

UNTERSUCHUNGEN ZUR QUANTITATIVEN EINSCHÄTZUNG
VON KONKURRENZEFFEKTEN IN WINTERRAPSBESTÄNDEN

M. Hühn und W. Schuster

1. Problemstellung

Winterraps ist ein fakultativer Fremdbefruchter, bei dem der Anteil der Kreuzbestäubung je nach Witterung während der Blüte und je nach genetischer Veranlagung der Linien in erheblichem Umfang schwanken kann. So stehen in einem Bestand, besonders bei zusammengesetzten und synthetischen Sorten, Nachkommen von Kreuzungen, Geschwisterkreuzungen und Selbstungen nebeneinander. Die Leistung eines Bestandes ist somit vom Heterosiseffekt der Kreuzungen, der Inzuchtwirkung und dem Konkurrenzverhalten von Selbstungen und Kreuzungen im Bestand abhängig (SCHUSTER 1969). Um über das Ausmaß dieser Einflüsse, insbesondere in zusammengesetzten Sorten (Mischung von zwei und mehr I-Linien und ein- bis zweimaliger Durchkreuzung), Daten zu gewinnen, wurden Selbstungs- und Kreuzungsnachkommen von zwei I-Linien in unterschiedlicher Benachbarung ausgepflanzt und im Feldversuch geprüft, einzeln geerntet, aufgearbeitet und das Datenmaterial der verschiedenen untersuchten Merkmale gemäß der zugrunde gelegten biometrisch-theoretischen Konkurrenzansätze ausgewertet (HÜHN 1972 a bis c).

Im folgenden sollen jedoch nicht diese Zusammenhänge mit der Konkurrenztheorie, sondern nur einige züchterisch und pflanzenbaulich interessierende Ergebnisse der varianzanalytischen Verrechnungen diskutiert werden.

Untersucht wurden die Merkmale:

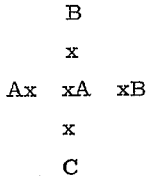
1. Korngewicht je Pflanze (g)
2. Anzahl der Schoten pro Pflanze
3. Anzahl der Körner pro Pflanze
4. Tausendkorngewicht (g)
5. Anzahl der Verzweigungen 1., 2., 3. und 4. Ordnung
6. Pflanzenhöhe (cm)
7. Anzahl der Körner pro Schote

2. Material, Methode und Versuchsanlage

Bei Verwendung von drei Komponenten in diesen Konkurrenzuntersuchungen - Inzuchtlinie A, Inzuchtlinie B (beides aus Gießener Inzuchtmaterial abgeleitete I₄-Linien mit unterschiedlicher Abstammung) sowie deren Kreuzung Ax₄B=C gibt es fünfundvierzig zu prüfende Benachbarungskonstellationen, denn zu jeder Pflanze, wie z.B. A, existieren 15 in dem oben definierten Sinn verschiedene Nachbarkombinationen im regelmäßigen Pflanzverband, wie z.B. ABBC:

Abb. 1:

Benachbarungskonstellation:
"Zentralpflanze" A; Nachbarn-
Konkurrentengruppe ABBC



Diese Benachbarungskonstellation mit der "Zentralpflanze" A und der Nachbar-Konkurrentengruppe ABBC wird im folgenden stets in der Form geschrieben: A/ABBC oder auch A/ 1A, 2B, 1C.

Die fünfzehn zu unterscheidenden Benachbarungskombinationen für jede "Zentralpflanze" sind: AAAA, AAAB, AAAC, AABB, AABC, AACC, BBBB, BBBC, BBBA, BBCC, BBAC, CCCC, CCCA, CCAB, CCCB.

Der Pflanzabstand im regelmäßigen Pflanzverband dieses Konkurrenzexperiments

war 16 cm x 16 cm.

Zusätzlich wurden die drei Komponenten als lateinisches Quadrat mit regelmäßigem Pflanzverband und einem Pflanzenabstand von 50 cm x 50 cm angebaut, bei dem Konkurrenzeffekte weitestgehend vernachlässigt werden können.

In den folgenden Tabellen für die einzelnen untersuchten Merkmale stehen in der %-Spalte jeweils die Abweichungen der Werte der verschiedenen Benachbarungskonstellationen bei engem Standraum von dem entsprechenden Reinbestandswert der betreffenden Komponente bei engem Standraum (jeweils ausgedrückt in % bezogen auf diesen Reinbestandswert, der gleich hundert gesetzt wurde).

3. Versuchsergebnisse

3.1. Merkmal "Korngewicht je Pflanze" (g) (Tabelle 1)

Die Unterschiede der Reinbestandswerte zwischen engem und weitem Standraum erweisen sich bei allen drei Komponenten als extrem groß. Das Verhältnis der Leistungen im Merkmal "Korngewicht" zwischen engem und weitem Standraum ist bei den beiden Inzuchtlinien A und B jeweils ungefähr 1 : 7, während dieses Verhältnis für die Kreuzung C nur 1 : 4 lautet. Bei allen drei verwendeten Komponenten A, B und C ist das Merkmal "Korngewicht" also extrem dichtstandsempfindlich! Bei engem Standraum stimmen die Reinbestands-Korngewichte der beiden Inzuchtlinien A und B annähernd überein, während die Kreuzung C der beiden I-Linien ein wesentlich höheres Korngewicht je Einzelpflanze aufweist. Völlig anders sieht diese Situation jedoch bei weitem Standraum aus: Hier stimmen A und C im Korngewicht annähernd überein, während die Inzuchtlinie B diesen beiden weit überlegen ist. Bei den Reinbestandswerten manifestiert sich ein Heterosiseffekt der Kreuzung also nur bei engem Standraum, während bei weitem Standraum die Kreuzung die Leistung des schwächsten Elters nur unwesentlich übersteigt.

Diese Ergebnisse deuten auf die Existenz erheblicher Genotyp-Dichtstand-Interaktionen hin.

Tabelle 1:

Korngewicht		Zentralpflanze A		Zentralpflanze B		Zentralpflanze C	
Reinbestands- werte	Enger Standraum	4,23		5,06		8,23	
	Weiter Standraum	28,84		40,05		30,77	
Nachbar- schaft		Wert	%	Wert	%	Wert	%
Werte der verschiedenen Benach- barungskonstellationen bei engem Standraum	CCCC	4,45	+ 5,10	5,14	+ 1,44	8,23	-
	ABCC	4,72	+11,65	5,65	+11,61	7,22	-12,28
	ACCC	4,15	- 1,87	5,74	+13,33	8,10	- 1,69
	BBBC	3,86	- 8,79	4,80	- 5,12	7,31	-11,17
	BBCC	4,87	+15,05	5,32	+ 5,08	7,86	- 4,50
	ABBB	4,44	+ 5,01	5,31	+ 4,84	7,14	-13,32
	ABBC	4,24	+ 0,14	5,41	+ 6,77	7,40	-10,18
	BCCC	5,06	+19,49	4,94	- 2,51	7,03	-14,68
	BBBB	5,49	+29,65	5,06	-	6,60	-19,88
	AACC	4,96	+17,30	5,77	+13,88	7,82	- 5,03
	AAAC	5,06	+19,56	5,40	+ 6,73	8,48	+ 2,93
	AAAB	4,15	- 1,84	6,07	+19,83	9,13	+10,84
	AAABC	4,62	+ 9,19	5,19	+ 2,51	8,41	+ 2,17
AAABB	4,59	+ 8,41	5,18	+ 2,25	8,44	+ 2,55	
AAAA	4,23	-	5,65	+11,63	10,24	+24,38	

In bezug auf die verschiedenen Benachbarungskombinationen gewinnt A in fast allen Fällen bis zu einem sehr beträchtlichen Ausmaß (bis zu 29,65 %) durch Konkurrenz mit den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen gegenüber A/4A. Auch B gewinnt in fast allen Fällen in einem beträchtlichen Maße (bis zu 19,83 %) durch Konkurrenz gegenüber B/4B, während C zum großen Teil sehr stark verliert (bis zu 19,88 %), aber in einigen wenigen speziellen Benachbarungskombinationen auch extreme Gewinne (bis zu 24,38 %) gegenüber C/4C zu verzeichnen hat.

Besser als die beste Reinbestandskomponente (C/4C = 8,23) sind die folgenden Benachbarungskonstellationen:

Kombination	Mehrleistung	Kombination	Mehrleistung
C / 2A, 1B, 1C	2,17 %	C / 3A, 1B	10,84 %
C / 2A, 2B	2,55 %	C / 4A	24,38 % (x)
C / 3A, 1C	2,93 %		

Gegenüber der besten Reinbestandskomponente erhält man im Merkmal

"Korngewicht" unter den verschiedenen möglichen Benachbarungskonstellationen also eine maximale Mehrleistung von 24,4 %. Es soll jedoch an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden - und dies gilt in gleicher Weise auch für die folgende Diskussion der Ergebnisse bei den anderen Merkmalen - daß diese Mehrleistung einer bestimmten Benachbarungskombination bei Einzelpflanzen nicht eine analoge Mehrleistung des Gesamtertrages eines entsprechenden Mischbestandes impliziert, weil es ohne Verwendung auch von weniger günstigen Benachbarungskonstellationen nicht möglich ist, einen Mischbestand nur bestehend aus dieser optimalen Benachbarungskonstellation zusammensetzen. Es bleiben "Lücken", die dann durch weniger günstige Kombinationen ausgefüllt werden müssen. Auf diese Probleme der Berechnung von Mischungseffekten in bezug auf die Gesamtleistung des Bestandes sowie auf die sodann interessierende Frage der Berechnung von optimalen Mischungsverhältnissen soll in einer weiteren Veröffentlichung unter Verwendung dieses Versuchsmaterials näher eingegangen werden.

Zusammenfassend kann man also feststellen, daß unter den diesen Untersuchungen zugrunde gelegten Voraussetzungen das "Korngewicht" pro Pflanze ein extrem konkurrenzempfindliches Merkmal darstellt.

3.2. Merkmal "Anzahl der Schoten" je Pflanze (Tabelle 2)

Die Reinbestandsmittelwerte des Merkmals "Anzahl der Schoten" der drei untersuchten Komponenten A, B und C zeigen bei engem und weitem Standraum ein sehr unterschiedliches Verhalten: Bei engem Standraum stimmen A und C annähernd überein (mit geringer Überlegenheit von C), während B doch einen wesentlich niedrigeren Wert aufweist. Demgegenüber ist aber bei weitem Standraum die Kreuzung C die Komponente mit der eindeutig schwächsten Leistung, während B in der "Anzahl der Schoten" wesentlich höher als C liegt. Bei weitem Standraum ist jedoch die Inzuchtlinie A mit einem extrem hohen Wert beiden anderen Komponenten weit überlegen. In bezug auf das Merkmal "Anzahl der Schoten" läßt sich also bei den Reinbestandswerten weder bei engem noch bei weitem Standraum ein Heterosiseffekt der Kreuzung nachweisen. Bei engem Standraum ist die Kreuzung nur unwesentlich besser als der beste Elter, während bei weitem Standraum die Kreuzung sogar weit hinter der Leistung des schwächsten Elter zurückbleibt. Auch hier deuten diese Ergebnisse (wie beim "Korngewicht") auf die Existenz von Genotyp-Dichtstand-Interaktionen hin. Wie beim Merkmal "Korngewicht" erweisen sich auch hier die Unterschiede der Reinbestandswerte zwischen engem und weitem Standraum bei allen drei Komponenten als extrem groß: Das Verhältnis der Leistungen im Merkmal "Anzahl der Schoten" zwischen engem und weitem Standraum ist bei den beiden Inzuchtlinien A und B jeweils ungefähr 1:8, während dieses Verhältnis für die Kreuzung C 1:4 lautet. Man erhält somit sehr analoge Ergebnisse wie beim Merkmal "Korngewicht". Bei allen drei verwendeten Komponenten ist das Merkmal "Anzahl der Schoten" also extrem dichtstandsempfindlich!

Tabelle 2:

Anzahl der Schoten		Zentralpflanze A		Zentralpflanze B		Zentralpflanze C	
Reinbestands- wert	Enger Standraum	112,83		75,82		118,07	
	Weiter Standraum	812,78		565,63		479,22	
	Nachbar- schaft	Wert	%	Wert	%	Wert	%
Werte der verschiedenen Benach- barungskonstellationen bei engem Standraum	CCCC	102,09	- 9,52	77,38	+ 2,06	118,07	-
	ABCC	119,10	+ 5,56	84,41	+11,33	102,18	-13,46
	ACCC	113,67	+ 0,75	80,62	+ 6,34	117,00	- 0,91
	BBBC	110,64	- 1,94	74,74	- 1,42	101,44	-14,09
	BBCC	125,00	+10,79	80,30	+ 5,92	110,89	- 6,08
	ABBB	129,71	+14,96	76,47	+ 0,87	104,18	-11,77
	ABBC	124,55	+10,39	82,06	+ 8,24	110,50	- 6,41
	BCCC	132,68	+17,59	75,56	- 0,34	103,28	-12,53
	BBBB	138,79	+23,01	75,82	-	100,40	-14,97
	AACC	127,81	+13,28	84,29	+11,17	117,42	- 0,55
	AAAC	137,33	+21,71	86,80	+14,49	122,90	+ 4,08
	AAAB	124,48	+10,33	94,16	+24,19	123,28	+ 4,40
	AABC	121,77	+ 7,92	83,80	+10,53	116,94	- 0,96
AAAB	124,67	+10,49	80,80	+ 6,57	130,66	+10,66	
AAAA	112,83	-	84,13	+10,97	140,98	+19,40	

In bezug auf die verschiedenen Benachbarungskombinationen gewinnt A in fast allen Fällen bis zu einem sehr beträchtlichen Ausmaß (bis zu 23,01 %) durch Konkurrenz mit den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen gegenüber A/4A. Auch B gewinnt durchweg - ebenfalls zum großen Teil sehr stark (bis zu 24,19 %) - durch Konkurrenz gegenüber B/4B, während C in fast allen Fällen sehr stark verliert (bis zu 14,97 %), aber in einigen wenigen speziellen Benachbarungskombinationen auch extreme Gewinne (bis zu 19,40 %) gegenüber C/4C zu verzeichnen hat. Beim Merkmal "Anzahl der Schoten" erhält man also nicht nur bei den Reinbestandswerten, sondern auch bei den verschiedenen Konkurrenz-Benachbarungskonstellationen völlig analoge Ergebnisse wie bei den Auswertungen des Merkmals "Korngewicht".

Besser als die beste Reinbestandskomponente (C/4C = 118,07) sind die folgenden Benachbarungskonstellationen:

Kombination	Mehrleistung	Kombination	Mehrleistung
A / 1A, 1B, 2C	0,87 %	A / 2A, 2C	8,25 %
A / 2A, 1B, 1C	3,13 %	A / 1A, 3B	9,86 %
C / 3A, 1C	4,08 %	C / 2A, 2B	10,66 %
C / 3A, 1B	4,40 %	A / 3C, 1B	12,37 %
A / 3A, 1B	5,43 %	A / 3A, 1C	16,31 %
A / 1A, 2B, 1C	5,49 %	A / 4B	17,55 %
A / 2A, 2B	5,59 %	C / 4A	19,40 %
A / 2B, 2C	5,87 %		

Gegenüber der besten Reinbestandskomponente erhält man im Merkmal "Anzahl der Schoten" unter den verschiedenen möglichen Benachbarungskonstellationen also eine maximale Mehrleistung von 19,40 %.

3.3. Merkmal "Anzahl der Körner pro Pflanze" (Tabelle 3)

Die Reinbestandsmittelwerte des Merkmals "Anzahl der Körner pro Pflanze" der drei untersuchten Komponenten A, B und C zeigen bei engem und weitem Standraum ein unterschiedliches Verhalten; Bei engem Standraum bringt die Inzuchtlinie A die mit Abstand schwächste Leistung, die Kreuzung C ist mit mehr als der doppelten A-Leistung weit überlegen und die Inzuchtlinie B liegt etwas unterhalb des Mittelwertes dieser beiden Komponenten A und C. Anders sieht es dagegen bei weitem Standraum aus: Auch hier ist A die mit Abstand schwächste Komponente, B liegt mit fast 60 % Mehrleistung gegenüber A weit an der Spitze, während die Kreuzung C ungefähr in der Mitte der beiden Inzuchtlinien liegt. In bezug auf das Merkmal "Anzahl der Körner pro Pflanze" läßt sich also bei den Reinbestandswerten nur bei engem Standraum ein Heterosiseffekt der Kreuzung nachweisen: Bei engem Standraum ist die Kreuzung dem besten Elter weit überlegen, während bei weitem Standraum die Kreuzung doch beträchtlich hinter der Leistung des besten Elters zurückbleibt. Auch hier deuten diese Ergebnisse auf die Existenz von Genotyp-Dichtstand-Interaktionen hin.

Die Unterschiede der Reinbestandswerte zwischen engem und weitem Standraum sind bei allen drei Komponenten extrem groß; Das Verhältnis der Leistungen im Merkmal "Anzahl der Körner pro Pflanze" zwischen engem und weitem Standraum ist bei den beiden Inzuchtlinien A und B jeweils annähernd 1:7, während dieses Verhältnis für die Kreuzung C nur 1:4 lautet.

Man erhält somit also sehr analoge Ergebnisse wie bei den beiden Merkmalen "Korngewicht" und "Anzahl der Schoten". Bei allen drei verwendeten Komponenten ist das Merkmal "Anzahl der Körner pro Pflanze" also extrem dichtstandsempfindlich!

In bezug auf die verschiedenen Benachbarungskombinationen gewinnen sowohl A als auch B fast durchweg durch Konkurrenz mit den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen im Vergleich zu A/4A bzw. B/4B (Mehrleistungen bis zu 22,14 % bei A und bis zu 16,31 % bei B). C verliert in fast allen Fällen sehr stark durch Konkurrenz im Vergleich zu C/4C (bis zu 17,86 %), hat aber in einigen wenigen speziellen Benachbarungskombinationen auch extreme Gewinne (bis zu 21,68 %) gegenüber C/4C zu ver-

Tabelle 3:

Anzahl der Körner pro Pflanze		Zentralpflanze A		Zentralpflanze B		Zentralpflanze C	
Reinbestandswerte	Enger Standraum	763,11		1070,20		1710,12	
	Weiter Standraum	4957,74		7839,85		6681,44	
	Nachbarschaft	Wert	%	Wert	%	Wert	%
Werte der verschiedenen Benachbarungskonstellationen bei engem Standraum	CCCC	754,06	- 1,19	1075,00	+ 0,45	1710,12	-
	ABCC	784,66	+ 2,82	1162,91	+ 8,66	1507,96	-11,82
	ACCC	705,86	- 7,50	1149,10	+ 7,37	1635,24	- 4,38
	BBBC	704,11	- 7,73	1004,43	- 6,15	1476,85	-13,64
	BBCC	809,59	+ 6,09	1105,93	+ 3,34	1622,77	- 5,11
	ABBB	827,40	+ 8,42	1065,67	- 0,42	1522,24	-10,99
	ABBC	736,76	- 3,45	1161,77	+ 8,56	1524,92	-10,83
	BCCC	826,92	+ 8,36	1031,26	- 3,64	1404,75	-17,86
	BBBB	890,29	+16,66	1070,20	-	1454,45	-14,95
	AACC	841,78	+10,31	1059,73	- 0,98	1606,98	- 6,03
	AAAC	932,05	+22,14	1122,91	+ 4,92	1727,29	+ 1,00
	AAAB	733,86	- 3,83	1244,78	+16,31	1904,09	+11,34
	AAABC	816,05	+ 6,94	1174,51	+ 9,75	1767,38	+ 3,35
	AABB	760,22	- 0,38	1101,12	+ 2,89	1804,09	+ 5,49
AAAA	763,11	-	1227,78	+14,72	2080,83	+21,68	

zeichnen. Beim Merkmal "Anzahl der Körner pro Pflanze" ergeben sich also nicht nur bei den Reinbestandswerten, sondern auch bei den verschiedenen Konkurrenz-Benachbarungskonstellationen völlig analoge Ergebnisse wie bei den Auswertungen der Merkmale "Korngewicht" und "Anzahl der Schoten".

Besser als die beste Reinbestandskomponente (C/4C = 1710,12) sind die folgenden Benachbarungskonstellationen:

Kombination	Mehrleistung	Kombination	Mehrleistung
C / 3A, 1C	1,00 %	C / 3A, 1B	11,34 %
C / 2A, 1B, 1C	3,35 %	C / 4A	21,68 %
C / 2A, 2B	5,49 %		

Gegenüber der besten Reinbestandskomponente erhält man im Merkmal "Anzahl der Körner pro Pflanze" unter den verschiedenen möglichen Benachbarungskonstellationen eine maximale Mehrleistung von 21,68 %.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß unter den diesen Untersuchungen zugrunde gelegten Voraussetzungen die "Anzahl der Körner pro

Pflanze" ebenfalls ein äußerst konkurrenzempfindliches Merkmal darstellt.

3.4. Merkmal "Tausendkorngewicht" (g) (Tabelle 4)

Tabelle 4:

Tausendkorngewicht		Zentralpflanze A		Zentralpflanze B		Zentralpflanze C		
Reinbestandsdichte	Enger Standraum	5,56		4,80		4,88		
	Weiter Standraum	6,04		4,75		4,48		
		Nachbarschaft	Wert	%	Wert	%	Wert	%
Werte der verschiedenen Benachbarungskonstellationen bei engem Standraum	CCCC	5,89	+ 5,93	4,78	- 0,42	4,88	-	
	ABCC	6,67	+19,96	5,67	+18,21	4,81	- 1,52	
	ACCC	5,90	+ 6,11	4,91	+ 2,29	5,01	+ 2,66	
	BBBC	5,83	+ 4,86	5,68	+18,33	5,00	+ 2,46	
	BBCC	6,10	+ 9,71	4,75	- 1,04	4,74	- 2,87	
	ABBB	5,64	+ 1,44	5,38	+12,08	4,88	- 0,06	
	ABBC	5,67	+ 1,94	4,64	- 3,33	4,92	+ 0,82	
	BCCC	6,24	+12,23	4,67	- 2,71	4,99	+ 2,25	
	BBBB	6,11	+ 9,89	4,80	-	4,79	- 1,74	
	AACC	5,71	+ 2,70	4,88	+ 1,64	4,94	+ 1,23	
	AAAC	5,31	- 4,50	4,77	- 0,62	4,87	- 0,20	
	AAAB	5,55	- 0,18	6,09	+29,87	4,88	- 1,84	
	AABC	6,03	+ 8,45	4,57	- 4,79	4,82	- 1,23	
	AABB	6,01	+ 8,09	4,81	+ 0,23	4,79	- 1,84	
AAAA	5,56	-	4,58	- 4,58	4,84	- 0,82		

Die Reinbestandsmittelwerte des Merkmals "Tausendkorngewicht" der drei untersuchten Komponenten A, B und C zeigen bei engem und weitem Standraum ein äußerst übereinstimmendes Verhalten. Sowohl bei engem als auch bei weitem Standraum stimmen die Komponenten B und C jeweils überein, während die Inzuchtlinie A in beiden Fällen mit einer etwa 20 % höheren Leistung jeweils an der Spitze liegt. In bezug auf das Merkmal "Tausendkorngewicht" läßt sich also bei den Reinbestandswerten weder bei engem noch bei weitem Standraum ein Heterosiseffekt der Kreuzung nachweisen: Bei engem Standraum stimmt die Kreuzung mit dem schwächsten Elter überein, während bei weitem Standraum C sogar hinter der Leistung des schwächsten Elters zurückbleibt. Diese Ergebnisse deuten also nicht auf die Existenz von nennenswerten Genotyp-Dichtstand-Interaktionen hin.

Wie bei den Merkmalen "Pflanzenhöhe" und "Anzahl der Körner pro Schote" erweisen sich die Unterschiede der Reinbestandswerte zwischen engem

und weitem Standraum bei allen drei Komponenten als verschwindend gering; diese Werte sind daher praktisch als gleich anzusehen. D. h.: Bei allen drei verwendeten Komponenten A, B und C ist das Merkmal "Tausendkorngewicht" äußerst dichtstandsunempfindlich!

In bezug auf die verschiedenen Benachbarungskombinationen gewinnt A in fast allen Fällen bis zu einem sehr beträchtlichen Ausmaß (bis zu 19,96 %) durch Konkurrenz mit den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen gegenüber A/4A. Auch B gewinnt durchweg - ebenfalls zum großen Teil sehr stark (bis zu 26,87 %) - durch Konkurrenz gegenüber B/4B, während die Kreuzung C bei allen möglichen verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen annähernd konstante Werte annimmt und somit weder Gewinn noch Verlust erzielt.

Besser als die beste Reinbestandskomponente (A/4A = 5,56) sind die folgenden Benachbarungskonstellationen:

Kombination	Mehrleistung	Kombination	Mehrleistung
A / 1A, 3B	1,44 %	A / 2A, 2B	8,09 %
A / 1A, 2B, 1C	1,94 %	A / 2A, 1B, 1C	8,45 %
B / 1A, 1B, 2C	1,98 %	B / 3A, 1B	9,53 %
B / 3B, 1C	2,16 %	A / 2B, 2C	9,71 %
A / 2A, 2C	2,70 %	A / 4B	9,89 %
A / 3B, 1C	4,86 %	A / 1B, 3C	12,23 %
A / 4C	5,93 %	A / 1A, 1B, 2C	19,96 %
A / 1A, 3C	6,11 %		

Gegenüber der besten Reinbestandskomponente erhält man im Merkmal "Tausendkorngewicht" unter den verschiedenen möglichen Benachbarungskonstellationen also eine maximale Mehrleistung von 19,96 %.

Zusammenfassend läßt sich somit sagen, daß 1) unter den diesen Untersuchungen zugrunde gelegten Voraussetzungen das "Tausendkorngewicht" ein äußerst dichtstandsunempfindliches Merkmal darstellt, daß 2) auch die Kreuzung C der beiden Inzuchtlinien A und B relativ konkurrenzunempfindlich ist (d. h. sie zeigt geringe Unterschiede bezüglich der verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen), während 3) jedoch die beiden Inzuchtlinien selbst stark konkurrenzempfindlich sind.

3.5. Merkmal "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" (Tabelle 5)

Die Reinbestandswerte des Merkmals "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" der drei untersuchten Komponenten A, B und C stimmen sowohl bei engem als auch bei weitem Standraum im wesentlichen untereinander überein: sehr geringe Überlegenheit der Kreuzung C bei weitem Standraum im Vergleich zu den beiden Inzuchtlinien, während bei engem Standraum C in der Mitte der beiden (einander sehr leistungsähnlichen) Komponenten A und B liegt. In bezug auf das Merkmal "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" läßt sich also bei den Reinbestandswerten weder bei engem noch bei weitem Standraum ein nennenswerter Heterosiseffekt

Tabelle 5:

Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung		Zentralpflanze A		Zentralpflanze B		Zentralpflanze C	
Reinbestandswert	Enger Standraum	5,92		4,98		5,60	
	Weiter Standraum	11,56		11,74		12,22	
	Nachbarschaft	Wert	%	Wert	%	Wert	%
Werte der verschiedenen Benachbarungskonstellationen bei engem Standraum	CCCC	5,20	-12,16	4,54	- 8,43	5,60	-
	ABCC	5,85	- 1,18	4,64	- 6,83	5,19	- 7,32
	ACCC	5,53	- 6,59	4,86	- 2,41	5,67	+ 1,25
	BBBC	5,62	- 5,07	4,87	- 2,21	5,85	+ 4,46
	BCC	5,98	+ 1,01	4,93	- 1,00	5,96	+ 6,43
	ABBB	6,35	+ 7,33	4,49	- 9,84	6,05	+ 8,04
	ABBC	5,64	- 4,73	5,84	+17,27	5,63	+ 0,54
	BCCC	5,98	+ 1,01	4,84	- 2,81	5,43	- 3,04
	BBBB	6,27	+ 5,91	4,98	-	5,45	- 2,68
	AACC	5,99	+ 1,18	4,85	- 2,61	5,81	+ 3,75
	AAAC	6,50	+ 9,80	4,80	- 3,61	6,17	+10,18
	AAAB	5,87	- 0,84	5,00	+ 0,40	6,05	+ 8,07
	AABC	5,71	- 3,55	4,98	+ 0,92	5,80	+ 3,57
	AABB	6,03	+ 1,86	4,77	- 4,22	6,35	+13,39
AAAA	5,92	-	4,96	- 0,40	6,49	+15,89	

der Kreuzung nachweisen: Bei weitem Standraum ist die Kreuzung nur unwesentlich besser als der beste Elter, während bei engem Standraum die Kreuzung hinter der Leistung des besten Elters zurückbleibt. - Bemerkenswerte Genotyp-Dichtstand-Interaktionen scheinen bei diesem Merkmal nicht vorzuliegen.

Die Unterschiede der Reinbestandswerte zwischen engem und weitem Standraum sind bei allen drei Komponenten sehr groß: Das Verhältnis der Leistungen im Merkmal "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" zwischen engem und weitem Standraum beträgt bei allen drei Komponenten annähernd 1:2, so daß man folgern kann, daß das Merkmal "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" bei allen drei verwendeten Komponenten sehr dichtstandsempfindlich ist!

In bezug auf die verschiedenen Benachbarungskombinationen halten sich bei der Inzuchtlinie A Gewinn und Verlust (bezogen auf den Reinbestandswert) - erzielt durch Konkurrenz mit den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen - ungefähr die Waage, während die Inzuchtlinie B durchweg durch Konkurrenz verliert - bis auf eine bedeutsame Ausnahme: B / 1A, 2B, 1C mit einer Mehrleistung von 17,27 % gegenüber dem Reinbestandswert. Doch

sind die Werte der beiden Inzuchtlinien bei den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen - von solchen wenigen speziellen Benachbarungskombinationen mit sehr großen Gewinnen bzw. Verlusten abgesehen - durchweg einander sehr ähnlich. Etwas anders sieht es bei der Kreuzung aus, denn C gewinnt durchweg durch Konkurrenz (bis zu 15,89 %); doch weichen insgesamt gesehen auch hier die Leistungen von C bei den verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen (bis auf wenige spezielle Benachbarungskonstellationen mit hohen Gewinnen) nicht allzusehr voneinander ab.

Besser als die beste Reinbestandskomponente (A/4A = 5,92) sind die folgenden Benachbarungskonstellationen:

Kombination	Mehrleistung	Kombination	Mehrleistung
C / 2B, 2C	0,68 %	C / 3A, 1C	4,22 %
A / 2B, 2C	1,01 %	A / 4B	5,91 %
A / 1B, 3C	1,01 %	C / 2A, 2B	7,26 %
A / 2A, 2C	1,18 %	A / 1A, 3B	7,33 %
A / 2A, 2B	1,86 %	C / 4A	9,63 %
C / 3A, 1B	2,20 %	A / 3A, 1C	9,80 %
C / 1A, 3B	2,20 %		

Gegenüber der besten Reinbestandskomponente erhält man im Merkmal "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" unter den verschiedenen möglichen Benachbarungskonstellationen also eine maximale Mehrleistung von 9,80 %. Auch hier gelten selbstverständlich wieder die Bemerkungen, die am Ende von Abschnitt 3.1. bezüglich der Folgerungen für die Gesamtleistung eines entsprechenden Mischbestandes ausgeführt wurden.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß das Merkmal "Anzahl der Verzweigungen 1. Ordnung" unter den diesen Untersuchungen zugrunde gelegten Voraussetzungen sehr dichtstandsempfindlich, aber - trotz einiger weniger spezieller Benachbarungskonstellationen mit hohen Gewinnen - insgesamt gesehen doch relativ konkurrenzunempfindlich (d. h. mit durchweg geringen Unterschieden bezüglich der verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen) ist.

Das gleiche konnte für die "Verzweigungen 2. und 3. Ordnung" festgestellt werden (hier nicht dargestellt).

3.6. Merkmal "Pflanzenhöhe" und "Anzahl der Körner pro Schote"

Beide Merkmale zeigten eine sehr geringe Konkurrenzempfindlichkeit und die Differenzen zwischen den verschiedenen Benachbarungen waren gering. Es wird deshalb auf eine Wiedergabe der Tabellen verzichtet.

4. Zusammenfassung

Zur quantitativen Einschätzung der durch Konkurrenz zwischen im Bestand benachbarten Individuen bedingten Effekte bei ertragsanalytischen Untersuchungen wurde ein umfangreiches Konkurrenzexperiment mit drei verschiedenen Winterraps-Komponenten (zwei Inzuchtlinien sowie deren Kreuzung) durchgeführt. Die im regelmäßigen Pflanzverband bei drei verwendeten Komponenten zu jeder Zentralpflanze existierenden fünfzehn verschiedenen Benachbarungskombinationen - bei drei verwendeten Komponenten also insgesamt fünfundvierzig zu prüfende Nachbarschaftskonstellationen im Gesamtversuch - werden mit einer relativ komplizierten Anordnungsstruktur der Nachbarkombinationen untereinander in jeweils drei separaten Lateinischen Rechtecken (die dann aber zusammen auch noch in anderer Anordnung als vollständiger Blockversuch aller fünfundvierzig Kombinationen ausgewertet werden können) geprüft.

Bezeichnet man eine Komponente als konkurrenzunempfindlich, wenn sie geringe Unterschiede bezüglich der verschiedenen Nachbarschaftszusammensetzungen zeigt und als dichtstandsunempfindlich, wenn sie (jeweils im Reinbestand) geringe Unterschiede bezüglich der verschiedenen Dichtstände zeigt, so ergaben die vorliegenden experimentellen Untersuchungen die folgenden Ergebnisse: Die beiden Merkmale "Pflanzenhöhe" und "Anzahl der Körner pro Schote" sind sowohl äußerst dichtstandsunempfindlich als auch äußerst konkurrenzunempfindlich. Dagegen erweisen sich die Merkmale "Korngewicht je Pflanze", "Anzahl der Schoten" und "Anzahl der Körner pro Pflanze" sowohl als sehr dichtstandsempfindlich als auch als stark konkurrenzempfindlich. Das Merkmal "Tausendkorngewicht" zeigt eine große Dichtstandsunempfindlichkeit, ist aber stark konkurrenzempfindlich, während man das umgekehrte Ergebnis bei den drei Merkmalen "Anzahl der Verzweigungen 1., 2. und 3. Ordnung" findet: Sie erweisen sich als extrem dichtstandsempfindlich, aber relativ konkurrenzunempfindlich.

5. Literaturverzeichnis

1. HÜHN, M. (1972a): Untersuchungen zur Konkurrenz in Mischbeständen aus n Komponenten. I. Darstellung des Untersuchungsmodells und Ableitung einiger Ergebnisse über Mischungseffekte und optimale Mischungsverhältnisse. Teil 1.
Z. Acker- und Pflanzenbau 135 (1), 57-77.
2. HÜHN, M. (1972b): Untersuchungen zur Konkurrenz in Mischbeständen aus n Komponenten. I. Darstellung des Untersuchungsmodells und Ableitung einiger Ergebnisse über Mischungseffekte und optimale Mischungsverhältnisse. Teil 2.
Z. Acker- und Pflanzenbau 135 (2), 85-106.

3. HÜHN, M. (1972 c): Untersuchungen zur Konkurrenz in Mischbeständen aus n Komponenten. II. Bemerkungen zur Leistungs-differenzierung verschiedener Genotypen im Mischbestand.
Z. Acker- und Pflanzenbau 136 (1), 14-24.
4. SCHUSTER, W. (1969): Vergleiche von zwei Zuchtverfahren in der Erhaltungszüchtung bei Winterraps.
Z. Pflanzenzüchtung 62, 47-62.