

Inzuchtdepression und Genwirkung beim Roggen (*Secale cereale*)*

GÜNTER WRICKE

Institut für Angewandte Genetik der Technischen Universität Hannover (BRD)

Inbreeding Depression and Gene Action in *Secale cereale*

Summary. For the three characters "grain yield", "plant height" and "mean kernel weight" the inbreeding minimum was estimated in microperformance tests conducted with a plant density equivalent to field conditions. Values obtained were 24–34% for grain yield, 91–96% for plant height and 67–78% for mean kernel weight. None of the three characters showed significant deviation from linearity between the decline in performance and the increase of the inbreeding coefficient, i.e. there was no indication of epistatic gene action. For the character "grain yield" a high degree of dominance is indicated by high inbreeding depression linearly correlated with yield. This fact suggests the advisability of breeding hybrid varieties. This issue is discussed in some detail.

Einleitung

Falconer (1961) bezeichnet die Inzuchtdepression neben der Ähnlichkeit zwischen verwandten Individuen als eines der beiden genetischen Grundphänomene quantitativer Eigenschaften ("metric characters"). Beide Phänomene sind die Basis jeweils verschiedener Zuchtmethoden. Die Inzuchtdepression bildet mit ihrer Umkehrung, der Heterosis, die Grundlage der Hybridzuchtmethode. Inzuchtdepression ist auch für viele quantitative Eigenschaften beim Roggen seit langem bekannt (siehe z. B. Heribert-Nilsson 1916, Müntzing 1943, Mengersen 1951, Sybenga 1958, Wolski 1970). Für den Kornertrag wurde stets ein erheblicher Abfall nach Inzucht festgestellt.

Alle bekannt gewordenen Untersuchungen beziehen sich jedoch auf den Ertragsrückgang bei Einzelpflanzen. Ertragsprüfungen im eigentlichen Sinne, bei denen für verschiedene Inzuchtgrade Parzellen in mehrfacher Wiederholung im normalen feldmäßigen Bestand geprüft wurden, sind wegen des bei Roggen vorhandenen, sehr wirksamen Inkompatibilitätsmechanismus und des dadurch bedingten geringen Kornansatzes sehr erschwert. Vor allem die strengste Form der Inzucht, die Selbstung, führt bei Roggen, zumindest in den ersten Inzuchtgenerationen, nur bei einer geringen Zahl von Pflanzen zu wenig Samenansatz. In späteren Generationen wird bei den dann noch existierenden Linien ein höherer Kornansatz nach Selbstbefruchtung erhalten. Er ist bedingt durch die Selektion von Pflanzen mit erblich vorhandener höherer Selbstfertilität, bei denen entweder echte Mutationen zur Selbstfertilität stattgefunden haben, oder aber Gene, die zu einer erhöhten Pseudokompatibilität führen, angereichert werden.

* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Die auf diesem Wege hergestellten Inzuchtlinien stellen jedoch nur einen Bruchteil der Genotypen dar, mit denen das Inzuchtprogramm begonnen wurde.

In einer früheren Arbeit (Wricke, 1969) wurde ein Selbstfertilitätsfaktor beschrieben, der es erlaubt, von jeder Pflanze nach Selbstbefruchtung vollen Samenansatz zu erhalten.

Nach Einführung dieses Selbstfertilitätsfaktors in eine Population ist es somit möglich, aus dieser durch strenge Selbstbefruchtung ohne Einengung des Ausgangsmaterials ein Inzuchtlinienmaterial verschiedenen Inzuchtgrades zu erstellen, das eine repräsentative Stichprobe der Ausgangspopulation darstellt. Der volle Samenansatz jeder Einzelpflanze erlaubt gleichzeitig die Herstellung einer so großen Menge Saatgutes, daß mit ihr eine Mikroleistungsprüfung in mehrfacher Wiederholung durchführbar ist. Im folgenden wird das Ergebnis einer Prüfung der Inzuchtdepression für die Eigenschaften Kornertrag, Pflanzenhöhe und Tausendkorngewicht an I_1 -, I_2 - und I_3 -Linien mitgeteilt.

Material und Methode

Als Ausgangsmaterial diente eine Population, die den bereits in einer früheren Arbeit (Wricke, 1969) beschriebenen Selbstfertilitätsfaktor aus der Varietät Dakold enthielt: F_1 -Pflanzen aus der Kreuzung 'Dakold' mal der Sorte 'Heines Hellkorn' wurden zweimal mit frei abgeblühten Pflanzen von 'Heines Hellkorn' zurückgekreuzt. Je 8 Pflanzen aus dieser zweimaligen Rückkreuzung wurden mit Pflanzen der Sorte 'Carstens Roggen' bzw. 'Petkuser Kurzstroh' gekreuzt. Annähernd gleiche Teile dieser 16 Kreuzungen blühten räumlich isoliert frei ab und bildeten das Ausgangsmaterial, aus dem I_1 -, I_2 - und I_3 -Linien entwickelt wurden. Die 20 I_1 -Linien bilden eine zufällig entnommene Stichprobe aus der Population. Auf eine andere Stichprobe von 18 I_0 -Pflanzen gehen die 20 I_2 -Linien zurück, und die 20 I_3 -Linien wurden aus 16 dieser 18 I_0 -Linien erhalten. Die Prüfung der 60 Inzucht-Linien wurde 1970/71 an 2 Orten (Ruthe bei Hannover

Tabelle 1. Varianzanalyse für die Prüfung von 60 Inzuchtlinien an 2 Orten

Varianzursache	<i>FG</i>	<i>MQ</i>	<i>E (MQ)</i>
Wiederholungen inn. Orte	$a(r-1)$		
Orte	$a-1$	M_1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{L \times O}^2 + bcr\sigma_0^2$
Inzucht-Grade	$b-1$	M_2	$\sigma_0^2 + r\sigma_{L \times O}^2 + ar\sigma_L^2 + cr\sigma_{O \times I}^2 + \frac{1}{b-1}acr\Sigma(\beta_j)^2$
Orte \times Inzucht-Grade	$(a-1)(b-1)$	M_3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{L \times O}^2 + cr\sigma_{O \times I}^2$
Linien inn. Inzucht-Grade	$b(c-1)$	M_4	$\sigma_e^2 + r\sigma_{L \times O}^2 + ar\sigma_L^2$
Linien inn. Inz.-Grade \times Orte	$(a-1)b(c-1)$	M_5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{L \times O}^2$
Fehler	$a(b-1)(r-1)$	M_6	σ_e^2
Gesamt	$abcr-1$		

und Hagen, Krs. Celle*) in 2 Wiederholungen in einer Zweisatzgitteranlage durchgeführt, die noch 4 weitere Prüfglieder, darunter die Ausgangspopulation, enthielt. Das auf den Einzelpflanzen unter Pergamintüten geerntete Saatgut reichte bei dieser Anlage für eine Parzellengröße von zwei 50 cm langen Reihen aus. Je Reihe sind 30 Körner ausgelegt worden, was bei einem Reihenabstand von 18 cm etwa einer Aussaatstärke von 110 kg/ha entspricht. Die Gitterauswertung ergab nur eine geringfügige Korrektur der Prüfglieder. Für die vorliegende Arbeit wurden die 60 Inzuchtlinien als Blockanlage ausgewertet.

Die Form der Varianzanalyse ist in Tab. 1 angegeben. Darin bedeuten:

- a = Zahl der Orte
- b = Zahl der Inzucht-Grade
- c = Zahl der Linien je Inzucht-Grad
- r = Zahl der Wiederholungen
- β_j = Effekte der Inzucht-Grade
- σ_e^2 = Fehlervarianz
- σ_L^2 = Varianz der Linien innerhalb der Inzucht-Grade
- σ_0^2 = Varianz der Orte
- $\sigma_{O \times I}^2$ = Interaktionsvarianz Orte \times Inzucht-Grade
- $\sigma_{L \times O}^2$ = Interaktionsvarianz „Linien innerhalb der Inzucht-Grade“ \times Orte

Außer den Effekten der Inzucht-Grade und Wiederholungen werden alle übrigen Effekte als „zufällig“ angenommen.

Die Summe der Abweichungsquadrate für die Inzuchtgrade wurde mit Hilfe der folgenden orthogonalen Vektoren auf die beiden Freiheitsgrade aufgeteilt:

$$(-5, +1, +4) \text{ und } (-1, +3, -2).$$

Dabei mißt der mit Hilfe des ersten Vektors erhaltene Anteil an der „SQ Inzuchtgrade“ den linearen Abfall mit Zunahme des Inzuchtkoeffizienten und der zweite die Abweichung von der Linearität.

Ein approximativer *F*-Test für die Effekte der Inzuchtgrade kann nach Scheffé (S. 247 f und S. 288) aus

$$M_3/(M_3 + M_4 - M_5)$$

erhalten werden, wobei sich die Freiheitsgrade für den Nenner zu

$$t^2 / \sum_1^3 (t_i^2/n_i)$$

berechnen, mit $t_1 = M_3$, $t_2 = M_4$, $t_3 = M_5$ und $t = M_3 + M_4 - M_5$. n_i gibt die jeweils zu den *M*-Werten gehörenden Freiheitsgrade an.

* Für die Durchführung der Prüfung danke ich der F. von Lochow-Petkus GmbH, Bergen, Kreis Celle.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse für die Eigenschaft Ertrag ist in Tab. 2 angegeben. Wie zu erwarten war, sind die Unterschiede zwischen den Linien verschiedenen Inzuchtgrades hochsignifikant. Die Aufteilung auf die beiden Freiheitsgrade ergibt nur Signifikanz für den linearen Anteil.

Für die Eigenschaft Tausendkorngewicht, das nur für den Versuch in Ruthe gemessen worden war, zeigte ebenfalls nur der lineare Anteil der Summe der Abweichungsquadrate für die Varianzursache „Inzuchtgrade“ Signifikanz. Die Pflanzenhöhe ergab für den linearen Anteil nur einen *F*-Wert, der zwischen dem Tabellenwert von 5% und 10% liegt. Ein Abfall der Pflanzenhöhe mit zunehmender Inzuchtgeneration ist aber auch bei dieser Eigenschaft festzustellen. Der nichtlineare Anteil ergab bei allen 3 Eigenschaften einen *F*-Wert, der kleiner als 1 ist.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse sind die durchschnittlichen Werte für die 3 Eigenschaften nachfolgend aufgeführt:

	I_1	I_2	I_3
Kornertrag in g/Parzelle	133,9	97,7	85,3
Pflanzenhöhe in cm	147,0	143,9	142,6
Tausendkorngewicht in g	28,1	26,6	25,4

Die Differenzen in der Pflanzenhöhe zwischen den Inzuchtgraden sind nicht sehr groß. Der Rang der Werte in den 3 Inzuchtstufen schwankte zwischen:

129,5 cm und 151,3 cm in der I_3 -Generation,
132,5 cm und 154,5 cm in der I_2 -Generation
und 134,5 cm und 157,8 cm in der I_1 -Generation.

Man erkennt die starke Variation der Werte innerhalb jedes Inzuchtgrades. Sie ist die Ursache für den oben schon erwähnten geringen *F*-Wert zwischen den Inzuchtgraden.

Bei der Eigenschaft Kornertrag ist neben den Unterschieden zwischen den Linien innerhalb der Inzuchtgrade auch die Interaktion Orte \times Inzuchtgrade signifikant (Tab. 2). Wenn somit die Linien verschiedenen Inzuchtgrades im Durchschnitt an den Orten unterschiedlich reagieren, fragt sich, ob an den beiden Orten Abweichungen von der Linearität

Tabelle 2. *Varianzanalyse für den Kornertrag*

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F	F _{5%}
Wiederholungen inn. Orte	303	2			
Orte	138432	1			
Inzucht-Grade	102159	2	$M_2 = 51079,5$	7,0 ¹	3,98 ²
linear	101409	1	$M'_2 = 101409$	13,8 ¹	4,84 ²
nicht linear	750	1	$M''_2 = 750$	< 1 ¹	
Orte × Inzucht-Grade	6129	2	$M_3 = 3064,5$	$M_3/M_5 = 5,5$	3,17
Linien inn. Inzucht-Grade	274265	57	$M_4 = 4811,7$	$M_4/M_5 = 8,2$	3,17
Linien inn. Inz.-Grade × Orte	31616	57	$M_5 = 554,7$	$M_5/M_6 = 1,3$	1,45
Fehler	48659	118	$M_6 = 412,4$		
Gesamt	601563	239			

¹ M_2 , M'_2 und M''_2 jeweils durch $(M_3 + M_4 - M_5)$

² FG für den Nenner gleich 11.

tät auftreten, die sich in der Gesamtanalyse aufheben, oder ob die Neigung der Regressionsgeraden unterschiedlich ist. Um das zu untersuchen, wurde für jeden Ort einzeln eine Varianzanalyse gerechnet. In beiden Fällen war die Abweichung von der Linearität wieder nicht signifikant.

Der Ertragsabfall von der I_1 - auf die I_3 -Generation betrug in Ruthe 37,8 g (von 102,8 g auf 65,0 g) und in Hagen 59,5 g (von 165,1 g auf 105,6 g). Prozentual ist der Abfall fast gleich, absolut ist er jedoch wegen der unterschiedlichen Durchschnittserträge erheblich. In der Varianzanalyse, der das additive Modell zugrunde liegt, zeigt sich das durch eine signifikante Interaktion an.

Somit kann festgestellt werden, daß die Analyse der Inzuchtlinien weder bei dem Ertrag, noch bei der Pflanzenhöhe und dem Tausendkorngewicht eine Abweichung von der linearen Beziehung zwischen Ertragsabfall und Zunahme des Inzuchtkoeffizienten ergeben hat.

Wie bereits im Abschnitt Material und Methode berichtet, wurden die Inzuchtlinien aus einer Population entwickelt, die den Selbstfertilitätsfaktor noch enthielt. Es läßt sich daher nicht genau feststellen, bis zu welchem Grad sie ingezüchtet war. Eine Ertragsprüfung im Jahre 1968 an 2 Orten ergab gegenüber dem Durchschnitt der drei Sorten 'Petkuser Kurzstroh', 'Petkuser Normalstrohroggen' und 'Carstens Roggen' einen Relativertrag von 92%. Wird einmal ein Inzuchtkoeffizient von 0,2 zugrundegelegt, läßt sich aus den auf Seite 84 angegebenen Daten sowie aus dem mit Hilfe des linearen Vektors (S. 84) zu erhaltenden Regressionskoeffizienten zwischen Merkmalswert und Inzuchtgrad ein Inzuchtminimum für die 3 Eigenschaften Kornertrag, Pflanzenhöhe und Tausendkorngewicht von 29,2%, 89,0% und 73,8% errechnen. Die entsprechenden Werte lauten 34,0%, 91,0% und 77,9%, wenn für die Ausgangspopulation ein Inzuchtkoeffizient von 0 unterstellt wird. Es kann angenommen werden, daß der tatsächliche Inzuchtkoeffizient zwischen diesen beiden Werten liegt.

Auch in bisher bekannt gewordenen Arbeiten zur Inzuchtdepression an Einzelpflanzen, in denen diese

drei Eigenschaften untersucht wurden, zeigte der Kornertrag die höchste Depression, die Pflanzenhöhe dagegen eine noch geringere als das Tausendkorngewicht (vgl. z. B. Lundqvist, 1969; Wolski, 1970). Häufig wurden für diese 3 Eigenschaften noch stärkere Inzuchtdepressionen gefunden, als sie in unseren Untersuchungen festgestellt worden sind. So geben Lundqvist (1969, Fig. 3) für den Kornertrag je Ähre in der I_4 nur noch etwa 20% und Wolski (1970) in I_7 einen Kornertrag je Pflanze von 19% an. Ein unmittelbarer Vergleich zu diesen Werten ist jedoch erschwert, da unsere Messungen an Parzellen, die der anderen Autoren an Einzelpflanzen durchgeführt wurden. Darüberhinaus ist zu erwarten, daß der Abfall der Leistung nach Inzucht in verschiedenen Populationen durchaus unterschiedlich sein kann. Schon in den ersten Inzuchtversuchen mit Roggen sind solche Unterschiede bekannt geworden (zit. bei Ossent, 1938).

Die Inzuchtdepression für den Kornertrag ist auch in unseren Versuchen sehr erheblich. Da keine Abweichung von der linearen Beziehung zwischen Ertrag und Inzuchtkoeffizienten gefunden wurde, deutet dies auf einen hohen Grad von Dominanz für die Ertragungsgene hin. Obwohl sich die Ausgangspopulation weder im Hardy-Weinberg-Gleichgewicht befand, noch ihr Inzuchtkoeffizient genau bekannt war, ist nur bei Vorliegen von Dominanz und Abwesenheit von Epistasie dennoch eine lineare Beziehung zwischen Kornertrag und Inzuchtkoeffizienten zu erwarten, wie sie bei allen drei Eigenschaften gefunden worden ist. Ein Einwand, der trotzdem hier gemacht werden könnte, bezieht sich auf die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials. Die Population wurde aus Kreuzungen der drei Sorten 'Heines Hellkorn', 'Petkuser Kurzstroh' und 'Carstens Roggen' erhalten. Diese Zusammensetzung hat aber auf die dargestellten Beziehungen keinen Einfluß, wenn die zusätzliche Annahme gemacht wird, daß die Differenzen zwischen den Werten der Homozygoten für die einzelnen Allelenpaare (die a -Werte des in der quantitativen Genetik zugrundeliegenden Modells, siehe Falconer, S. 113) zwischen den Sorten nicht stärker schwanken als innerhalb der einzelnen Sorten. Bei der re-

lativ starken Verwandtschaft aller deutschen Roggen-sorten ist das aber zu erwarten.

Wenn somit die festgestellte starke Inzuchtdepression des Kornertrages unter feldmäßigem Anbau auf einen hohen durchschnittlichen Grad von Dominanz hindeutet, braucht es sich dabei dennoch nicht um Superdominanz zu handeln. Aber auch schon ein hoher partieller Dominanzgrad verspricht einen großen Hybrideffekt und ist damit ein starker Hinweis für den zu erwartenden Erfolg der Züchtung von Hybridsorten. Heterosis beim Kornertrag des Roggens ist auch in vielen experimentellen Untersuchungen festgestellt worden (Lit.-Hinweise bei Geiger und Schnell, 1970b; Wricke, 1965). Durch die erfolgreichen Arbeiten von Geiger und Schnell (1970a) zur Auffindung einer plasmatisch und genisch bedingten und damit züchterisch nutzbaren Pollensterilität beim Roggen ist eine für den Großanbau gangbare Methode zur Erzeugung von Hybridsaatgut aufgezeigt. Es fragt sich jedoch, ob die auf diesem Weg herzustellenden Hybridsorten soviel ertragreicher sein werden als die mit demselben Aufwand zu erhaltenden besten Panmixiesorten, um den zur Erstellung des Saatgutes höheren Kostenaufwand auszugleichen. Die Entscheidung darüber erfordert umfangreiche experimentelle Untersuchungen. Das gilt besonders auch für die praktischen Zuchtbetriebe, um den rationellsten Weg der feldmäßigen Erstellung des Hybridsaatgutes zu finden. Bedenken an der im oben dargestellten Sinne tatsächlichen Überlegenheit solcher Hybridsorten sollten daher nicht einfach

nur 0,375, wenn die Ausgangspopulation nicht ingezüchtet ist. Für die Überprüfung der linearen Beziehung zwischen Eigenschaftsausprägung und Inzuchtkoeffizienten ist es aber vorteilhaft, auch die Ausgangspopulation mit einem Wert von möglichst 0 oder annähernd 0 mit in die Untersuchungen einzu-beziehen, um größere absolute Unterschiede in den Inzuchtkoeffizienten zu erhalten. Im vorliegenden Fall war der Inzuchtkoeffizient dieser Ausgangspopulation nicht genau bekannt. Eine bereits bis zu einem bestimmten Grad ingezüchtete Population hat jedoch keinen Einfluß auf die lineare Beziehung zwischen Leistung und Inzuchtkoeffizienten der aus ihr entwickelten Linien. Wie bereits erwähnt, wurde auch die Ausgangspopulation mit geprüft, allerdings nur einmal gegenüber jeweils 20 I_1 -, I_2 - und I_3 -Linien. Sie erreichte einen durchschnittlichen Parzellen-Kornertrag über beide Orte von 261,8 g. Es ist daher möglich, sie in die Berechnungen mit einzubeziehen.

Werden die unterschiedlichen Wiederholungen von Population und I -Linien berücksichtigt, ist eine Überprüfung auf lineare Abhängigkeit zwischen Eigenschaftsausprägung und Inzuchtkoeffizienten auch unter Einschluß der Ausgangspopulation möglich. Der Vektor für den 'linearen Kontrast' lautet dann $(-340, -96, +26, +87)$. Für alle drei Eigenschaften wurde mit Hilfe dieses Vektors der lineare Anteil an der Gesamtsumme der Abweichungsquadrate „Inzuchtgrade“ ermittelt. Für den Ertrag ergab die Rechnung die folgenden Werte:

	Popu- lation	I_1	I_2	I_3	Z (= $\sum \lambda_i S_i$)	$\frac{Z^2}{4 * (\sum n_i \lambda_i^2)}$
n (Zahl d. Prüfglieder)	1	20	20	20		
S (Summe des Ertrages)	1047	10713	7814	6823	-587663	185743
λ (Vektor für „linear“)	-340	-96	+26	+87		

* für 2 Orte und 2 Wiederholungen je Ort

beiseite geschoben werden, nur weil die Hybridzucht-methode historisch gesehen die modernere ist. Ihre Vor- und Nachteile zu den bisher angewandten Ver-fahren sowie eventuell verbesserten Zuchtmethoden zur Herstellung von Panmixiesorten müssen sorg-fältig abgewogen werden.

Vom Standpunkt der quantitativen Genetik kann eine möglichst genaue Ermittlung des durchschnittlichen Dominanzgrades der Ertrags-eigenschaften eine wesentliche Hilfe zur Klärung dieser Frage beitragen. Ebenso ist es erforderlich, mehr über den möglichen Anteil epistatischer Varianz an der gesamten erblichen Varianz bei Leistungseigenschaften des Rog-gens zu wissen.

Die vorliegende Analyse der 60 Inzuchtlinien hat keine deutlichen Hinweise für das Vorliegen von Epistasie gegeben. Allerdings beträgt die Differenz im Inzuchtkoeffizienten zwischen I_1 - und I_3 -Linien

Die Summe der Abweichungsquadrate aller 61 Prüfglieder beträgt 198062. Für den nichtlinearen Anteil mit 2 Freiheitsgraden bleibt damit ein Wert von 12319 übrig. Es bietet sich an, für einen approxi-mativen Test im Nenner des F -Wertes ($M_3 + M_4 - M_5$) aus Tabelle 2 zu benutzen:

$$F = \frac{(12319)/2}{(M_3 + M_4 - M_5)} = 0,84.$$

Das ergibt einen Wert kleiner als 1 und damit keine Signifikanz. Wird in gleicher Weise für die Eigen-schaften Pflanzenhöhe und Tausendkorngewicht vor-gegangen, erhält man wieder keinen signifikanten nichtlinearen Anteil.

Auch für den Fall der Einbeziehung der Popula-tion wurden die Inzuchtminima für alle drei Eigen-schaften errechnet. Es ergeben sich für den Korn-

ertrag, die Pflanzenhöhe und das Tausendkorngewicht die Werte 28,5%; 88,7% und 71,6%, wenn die Ausgangspopulation nicht ingezüchtet ist, und 24,2%; 86,3% und 66,9% bei einem Inzuchtkoeffizienten von 0,2 in der Ausgangspopulation. Abweichungen zu den auf S. 85 mitgeteilten Werten werden besonders beim Ertrag und Tausendkorngewicht erhalten. In beiden Fällen ist der Wert der Population relativ groß. Damit wird der Anstieg der Regressionsgeraden steiler und die Berechnung ergibt niedrigere Inzuchtminima. Es ist vorstellbar, daß eine Prüfung mit relativ kleinen Parzellen, wie im vorliegenden Fall, dazu führt, daß weniger stark ingezüchtete Prüfglieder (wie die Ausgangspopulation) wegen ihrer größeren Vitalität einen Konkurrenzvorteil besitzen, wenn sie neben stark inzuchtgeschwächten Parzellen stehen. Die Ausgangspopulation könnte dadurch in der vorliegenden Leistungsprüfung bevorzugt und ihr Ertrag könnte somit überschätzt worden sein. Ein solcher Konkurrenzvorteil würde sich vor allem auf den Ertrag, eventuell aber auch auf das Tausendkorngewicht auswirken können.

Die Verteilung der Tausendkorngewichte deutet eine Zwei- oder Mehrgipfligkeit an. Ähnliche Beobachtungen wurden bereits an eigenen, unveröffentlichten Versuchen mit 100 I_2 -Linien im Jahre 1970 und 64 I_2 -Linien 1971 gemacht. Es ist nicht auszuschließen, daß bei dieser Eigenschaft ein oder mehr Majorgene beteiligt sind. Weitere Untersuchungen zu dieser Frage müssen abgewartet werden. Die Erfassung solcher Majorgene hätte für züchterische Arbeiten einen großen Vorteil.

Eine Analyse von Majorfaktoren in sonst quantitativ vererbten Eigenschaften ist jedoch bei fremdbefruchtenden Arten sehr erschwert. Durch die Herstellung einer großen Zahl von Inzuchtlinien beliebigen Inzuchtgrades, wie es durch die Einführung und Benutzung eines Selbstfertilitätsfaktors beim Roggen möglich ist, kann eine solche Analyse aber wesentlich erleichtert werden. Auch hierin kommt der Vorteil eines in seiner Vererbung bekannten Selbstfertilitätsfaktors für zuchtmethodische Untersuchungen beim Roggen zum Ausdruck.

Zusammenfassung

Das Inzuchtminimum für die 3 untersuchten Eigenschaften Kornertrag, Pflanzenhöhe und Tausendkorngewicht wurde in Mikroleistungsprüfungen, die dem feldmäßigen Anbau entsprechen, abgeschätzt. Es liegt bei Werten zwischen 24% und 34% für den Kornertrag, 86% und 91% für die Pflanzenhöhe und zwischen 67% und 78% für das Tausendkorngewicht. In keinem Fall konnte eine signifikante Abweichung von der linearen Beziehung zwischen Abfall der Eigenschaftsausprägung und Zunahme des Inzuchtkoeffizienten gefunden und damit das Vorhandensein von Epistasie nachgewiesen werden. Hohe Inzuchtdepression und lineare Beziehung beim Ertrag deuten aber auf einen relativ hohen Dominanzgrad für diese Eigenschaft hin, der die Schaffung von Hybridsorten anzeigt. Ihre Problematik wird diskutiert.

Fräulein B. Gathmann und Fräulein W. Tornieporth danke ich für ihre gewissenhafte Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

Literatur

1. Falconer, D. S.: Introduction to quantitative genetics. Edinburgh: Oliver and Boyd 1961. — 2. Geiger, H. H., Schnell, F. W.: Cytoplasmatic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). *Crop Sc.* **10**, 590—593 (1970a). — 3. Geiger, H. H., Schnell, F. W.: Die Züchtung von Roggensorten aus Inzuchtlinien. I. Selbstungsanteile in Polycross-Nachkommenschaften. *Theor. Appl. Genetics* **40**, 305—311 (1970b). — 4. Heribert-Nilsson, N.: Populationsanalysen und Erblichkeitsversuche über die Selbststerilität, Selbstfertilität und Sterilität des Roggens. *Z. Pflanzenzüchtung* **4**, 1—44 (1916). — 5. Lundqvist, A.: Some effects of continued inbreeding in an autotetraploid highbred strain of rye. *Hereditas* **61**, 361—399 (1969). — 6. Mengersen, F. v.: Die Wirkung der Inzucht auf verschiedene Merkmale beim Roggen. *Z. Pflanzenzüchtung* **30**, 218—249 (1951). — 7. Müntzing, A.: Double crosses of inbred rye. *Botaniska Notiser* 333—345 (1943). — 8. Ossent, M. P.: 10 Jahre Roggenzüchtung in Münchenberg. *Züchter* **10**, 255—261 (1938). — 9. Scheffé, H.: The analysis of variance. New York: John Wiley 1959. — 10. Sybenga, I.: Inbreeding effects in rye. *Z. Vererbungslehre* **89**, 338—354 (1958). — 11. Wolski, T.: Studies on the inbreeding of rye. *Genetica Polonica* **11**, 1—26 (1970). — 12. Wricke, G.: Untersuchungen zur Selbstfertilität beim Roggen (*Secale cereale*). *Theor. Appl. Genetics* **39**, 371—378 (1969). — 13. Wricke, G.: Beiträge zu einer modernen Zuchtmethodik beim Roggen. *Papers Int. Rye Conf.*, Part I, II/1—28 (1965).

Eingegangen am 14. April 1972

Angenommen durch W. Seyffert

Professor Dr. G. Wricke
Institut für Angewandte Genetik
der Technischen Universität Hannover
Herrenhäuser Str. 2
D-3 Hannover (Germany/BRD)