 44 \times 2n = 42 = F_1$ 534 Pfl., davon 12 Pfl. braunrostanfällig = 2,21%,

d. h. die Pollen müssen zu einem wesentlich größeren Teil an der Elimination des zusätzlichen Chromosoms beteiligt sein als die Eizellen.

In der nächsten Generation entstehen aus geselbsteten 43-chromosomigen Pflanzen überwiegend normale 42-chromosomige. Als Beispiel sei die Aufspaltung innerhalb der F₂ aus der Kreuzung $2n = 44 \times 2n = 42$ angeführt. Es handelt sich um zwei verschiedene Kombinationen der Sorte Heine IV mit Additionslinien:

$2n = 44 \times 2n = 42 = F_2$
 1. 1885 Pfl., davon 366 Pfl. braunrostres. = 19,35%
 2. 4224 Pfl., davon 830 Pfl. braunrostres. = 24,48%.

Diese resistenten Pflanzen sind aber nur zu etwa 50% 44-chromosomig. Die Rückkreuzung der 43-chromosomigen mit Normalen zeigt, daß auch hier der Pollen empfindlicher auf das zusätzliche Chromosom reagieren muß als die Eizellen:

$2n = 42 \times 2n = 43 = F_1$
 1196 Pfl. davon 38 Pfl. Br. = 0 = 3,37%

$2n = 43 \times 2n = 42 =$
 16 Pfl. davon 1 Pfl. Br. = 0 = 6,66%

Zusammenfassend könnten etwa folgende Durchschnittswerte für die Abregulierung des zusätzlichen Chromosoms in 44-chromosomigen Linien angegeben werden:

Eizellen	Pollen	
	n = 21	n = 21 + 1
2n = 44 n = 21	2n = 42 (Br. rost = +)	—
n = 21 + 1	2n = 43	7,5%
2n = 43 n = 21	2n = 42 (Br. r. = +)	80,0%
n = 21 + 2	2n = 43	7,5%
		2n = 44
		2,5%
		90,0%
		2,5%
		10,0%

Auch die 42-chromosomigen Linien, die das Resistenzchromosom aus *Agropyrum* enthalten, bilden Gameten, in denen dieses Fremdchromosom wieder eliminiert ist. Zum Beispiel wurden unter den Selbstungsnachkommen einer 42-chromosomigen resistenten Pflanze von 20 zytologisch untersuchten Pflanzen vier Pflanzen mit $2n = 41$ gefunden. Alle Nachkommen dieser 41-chromosomigen (ca. 250 Pfl.) bleiben in den folgenden Generationen resistent. Unter den insgesamt mehr als 1000 Pflanzen in der gesamten Nachkommenschaft in mehreren Generationen der ersten 42-chromosomigen Substitutionspflanze ist bisher keine anfällige Pflanze gefunden worden. Das erklärt sich daraus, daß die etwa entstehenden 40-chromosomigen Pflanzen ohne das *Agropyrum*-Chromosom in der von uns untersuchten Kombination nicht lebensfähig sind.

Eizellen	Pollen	
	n = 21	n = 21 + 1
2n = 42 n = 20	2n = 40 (Br. = +)	2n = 41 20%
n = 20 + 1	2n = 41	2n = 42 80%

Leistung

der 44-chromosomigen Additionsbastarde

Der Einfluß des *Agropyrum*-Chromosoms auf die Ertragsleistung wurde über mehrere Jahre an Nachkommen aus resistenten Einzelpflanzen geprüft. Parallel waren Nachkommen aus den spontan durch Verlust des *Agropyrum*-Chromosoms entstandenen anfälligen Pflanzen vermehrt. Zu jeder 44-chromosomigen Linie konnte eine abstammungsmäßig identische 42-chromosomige anfällige Linie selektioniert werden, bei der genetische Unterschiede im Vergleich zum Additionsbastard weitgehend ausgeschaltet sind. Ferner konnten Linien hergestellt werden, die sich genetisch nur durch die Größe des zusätzlichen *Agropyrum*-Bivalentes unterscheiden.

Für die Leistungsprüfung wurden zwei verschiedene Methoden angewandt: 1. der Mikroleistungsversuch mit handgelegten Parzellen zu je etwa 100 Korn und 2. der Drillversuch mit größeren Saatgutmengen in maschinell gedrillten Beständen von je einigen Quadratmetern Größe. Im handgelegten Versuch wurde jede Nummer und der Standard viermal

(1956 fünfmal) ausgelegt, wobei innerhalb der Wiederholungen die Nummern nach Zufall verteilt waren, die Drillprüfungen dagegen waren zunächst nach der Standardmethode angebaut, d. h. etwa jede 6. Prüfungsnummer ist ein Standard. 1958 und 1959 konnten auch Drillprüfungen mit 4 bzw. 3 nach Zufall verteilten Wiederholungen gedrillt werden.

Der Braunrostbefall im Feld war in jedem Jahr auch ohne künstliche Infektion so stark, daß ohne Schwierigkeiten jede anfällige Pflanze bzw. Parzelle vor der Ernte gekennzeichnet werden konnte. Im Gegensatz dazu ist der Gelbrostbefall auf der Sorte Heine IV im Feldbestand nicht immer sicher festzustellen; der Befallsgrad war in den Versuchsjahren auch innerhalb der Zuchtgartenfläche nicht einheitlich. Da es sich bei dem vorliegenden Material aber immer um braunrostresistente Linien handelt, die je nach der Größe des *Agropyrum*-Chromosoms gelbrostresistent oder anfällig sind, genügt für die Auswertung die Bonitur des Braunrostes. Für die Ertragsauswertung der Mikroleistungsprüfungen wurden die anfälligen Pflanzen vor der Ernte entfernt, in Drillprüfungen der kleine Prozentsatz an Abspaltern mit einbezogen.

Vor der Ernte wurden Pflanzenzahl und Halmzahl je Nummer festgestellt, später das Gesamtgewicht des Ertrages der Parzelle und das Gewicht des Einzelkorns (Tausend-Korn-Gewicht = TKG). Aus diesen Zahlen konnten die Werte für Doppelzentner je Hektar (dz/ha), Grammgewicht je Pflanze (g/Pfl.), Zahl der Halme je Pflanze (H/Pfl.) und Kornzahl je Ähre (K/Ä) errechnet werden. (Für Versuche mit Wiederholungen waren die in den Tabellen mit x versehenen Werte durch statistische Verrechnung gesichert.)

Morphologisch lassen sich die entsprechenden 44- und 42-chromosomigen Linien mit und ohne *Agropyrum*-Chromosom nur wenig unterscheiden. Ährenform und Wuchstyp scheinen stärker durch die verschiedene Abstammung geprägt zu sein als durch die Anwesenheit des Fremdchromosoms. Doch läßt sich der Einfluß dieses Chromosoms auf die Gesamtentwicklung der Pflanzen nicht verkennen: Die Keimung scheint gehemmt im Vergleich zu normalem Weizen. In der Übersicht Abb. 1 wird der Unterschied besonders bei der Keimung unter den Bedingungen in der Petrischale deutlich, während die Werte für den Aufgang im Feld etwas dichter beieinander liegen.

Auch die Entwicklung der 44-chromosomigen im Jugendstadium scheint etwas verzögert, gleicht sich

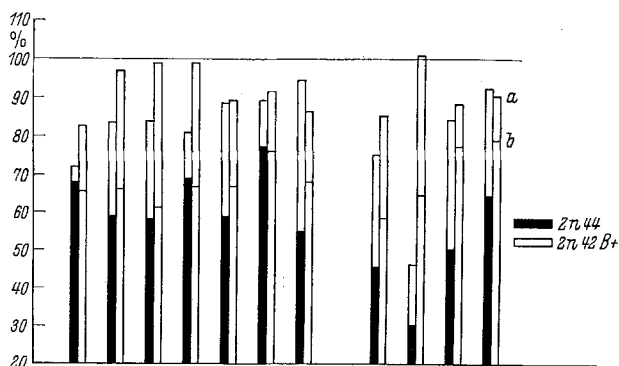


Abb. 1. Keimung der Körner in Petrischalen (a) und Feld (b) in Prozent von je 100 Korn. — 11 Linien je 2 n = 44 braunrostresistent; 2 n = 42 braunrostanfällig (TA 7 I und II).

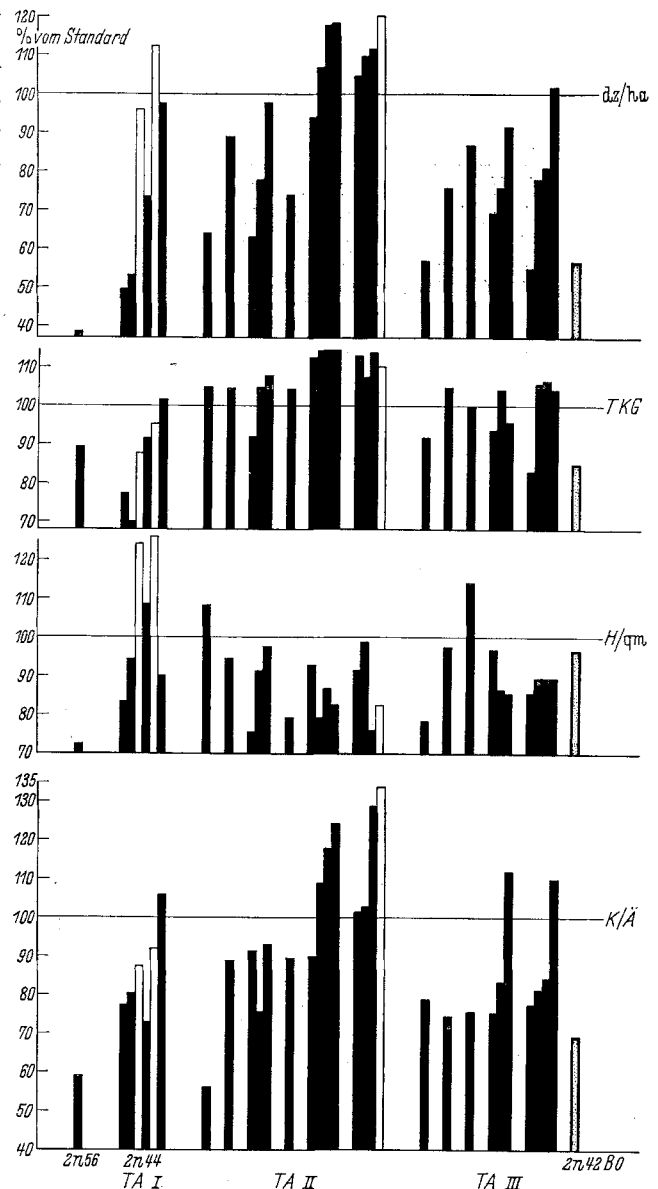


Abb. 2. Ertrag der 44-chromosomigen Linien in der Drillprüfung 1958 im Vergleich zu 2 n = 56 (erste Nr.), 2 n = 42 braunrostresistent (letzte Nr.), 2 n = 42 braunrostanfällig (weiß) je Linie dz/ha, TKG, H/qm, K/Ä in % vom Standard (TA 7 I bis III).

aber zur Blütezeit wieder an. Die Reife zieht sich über einen längeren Zeitraum hin als bei den normalen Weizenpflanzen, innerhalb einer Parzelle lassen sich die befallenen 42-chromosomigen Abspalter zur Reifezeit durch früheres Vergilben der Blätter gut erkennen. Offensichtlich bestehen aber je nach Abstammung Unterschiede.

Die allgemeine Leistung kann aus der Abb. 2 ersehen werden, in der die Ergebnisse des Jahres 1958 graphisch dargestellt sind. Es sind 12 Gruppen von 44-chromosomigen Linien aufgezeichnet, die jeweils gemeinsame Abstammung haben (je aus einer F₂-Pflanze nach ein- bzw. zweimaliger Rückkreuzung der 56-chromosomigen Linie mit Heine IV), aus den Familien TA 7 I, II und III. Die Ertragskomponenten dz/ha, TKG, H/qm und K/Ä sind je auf den Standard Heine IV (= 100%) bezogen. Die Unterschiede in der Gesamtleistung auch innerhalb der Familien sind beträchtlich, die meisten geprüften Linien erreichen die Ertragshöhe des Standards nicht. Im Vergleich zur 56-chromosomigen Ausgangslinie

(erste Nr.) ist jedoch eine erhebliche Verbesserung festzustellen. Die wenigen 42-chromosomigen anfälligen Nummern, die in dieser Prüfung zum Vergleich stehen (weiß, TA 7 I und II), deuten darauf hin, daß die Leistung abstammungsmäßig bedingt ist, in der TA 7 I-Familie mit schwacher Leistung sind die 42-chromosomigen in jedem Fall besser als die 44-chromosomigen, während in der besten Gruppe dieser Prüfung aus TA 7 II die Unterschiede zwischen den Nummern mit und ohne *Agropyrum*-Chromosom wesentlich geringer sind. Die Ursache für die im Vergleich zum Standard geringe Leistung der meisten Linien kann sowohl in der schwächeren Halmausbildung (H/Pfl.) wie in der geringen Ährenbekörnung (K/Ä) der 44-chromosomigen Bastarde liegen. Dagegen ist in fast allen Linien eine Steigerung des Korngewichtes (TKG) gegenüber dem des Standards zu beobachten. Dieses relativ hohe TKG, welches auch die 56-chromosomige Linie zeigt, kompensiert in vorteilhafter Weise die negative Wirkung der niedrigen Halm- und Kornproduktion.

Abb. 3. Hier sind die dz/ha-Erträge aus Drillprüfungen der Jahre 1956—59 dargestellt für 3 mäßige und 2 gute Linien aus TA 7 I und II verglichen mit

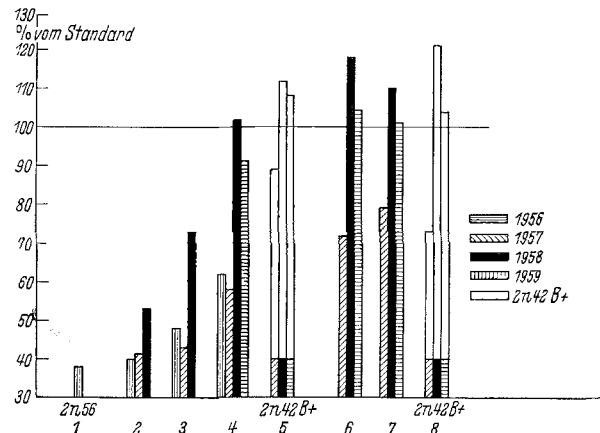


Abb. 3. dz/ha-Ertrag von 44-chromosomigen resistenten Linien aus den Drillprüfungen 1956—59 in Prozent vom Standard. Vergleich mit 2 n = 56 (1) und 2 n = 42 braunrostanfällig (5 und 8) TA 7 I (2—5) und II (6—8).

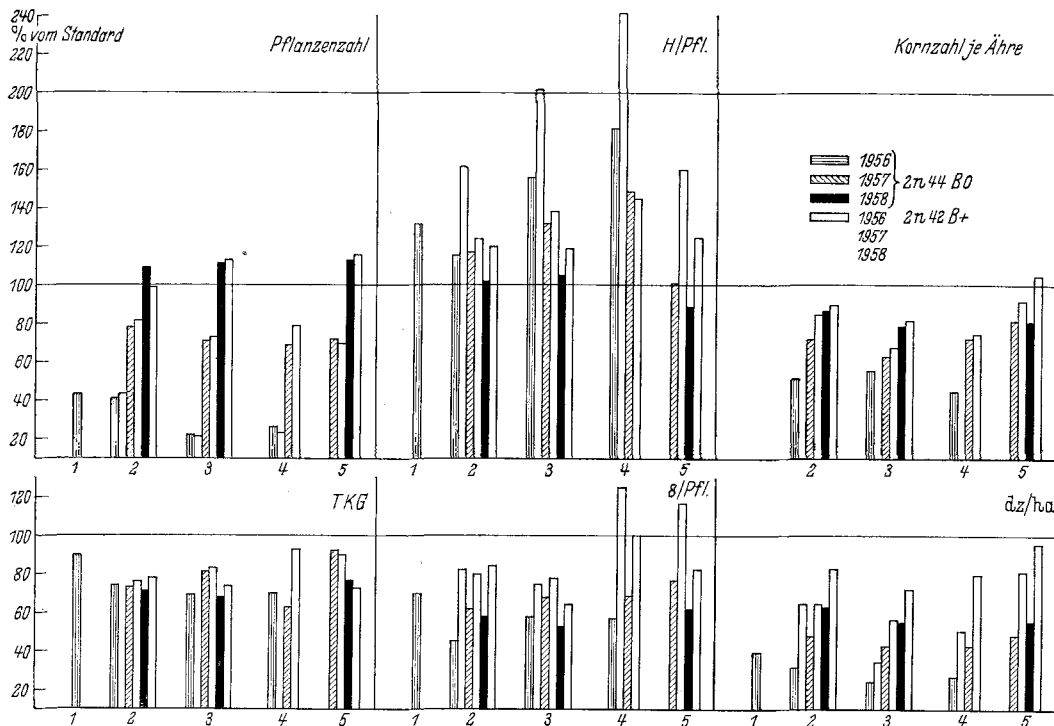


Abb. 4. TA 7 I: Ertrag der 44-chromosomigen Linien im Einzelkornversuch 1956—58 im Vergleich zu 2 n = 42 braunrostanfällig (2 n = 56 Nr. 1) Pfl. Zahl, H/Pfl., K/Ä, TKG, g/Pfl., dz/ha in % vom Standard.

Durch eine günstige Kombination von Korngewicht und hoher Kornzahl kann es zu der besonders guten Leistung der Linie von TA 7 II kommen. Diese wurde in den Jahren 1958 und 1959 in eine Drillprüfung mit Wiederholungen eingeschaltet und war in beiden Jahren besser in der Leistung als Heine IV:

	Ertrag in dz/ha	
	1958	1959
Standard Heine IV	36,7	39,3
2 n = 44 TA 7 II	40,0 ×	40,2 × p = 5%

Daß die Leistungsunterschiede zwischen guten und schlechten 44-chromosomigen Linien auch in mehreren, die einzelnen Ertragskomponenten unterschiedlich begünstigenden Jahren konstant bleiben, zeigt

den entsprechenden 42-chromosomigen anfälligen und der 56-chromosomigen Ausgangsform.

Auch die Ergebnisse der Mikroleistungsversuche (Abb. 4 und 5), in denen die Erträge der einzelnen Pflanzen besser berücksichtigt werden können, zeigen ähnliche Verhältnisse. In Abb. 4 sind vier 44-chromosomige Linien von TA 7 I mit den entsprechenden 42-chromosomigen anfälligen Parallelen aus den Jahren 1956/57/58 dargestellt. Pflanzen- und Halmzahl, TKG und Korngewicht je Pflanze und Fläche sind gesondert gewertet. Alle Linien der Familie TA 7 I sind, wie schon aus der Darstellung der Drillnummern hervorgeht, schlechter als der Standard in der Gesamtleistung (dz/ha und g/Pfl.) und in jedem Fall wesentlich schlechter als die entsprechenden 42-chromosomigen anfälligen. Die Ursache hierfür kann in der mangelnden Halmproduk-

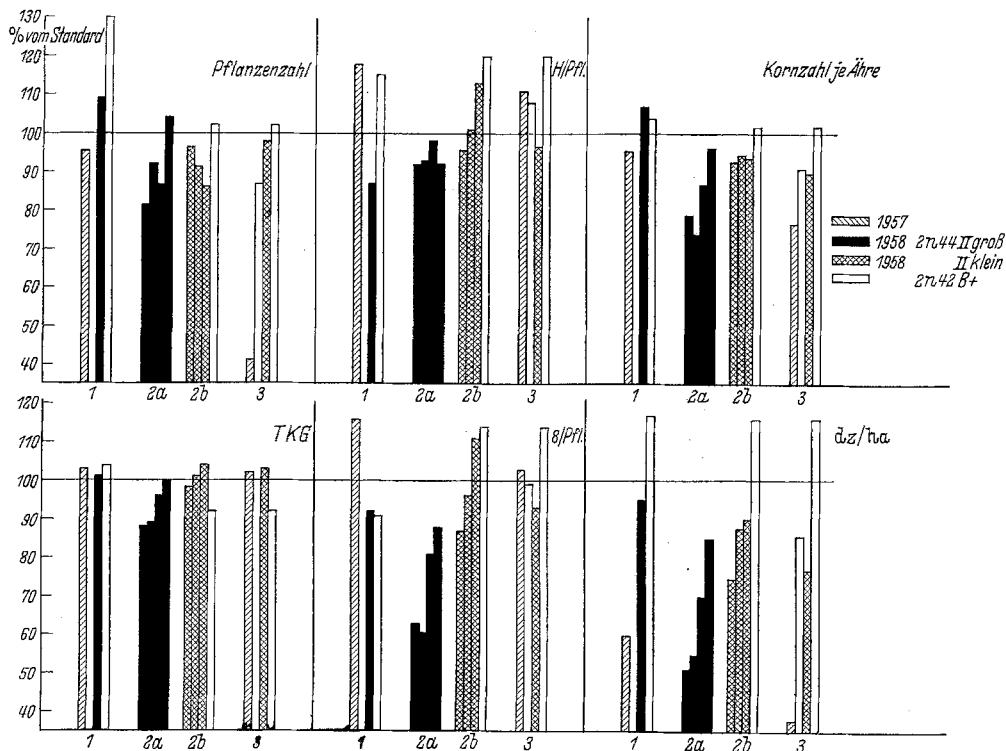


Abb. 5. TA 7 II: Ertrag 44-chromosomiger Linien im Einzelkornversuch 1957-1958. Vergleich von Linien mit großem (1 und 2a) und kleinem (2b und 3) Bivalent, je mit $2n = 42$ braunrostanfälligen Linien. — Pfl. Z., H/Pfl., K/A, TKG, g/Pfl., dz/ha in % vom Standard.

tion der 44-chromosomigen Pflanzen liegen, besonders auffällig im Jahr 1956, als bei sehr geringem Pflanzenbestand je Parzelle nur die 42-chromosomigen Nummern diese Chance für vermehrte Halmausbildung ausnutzten. Die Kornausbildung ist dagegen kaum von der der normalen Pflanzen unterschieden, ebenso wie auch das TKG der 56-chromosomigen Linien (Nr. 1) relativ hoch ist. In Nr. 5 dieser Zeichnung ist das TKG der resistenten sogar etwas besser als das der anfälligen Pflanzen.

Entsprechende Ergebnisse zeigen die graphischen Skizzen der Familie TA 7 II (Abb. 5), die im Gesamtertrag des Drillbestandes wesentlich besser als TA 7 I ist. Die Leistung der einzelnen Pflanzen (g/Pfl.) erreicht in einigen Nummern die des Standards bzw. übersteigt sie, während der Unterschied zu den normalen 42-chromosomigen Pflanzen gleichzeitig verschwindet.

Das TKG der Linien dieser Familie ist in mehreren Nummern höher als das des Standards und als das der 42-chromosomigen Vergleichsnummern. Die besonders gute Gesamtleistung kann sowohl aus der verbesserten Halmzahl je Pflanze wie Kornzahl je Ähre erklärt werden. Im Gesamtertrag in bezug auf die Fläche, der in dz/ha ausgedrückt ist, zeigt sich der große Unterschied zwischen 44- und 42-chromosomigen Linien. Während die Bastarde den Wert des Standards nicht erreichen (höchster Wert 94%, Nr. 1), übersteigt bei den normalen Vergleichsnummern der Wert den des Standards weit (bis 117%). Diese Differenz von etwa 20% ist in der Drillprüfung desselben Jahres, Abb. 2, bei den entsprechenden Nummern nicht so groß (etwa 10%). Hier mag wohl auch die allgemein größere Halmzahl in den Parzellen der Normalpflanzen eine entscheidende Rolle spielen.

Die Linien der Familie TA 7 II sind in Abb. 5 nach der Größe des addierten *Agropyrum*-Resistenzchromosoms geordnet:

1. Das *Agropyrum*-Chromosom ist normal groß,
2. diese Gruppe stammt ursprünglich aus einer Pflanze mit heteromorphem Bivalent, aus der dann Linien sowohl mit großem (2a) wie mit kleinem (2b) Chromosom isoliert wurden,
3. das *Agropyrum*-Chromosom ist klein. Es hat den Anschein, als ob die Gesamtleistung der Einzelpflanzen etwas verbessert wird, wenn nur das kleine *Agropyrum*-Chromosom addiert ist. Gewicht und Zahl der Körner werden etwas erhöht, ebenso die Anzahl der Halme der Pflanze auffällig vermehrt gegenüber den Pflanzen mit großem Chromosom. Besonders die Linien aus gemeinsamer Abstammung (2a und b) zeigen einen Unterschied zwischen Nummern mit großem (2a) und kleinem (2b) *Agropyrum*-Chromosom. Auch die Drillprüfung des folgenden Jahres (Abb. 6 Nr. 1 und 2) hatte ähnliche Ergebnisse: Die Nummern mit kleinem *Agropyrum*-Chromosom waren in ihrer dz/ha- wie TKG-Leistung besser als der Standard und die vergleichbaren anfälligen Nummern. Doch sind die Unterschiede zwischen diesen Nummern nicht so groß: Wird damit eine ähnliche Gruppe aus TA 7 III (Abb. 7 Nr. 4) verglichen, in der ebenfalls Linien mit großem und kleinem *Agropyrum*-Chromosom aus einer gemeinsamen Ausgangspflanze entwickelt wurden, so zeigt sich, daß trotz insgesamt niedrigerer Leistung die Nummern mit dem kleinen Additionschromosom etwas besser im Ertrag sind als die mit dem großen, trotzdem die Werte für TKG und Halmzahl/Pfl. sich kaum voneinander unterscheiden.

Leistung der 42-chromosomigen Substitutionsbastarde

42-chromosomige, resistente Weizenqueckenbastarde, in denen ein Weizenbivalent, durch das *Agropyrum*-Resistenz-Chromosom ersetzt, substituiert ist, müßten auf Grund ihrer absoluten Konstanz theoretisch von größerem Wert für die Praxis sein als die 44-chromosomigen Formen. Da aber der Verlust

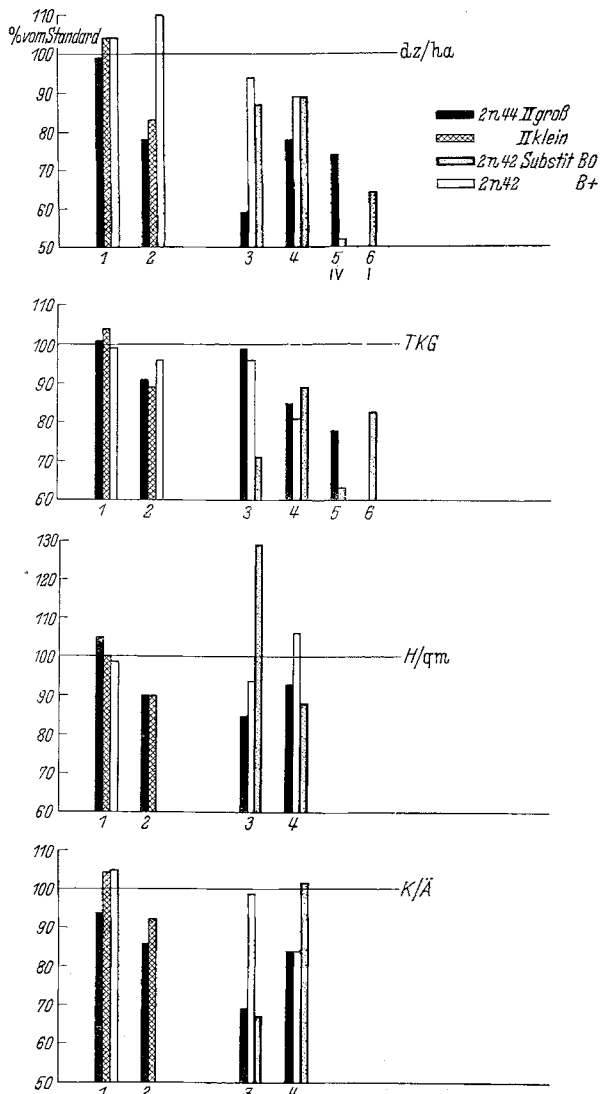


Abb. 6. Ertrag in der Drüllprüfung 1959 (in % vom Standard). — Nr. 1 u. 2: 44-chromosomige Linien mit großem und kleinem *Agropyrum*-Bivalent (TA 7 II und III). Nr. 3 bis 6: 42-chromosomige Substitutionslinien. Vergleich $2n = 44$ braunrostresistent — $2n = 42$ braunrostanfällig — $2n = 44$; Nr. 3 u. 4: aus TA 7 III Substitution zweier verschiedener Chromosomen; Nr. 5: Substitution von Chromosom IV; Nr. 6: Substitution von Chromosom I.

eines Weizenchromosomenpaares eine starke Störung innerhalb des Genbestandes bedeuten kann, muß versucht werden, ob eine günstige Kombination — Weizennullisom + Queckenbivalent — gefunden werden kann. Über planmäßige Kreuzungsversuche in dieser Richtung soll an anderer Stelle berichtet werden.

Bisher konnten 4 verschiedene konstante Substitutionslinien isoliert werden:

Linie 1 und 2 stammen aus geröntgtem Material derselben Kreuzungskombination wie TA 7 III (Heine IV), das jeweils fehlende Weizenchromosom ist bisher nicht identifiziert.

In beiden Linien sind die Pflanzen deutlich schwächer in ihrer Entwicklung und im Wuchs als die zugehörigen Normalpflanzen bzw. die entsprechenden Additionsbastarde. Die beiden anderen Linien 3 und 4 konnten aus der Kreuzung zwischen einer guten 44-chromosomigen Linie aus TA 7 II und den Monosomen I bzw. IV, die SEARS (1954) hergestellt hat, ausgelesen werden. Da diese Monosome aber sehr extreme Formen des Sommerweizens Chinese Spring sind, ist eine Angleichung an einen an unsere Verhältnisse angepaßten Sortentyp erst nach wiederholten Rückkreuzungen zu erwarten. Die 42-chromosomigen Bastarde, die zunächst nach einmaliger Kreuzung mit Monosom I ausgelesen wurden, unterscheiden sich morphologisch sehr von der Sorte Heine IV. Die Pflanzen sind kurz, mit relativ dichten und kurz begrannnten Ähren. Stark fleckige und früh vergilbende Blätter deuten auf physiologische Störungen hin. Günstiger scheint dagegen die Kombination der 44-chromosomigen mit Monosom IV zu sein. Hier ist der Habitus durchaus normal, die Pflanzen sind lang und kräftig mit normalen Ähren und rein grünen, breiten Blättern.

Einen Eindruck von der bisher erreichten Ertrags- höhe dieser Linien gibt Abb. 6, in der die Drillergebnisse des Jahres 1959 im Vergleich zu entsprechenden resistenten Additionsbastarden und den vergleichbaren 42-chromosomigen anfälligen Nummern aufge-

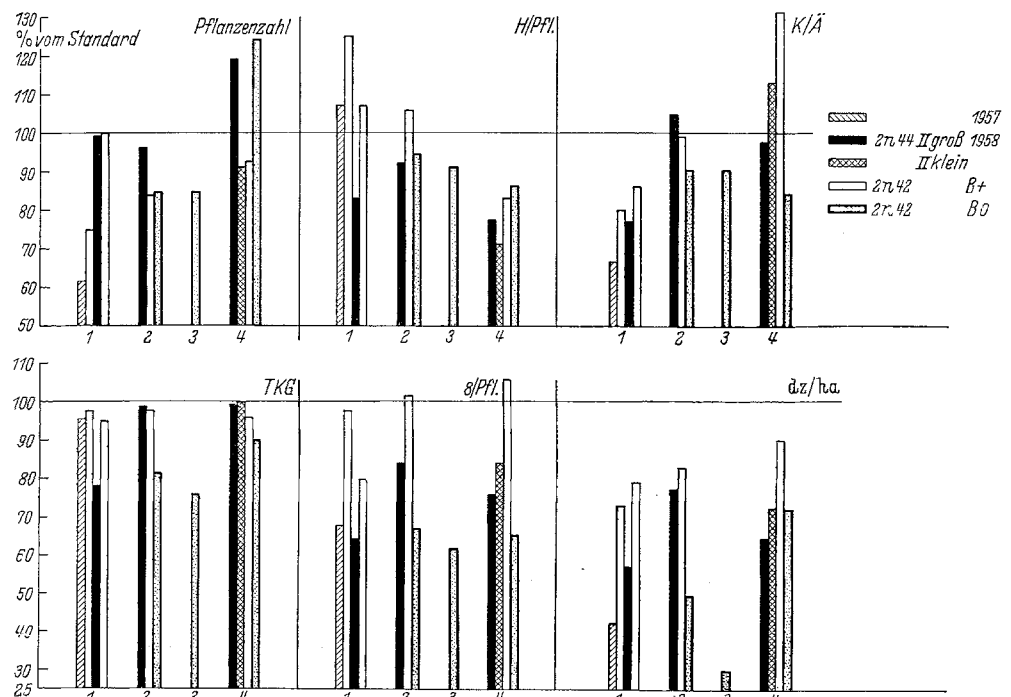


Abb. 7. TA 7 III Ertrag von Substitutionslinien im Einzelkornversuch 1957-1958 im Vergleich $2n = 44$ Bivalent groß — $2n = 44$ Bivalent klein — $2n = 42$ braunrostanfällig in % vom Standard.

zeichnet sind. Im Gesamtertrag liegen beide TA 7 III-Linien (3 und 4) höher als die Linien aus den Monosomen-Kreuzungen (5 und 6). Beide sind in diesem Fall besser als die 44-chromosomigen und nur wenig schlechter als die Normalpflanzen, die aber den Wert des Standards nicht erreichen. Während sich die Linien 4 und 6 im Verhältnis zu den Vergleichslinien durch gutes TKG auszeichnen, ist bei Linie 3 und 5 das TKG niedrig. Hier wird der Ertrag durch erhöhte Halmproduktion erreicht. Auch im vorhergehenden Jahr konnte dieselbe Beobachtung an diesen Nummern gemacht werden: Im Drillversuch 1958 (Abb. 2) zeichnen sich die 42-chromosomigen Linien durch relativ niedriges Korngewicht und hohe Halmzahl aus.

Drei verschiedene Nummern aus Linie 3 wurden 1958 auch im handgelegten Versuch geprüft, dessen Ergebnisse in Abb. 7 graphisch dargestellt sind. Hier ist im Gegensatz zum Ergebnis des Drillversuchs 1959 der Gesamtertrag (g/Pfl.) im Verhältnis zu den resistenten und anfälligen Nummern niedrig. Anders als bei den 44-chromosomigen Pflanzen ist nicht so sehr die Ausbildung des Korngewichtes als vielmehr die Anzahl der Pflanzen und ihre Bestockung gefördert. Es ist anzunehmen, daß in diesem Fall das fehlende Weizenchromosom auf die Ertragskomponenten einen stärkeren Einfluß ausübt als das eingefügte fremde Chromosomenpaar.

Diskussion

Die Wirkung der Addition eines einzelnen artfremden Chromosoms an den normalen Chromosomensatz des Weizens konnte bisher mit Chromosomen aus *Secale*, *Haynaldia*, *Aegilops* und *Agropyrum* kontrolliert werden.

O'MARA (1941 und 1951) hat durch Rückkreuzung von *Triticale* ($2n = 56, 42 + 14$) mit Weizen das Chromosom I des Roggens in Weizen überführt, welches die für den Roggen typische Halmbehaarung unterhalb der Ähre bedingt. Die Ausprägung des Merkmals ist unabhängig davon, ob das Chromosom monosom oder disom vorhanden ist.

CHAPMAN und RILEY (1955 und 1958) konnten die Chromosomen I—IV von *Secale* addieren. Jedes Chromosom verursacht Veränderungen qualitativer Art: Chromosom I behaarter Halm, II und III Mehltaresistenz, II und IV rote Kornfarbe, III und IV rote Halmfarbe, II Gelbrostresistenz, IV verzweigte Ähren. Außerdem können bei der Addition der verschiedenen Chromosomen jeweils auch quantitative Merkmale, wie Blattbreite, Halm- und Ährenlänge z. B., beeinflußt werden.

Auch JENKINS und LAURIE (1958) berichten, daß sie eine Serie 44-chromosomiger Linien herstellen, in denen alle 7 Chromosomen des Roggens einzeln auf ihre Genwirkung innerhalb des Weizens geprüft werden.

Mit *Haynaldia* konnte HYDE (1953) entsprechende Additionsbastarde herstellen. Er kreuzte *Triticum aestivum* (Sorte Chinese Spring) (ABD) mit einer Amphidiploiden aus *Triticum dicoccoides* (AB) und *Haynaldia* (V) = $\frac{ABD}{ABD} \times \frac{ABV}{ABV} = \frac{ABD}{ABV}$.

Nach Rückkreuzung mit *Triticum aestivum* erhielt er 2 Pflanzen, in denen ein ganzes Genom von *Haynaldia* addiert war: $\frac{ABDV}{ABD}$.

Ausgehend von diesen 49-chromosomigen Pflanzen, erhielt er durch wiederholte Kreuzung 43- und 44-chromosomige, in denen die verschiedenen *Haynaldia*-Chromosomen mono- oder disom enthalten waren. Er beobachtete, daß unter den Nachkommen aus 43-chromosomigen Pflanzen das überzählige Chromosom auch spontan verkürzt werden kann: aus einer 43-chromosomigen Pflanze erhielt er 321 Pflanzen davon

42 Pfl. = $2n = 43$	21 + 1 normal (Univalent)
39 Pfl. = $42 + 1$	21 + $\frac{1}{2}$ „ (Univalent)
11 Pfl. = 44	21 + 2 „ (1 Bivalent).

Die Ausprägung der *Haynaldia*-Merkmale gegenüber denen der Weizenelternsorten Chinese und *Triticum dicoccoides* scheint aber mit nur wenigen Ausnahmen (Koleoptilenfarbe auf dem kurzen Arm des Chromosoms VI) rezessiv zu sein. Die 44-chromosomigen Additionsbastarde unterscheiden sich also in bezug auf qualitative Merkmale nicht von den normalen Pflanzen.

Die Übernahme eines Resistenzchromosoms gegen Braunrost aus *Aegilops umbellulata* (Resistenz gegen alle Rassen außer Rasse 9) in den Weizen wurde von SEARS (1956) berichtet. SEARS benutzte die 44-chromosomigen Formen als Ausgangsmaterial, von dem aus mit Hilfe von Kobaltbestrahlung das *Aegilops*-Chromosom an je verschiedene Weizenchromosomen transloziert werden konnte.

Der Erfolg dieser Arbeiten regte die Bearbeiter der *Agropyrum*-Resistenz zu ähnlichen Versuchen an. Auch hier wurden zunächst 44-chromosomige Typen ausgelesen, aus denen dann später Translokationsformen entstehen sollen.

KNOTT (1958) konnte aus Kreuzungen zwischen 56-chromosomigen *Agropyrum elongatum*-Bastarden mit der Sorte Thatcher sowohl 44- wie 42-chromosomige braunrostresistente Weizen herstellen. In den 42-chromosomigen ist das Chromosom VI des Weizens durch das Resistenzchromosom substituiert. KNOTT berichtet, daß die Additionspflanzen in Vitalität und Ertrag schwächer sind als die Substitutionspflanzen, in denen Chromosom VI fehlt. Die Übertragung des Fremdchromosoms ist durch Pollen und Eizellen gleich.

SCHLEHUBER (1959) konnte nach der entsprechenden Kreuzung mit der Sorte Pawnee eine 42-chromosomige Pflanze mit der *Agropyrum elongatum*-Resistenz finden. Die Identifizierung mit Hilfe der 21 Monosomen von SEARS ergab, daß es sich um die Substitution des Chromosoms XVI handelt. Das Fehlen dieses Chromosoms wirkt sich auf die Kornqualität verschlechternd aus, während Vitalität und Ertrag mit der Sorte Pawnee vergleichbar sind.

Die 44-chromosomigen Additionsbastarde im Gegensatz zu den 42-chromosomigen Substitutions- und Translokationsformen enthalten den Weizenchromosomensatz vollständig unverändert. Der Einfluß, den die Gene des zusätzlichen Fremdchromosoms auf die Merkmalsausprägung haben, kann also unter ganz normalen Chromosomenverhältnissen geprüft werden, entsprechend der Analyse der Genwirkung der Roggenchromosomen im Weizenmilieu bei RILEY (1958).

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse der Ertragsprüfungen zeigt sich, daß außer der Resistenz gegen Braun- und Gelbrost bestimmte Hemmungen

in der Vitalität der Weizenpflanzen durch das *Agropyrum*-Element ausgelöst werden, die um so stärker zur Ausprägung kommen, je ungünstiger in bezug auf Ertragsleistung die Kombination der Weizenpartner ist (Beispiel TA 7 I). Unter den Faktoren des *Agropyrum*-Chromosoms, die vorteilhaft den Ertrag beeinflussen, ist die Ausbildung des Korngewichtes von besonderer Bedeutung. Außerdem scheint die Verkürzung des *Agropyrum*-Chromosoms auf die Hälfte sich vorteilhaft auf die Gesamtleistung der Pflanzen auszuwirken. 44-chromosomige Pflanzen, die nur den Chromosomenarm mit der Braunrostresistenz enthalten, sind wahrscheinlich leistungsfähiger als die mit beiden Armen. Beim Vergleich der Ertragswerte der verschiedenen 44-chromosomigen Linien zeigt sich eine große Variationsbreite, und es ist anzunehmen, daß eine Selektion guter Leistungslinien möglich ist, in denen ein ungünstiger Einfluß des *Agropyrum*-Chromosoms nicht mehr wirksam wird (TA 7 II). Praktisch bedeutet das, daß 44-chromosomige Weizen hergestellt werden können, die vollresistent gegen Braun- und Gelbrost sind und in der Leistung mit normalen Weizensorten konkurrieren können. Natürlich müssen hier zur Reinerhaltung der Linien bestimmte Maßnahmen getroffen werden, um die anfälligen Pflanzen, die durch Elimination des Fremdchromosoms immer wieder entstehen, zu beseitigen. Rechnet man auf Grund der Beobachtungen an unserem Material mit 10% 43-Chromosomiger aus $2n = 44$ Pflanzen und 80% 42-Chromosomiger aus $2n = 43$ Pflanzen, so kann schon nach 7 Generationen der Prozentsatz an anfälligen (ohne Bereinigung) etwa 50% betragen. Vermutlich bestehen aber in bezug auf Konstanz Unterschiede, so daß die Auswahl von Linien mit einer Mindestzahl an Abspaltern möglich wäre. Die Einbeziehung der 44-chromosomigen Linien in ein Kreuzungsprogramm mit neuen Weizeneltern erfordert eine sorgfältige Selektion der resistenten Pflanzen in F_2 , die in F_3 konstant bleiben müssen. Unter guten Infektionsbedingungen kann auf eine zytologische Kontrolle ganz verzichtet werden.

42-chromosomige resistente Substitutionslinien haben gegenüber den 44-chromosomigen den großen Vorzug der absoluten Konstanz der Resistenz, da die durch Abregulierung entstehenden, theoretisch anfälligen Nullisome nicht lebensfähig sind. Allerdings wird auch hier nach Kreuzungen mit Sorten eine sorgfältige Auslese der resistenten Pflanzen nötig sein, die sich über mehrere Generationen erstrecken muß. Da in diesen Linien der Weizenchromosomensatz durch das jeweils fehlende Chromosom in seiner Wirkung stark gestört sein kann, ist es für die Zukunft von Bedeutung, die Typen zu finden, bei denen der Defekt für die Ertragsleistung keine Minderung bedeutet. Die bisher vorhandenen Typen mit Substitution der Chromosomen VI (KNOTT 1958), XVI (SCHLEHUBER 1959), I und IV und zweier nicht identifizierter zeigen Unterschiede in der Leistung, die die Suche nach günstigeren Kombinationen aussichtsreich erscheinen läßt. Nachteilig wirkt sich in den planmäßigen Kreuzungen mit Monosomen aus Chinese Spring (SEARS 1954) der schlechte Ertragstyp dieser Sorte aus, der nur durch mehrfache Rückkreuzung mit guten Sorten überwunden werden kann und dadurch die Auslesearbeit kompliziert.

Um eine festere Verankerung der Resistenzgene im Weizenchromosomensatz zu erreichen, können die 44-chromosomigen Additionsbastarde als Ausgangsmaterial für Röntgenbestrahlung benutzt werden. Die Lokalisation der Braunrostresistenz dicht am Spindelfaseransatzpunkt, die wir in unserem Material feststellen konnten, muß sich erschwerend auf die Entstehung eines günstigen neuen Chromosomentyps auswirken, da in diesem Fall ein Bruch in unmittelbarer Nähe des Centromers Voraussetzung ist für die Translokation der Braunrostresistenzgene an ein möglichst intaktes Weizenchromosom. Ferner kann eine gleichzeitige Übertragung der Braun- und Gelbrostresistenz an ein gemeinsames Weizenchromosom nicht erwartet werden, da sie auf den verschiedenen Armen des Chromosoms sitzen. Andererseits wäre es vorstellbar, daß ein wesentlicher Teil eines Weizenchromosoms an das Queckenchromosom angeheftet würde, so daß die Paarung mit dem entsprechenden homologen Weizenchromosom noch garantiert ist. Auf diese Weise könnte ein konstant resistenter Weizen entstehen, wenn das neue Translokationschromosom sicher durch die Gameten übertragen wird. Es besteht die Aussicht, daß in unserem Material schon verschiedene Translokationen entstanden sind, über deren Eignung an anderer Stelle berichtet werden soll.

Zusammenfassung

Es wurden 44-chromosomige Weizenqueckenbastarde hergestellt, in denen das *Agropyrum*-Chromosom, welches umfassende Resistenz gegen die Rassen des Braun- und Gelbrostes enthält, disom an den Weizenchromosomensatz addiert ist.

Die Wirkung dieses Chromosoms auf die Ertragsleistung wurde im Feldanbau geprüft (Drillversuch und Einzelkornversuch) und in Vergleich gesetzt zu genetisch gleichem Material ohne *Agropyrum*-Chromosom.

Das *Agropyrum*-Chromosom bewirkt eine Minderung der Vitalität der Pflanzen (schlechtere Keimung, langsamere Entwicklung, geringere Halmzahl), die aber vorteilhaft kompensiert wird durch eine Förderung der Kornausbildung. Die mehr oder weniger günstige Kombinationseignung der Elternpflanzen kann diesen *Agropyrum*-Einfluß aber ganz überdecken, so daß in guten Ertragstypen die Leistung der 44-chromosomigen derjenigen der 42-chromosomigen anfälligen entspricht. Es gelang die Selektion von Linien, deren Ertrag über dem des Standards lag. Die Wirkung des *Agropyrum*-Chromosoms auf die Leistung scheint günstiger zu sein, wenn der Chromosomenarm, der die Gelbrostresistenz trägt, fehlt.

Es wurden vier 42-chromosomige Linien hergestellt, in denen ein Chromosomenpaar des Weizens (I und II, zwei weitere noch nicht identifiziert) durch das *Agropyrum*-Resistenz-Chromosom substituiert ist. Die Ertragswerte der bisher geprüften Linien liegen im Bereich derjenigen der 44-chromosomigen Linien. Die Wirkung des *Agropyrum*-Chromosoms auf die einzelnen Ertragskomponenten wird überdeckt durch den Einfluß, den das Fehlen des Weizenchromosomenpaares verursacht.

Literatur

1. CHAPMAN, V., and R. RILEY: Disomic addition of rye chromosome II to wheat. *Nature*, Lond. **175**, 1091—1092 (1955).
2. CHAPMAN, V., and R. RILEY: The pro-

duction and phenotypes of wheat-rye chromosome addition lines. *Heredity* **12**, 301—315 (1958). — 3. HYDE: Addition of individual *Haynaldia villosa* chromosomes to hexaploid wheat. *Am. J. Bot.* **40**, 174—182 (1953). — 4. JENKINS, B. C., and E. E. LAURIE: Some alien chromosome addition to common wheat. *Proc. X International Congress of Genetics* **2**, 134 (1958). — 5. KNOTT, D. R.: The effect on wheat of an *Agropyron* chromosome carrying rust resistance. *Proc. X International Congress of Genetics* **2**, 148 (1958). — 6. OHLENDORF, A.: Cytologische Untersuchungen an Weizen-Queckenbastarden. *Der Züchter* **22**, 34—59 (1952). — 7. OHLENDORF, A.: Weitere cytologische Untersuchungen an Weizen-Quecken-Bastarden. *Der Züchter* **25**, 332—351 (1955). — 8. O'MA-

RA: Cytogenetic studies in *Triticale*. I. A method for determining the effects of individual Secalechromosomes on *Triticum*. *Genetics* **25**, 401—408 (1941); II. The kinds of intergeneric chromosome addition. *Cytologia* **16**, 225—232 (1951). — 9. SEARS, E. R.: The aneuploids of common wheat. *Mo. Agric. Expt. Sta. Res. Bull.* **572**, 1—58 (1954). — 10. SEARS, E. R.: The transfer of leaf rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat. *Brookhaven Symp. in Biology* **9**, 1—22 (1956). — 11. SCHLEHUBER, A. M., and E. E. SEBESTA: Progress in wheat-grass breeding. *Proc. Okla. Acad. Sci.* **39**, 6—16 (1959). — 12. BAKSHI, J. S., and A. M. SCHLEHUBER: Identification of a substituted chromosome pair in a *Triticum-Agropyron* Line. *Proc. Okla. Acad. Sci.* **39**, 16—21 (1959).

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

Die Erzeugung und Erkennung von Tetraploiden bei Gramineen

Von HORST TIEMANN

Mit 7 Abbildungen

Bei den Monokotylen ist die Genomverdoppelung wegen des schwer zugänglichen Vegetationskegels schwierig. Von ESSER (1), HULEWICZ (3), MYERS (6), WIT (8), WIT und SPECKMANN (9) wird die Anwendung von Colchicin nach verschiedenen Methoden empfohlen, während nach KOSTOFF (4) die Gramineen sehr stark auf Acenaphthen reagieren. Da bei der praktischen Züchtung mit einem großen Ausgangsmaterial gearbeitet werden muß, sind ergiebige und leicht anwendbare Behandlungsmethoden notwendig. Auch müssen die erzeugten Polyploiden leicht und schnell, möglichst ohne zytologische Untersuchung, erkannt werden. In vorliegenden Untersuchungen wurden daher verschiedene bekannte Methoden zur Verdoppelung des Genoms bei Gramineen vergleichsweise angewandt und die Brauchbarkeit verschiedener Merkmale zur Bestimmung des polyploiden Materials geprüft.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an *Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum* mit $n = 7$ der Sorte „Bernburger“ durchgeführt. Folgende Methoden wurden angewandt:

Methode I — Behandlung angekeimter Samen mit Colchicin

Entsprechend der von WIT und SPECKMANN (8, 9) angewandten Methode wurden Samen in Wasser angekeimt und anschließend bei einer Keimwurzellänge von 1—2 mm in wäßrige Lösungen mit 0,05; 0,1 und 0,2% Colchicin getaucht. Nach 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 24 Stunden wurden die Keimlinge aus der Colchicininlösung genommen, mit Wasser ab gespült und in Erde ausgelegt.

Methode II — Behandlung trockener Samen mit Colchicin

In Anlehnung an die von MYERS (6) beschriebene Methode wurden die Samen direkt in wäßrigen Lösungen mit 0,05; 0,1 und 0,2% Colchicin eingequollen. Nach 2, 4, 6, 8, 10, 15, 25, 30 und 35 Stunden wurden die Samen herausgenommen, mit Wasser ab gespült und in Erde ausgelegt.

Methode III — nach HULEWICZ (3)

Die Samen wurden zehn Minuten in einer 0,1%igen Sublimatlösung gewaschen, mit destilliertem Wasser ab gespült und auf Filtrierpapier in Petrischalen angekeimt. Die gekeimten Samen wurden in neue Petrischalen, die zur Hälfte mit 1,3%igem Agar mit 50%iger Knopscher Lösung gefüllt waren, umgesetzt. Nachdem die Koleoptilen eine Länge von etwa 1,5 cm erreicht hatten, wurden die Petrischalen mit 0,05 und 0,1%igen Colchicininlösungen gefüllt und die Koleoptilen kurz über dem Vegetationskegel unter der Oberfläche der Colchicininlösung abgeschnitten. Nach 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 24 Stunden wurden die Colchicininlösungen abgossen, die Sämlinge mit Wasser ab gespült und in Erde gepflanzt.

Methode IV — nach ESSER (1)

Eine Petrischale wurde in humose Erde in einem Blumentopf bis zu ihrem oberen Rand eingedrückt. Die Samen wurden im Abstand von 1 cm am inneren Schalenrand auf feuchtem Filtrierpapier ausgelegt. Die Koleorrhizen zeigten zum Schalenrand. Die Wurzeln wuchsen über den Schalenrand in die Erde. Kurz vor Erscheinen des ersten Blattes wurde das Filtrierpapier entfernt, die Koleoptilen aufgeritzt und unmittelbar über dem Vegetationskegel abgeschnitten. Die Keimlinge hingen jetzt an ihren Wurzeln am Innenrand der Petrischale. Die Schale wurde soweit mit einer 0,5%igen Colchicininlösung gefüllt, daß Keimspitzen und Samen völlig, die Wurzeln aber noch nicht eingetaucht waren. Nach 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 24 Stunden wurden die Jungpflanzen herausgenommen, mit Wasser ab gespült und in Erde gepflanzt.

Methode V — Behandlung angekeimter Samen mit Acenaphthen (Dampfmethod)

In Petrischalen wurden je 1,2 g pulverisiertes Acenaphthen gestreut, mit Filtrierpapier bedeckt und mit Wasser gut angefeuchtet. Die Schalen wurden mit angekeimten Samen (Wurzellänge 1—2 mm) belegt und während der Behandlungszeit geschlossen gehalten. Nach 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Tagen wurden die Keimlinge herausgenommen, mit Wasser ab gespült und in Erde umgesetzt.