

STABILITÄT DER ERTRAGSKOMPONENTEN VON WINTERRAPS (*Brassica napus* L.)

IN ABHÄNGIGKEIT VON DEN KONKURRENZVERHÄLTNISSEN IM BESTAND

H.-P. Sierts und G. Geisler

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Bundesrepublik Deutschland

1. Einleitung

Neben Ertragshöhe und -qualität entscheidet auch die Ertragssicherheit zunehmend über den Anbauerfolg von Kulturarten und deren Sorten. Unter norddeutschen Verhältnissen ist Winterraps ein Beispiel für eine Feldfrucht, die zwar ein hohes Ertragspotential besitzt, bei der insbesondere in Abhängigkeit von den jeweiligen Jahreseinflüssen aber große Ertragsschwangungen auftreten.

Verschiedene Untersuchungen zur Ertragsstruktur von Raps wiesen nach, daß Ertragsunterschiede durch unterschiedliche Bestandesdichten (STOY 1982, 1983), Schotenzahlen/Pflanze (GEISLER und HENNING 1981), Samenzahlen/Schote (BOELCKE 1979, PECHAN und MORGAN 1983) und in geringerem Maße durch variierte Einzelsamengewichte (ESG) verursacht wurden.

Mit dem hier vorgestellten Feldversuch sollte der Frage nachgegangen werden, wieweit neben der absoluten Ausprägung der ertragsbestimmenden Merkmale beim Winterraps auch deren Leistungsstabilität durch produktionstechnische Eingriffe, in diesem Fall durch Variation der Konkurrenzverhältnisse, beeinflussbar ist.

2. Material und Methoden

Winterraps (*Brassica napus* L. cv. GARANT) wurde über 6 Vegetationsperioden auf dem Versuchsfeld Hohenschulen des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Kiel in vier Bestandesdichten (40, 80, 120 und 180 Pfl./m²) mit jeweils drei Reihenabständen (14, 31 und 41 cm) angebaut, so daß zwölf unterschiedliche Arten der Pflanzenverteilung auf der Fläche, also zwölf Konkurrenzsituationen, verglichen werden konnten. Die übrigen produktionstechnischen Maßnahmen wurden entsprechend dem ortsüblichen Standard durchgeführt.

Zur quantitativen Erfassung und Beurteilung der Leistungsstabilität der einzelnen Ertragskomponenten wurde die von WRICKE (1962) vorgeschlagene Ökovalenz angewendet (vgl. auch SIERTS et al. 1987).

Dieser auf dem "dynamischen Stabilitätskonzept" (BECKER 1981, LEON 1985) basierende Parameter wurde ursprünglich zur Beurteilung der Ertragsstabilität von Genotypen konzipiert und gibt den jeweiligen Anteil eines Genotypes an der Summe der Abweichungsquadrate (SQ) der Genotyp*Umwelt-Interaktion an (WRICKE 1962, 1964, 1965). Für die vorliegende Untersuchungen ist der Faktor Genotypen durch die produktionstechnische Maßnahme "Pflanzenverteilung" (= Reihenweiten-BD-Kombination) ersetzt. Die unterschiedlichen Jahreseinflüsse in den sechs Vegetationsperioden repräsentierten verschiedene Umwelten. Für alle untersuchten Merkmale, bei denen die Varianzanalyse signifikante Interaktionen zwischen den Faktoren "Jahr" und "Pflanzenverteilung" nachwies (max. 5% Irrtumswahrscheinlichkeit), wurde die Ökovalenzberechnung durchgeführt.

Die Ökovalenzen W_i der zwölf Reihenweiten-BD-Kombinationen wurden aus den Jahresmittelwerten über die sechs Blöcke jeder Variante für das jeweilige Merkmal folgendermaßen errechnet:

$$W_i = \sum_j (\bar{x}_{ij.} - \bar{x}_{i..} - \bar{x}_{.j.} + \bar{x}_{...})^2$$

$\bar{x}_{ij.}$ = Mittelwert der Pflanzenverteilung i im Jahr j über
• alle Blöcke

$\bar{x}_{i..}$ = Mittelwert der Pflanzenverteilung i über Jahre und
Blöcke innerhalb der Jahre

$\bar{x}_{.j.}$ = Mittelwert des Jahres j über Pflanzenverteilungen
und Blöcke

$\bar{x}_{...}$ = Gesamtmittelwert

Ein niedriger Wert der Ökovalenz weist auf hohe Leistungsstabilität, ein hoher Wert auf eine geringe Stabilität bzw. hohe Unsicherheit des geprüften Merkmals hin. $W_i = 0$ entspräche also maximaler Merkmalsstabilität in der entsprechenden Pflanzenverteilung.

Die Hypothese $H_0: W_i = 0$ wurde nach LEON (1985) in Anlehnung an SHUKLA (1972) mit Hilfe des F-Testes approximativ geprüft, wobei als Freiheitsgrade der nächstkleinere ganzzahlige Wert des Quotienten $(t-1)(y-1)/t$ und $ty(r-1)$ (= Freiheitsgrad der Fehlervarianz) eingesetzt wurden:

$$F \approx \frac{W_i / (t-1)(y-1)/t}{\sigma_e^2 / r}$$

t = Anzahl der Prüfglieder

y = Anzahl Jahre

σ_e^2 = Fehlervarianz

r = Anzahl Wiederholungen/Umwelt (Blockzahl)

Durch auflösen der obigen Formel nach W_i und einsetzen des Tabellen-F-Wertes konnte für jedes Merkmal eine "Stabilitätsschwelle" errechnet werden, die jeweils unter den Tabellen angegeben ist. Varianten, bei denen die errechneten Ökovalenz-Werte größer als dieses W_i waren, verursachten eindeutige Instabilität.

3. Ergebnisse

In den Tabellen 1-4 sind die absoluten Werte der wichtigsten Komponenten des Raps-ertrages als Mittelwerte über die 6 Vegetationsjahre für die zwölf Pflanzenverteilungs-Varianten zusammen mit ihren entsprechenden Ökovalenz-Werten angegeben.

zu Tab. 1: Die Pflanzenverluste über Winter waren bei Aussaat mit 14 cm Reihenabstand grundsätzlich geringer als bei 31 oder 41 cm Reihenweite. Die ungünstige Pflanzenverteilung bei 41 cm führte, wie der hohe Konkurrenzdruck innerhalb der Reihe bei der extremen 80 180 Pfl./m², zu sehr unsicheren, und damit schwer kalkulierbaren Pflanzenzahlen/Fläche im Frühjahr.

zu Tab. 2, 3, 4: Das Resultat der höheren Frühjahrs-BD bei Aussaat in engem Reihenabstand waren deutlich geringere Erträge/Pflanze, was vor allem auf die geringeren Schotenzahlen/Pflanze zurückzuführen war. Die Ertragskomponente Samenzahl/Schote wurde dagegen nur geringfügig und das durchschnittl. Einzelsamengewicht (ohne Tabelle) überhaupt nicht durch die Wahl des Reihenabstandes beeinflusst.

Stabile Erträge/Pflanze und Schotenzahlen/Pflanze wurden bei Frühjahrs-Bestandesdichten von 40-120 Pfl./m² nachgewiesen. Mit geringeren Saatstärken war eine gleichmäßigere Pflanzenverteilung von zunehmender Bedeutung für die stabile Ausprägung dieser Merkmale.

Tab. 3: Einfluß der Pflanzenverteilung auf die Schotenanzahl/Pflanze je m² im Frühjahr und die entsprechenden Ökvalenz-Werte (in Klammern)

Reihenweite	Herbst-80 in Pfl./m ² (Aussaatstärke)			
	40	80	120	180
14 cm	183,3 (1503)	134,3 (1939)	90,8 (4193)	79,7 (5029)*
31 cm	215,2 (8630)*	156,2 (3937)	106,7 (1853)	93,2 (2634)
41 cm	208,3 (11422)*	160,0 (11515)*	96,9 (2844)	90,8 (4758)*
$\bar{x}$	202,3	150,2	98,2	87,9

*) Kombination zeigte sign. Instabilität ($W_i > 4377$)

GD_{Aus.} = 13,6 GD_{Reih.} = 11,7

Tab. 2: Einfluß der Pflanzenverteilung auf die Anzahl vitaler Pflanzen je m² im Frühjahr und die entsprechenden Ökvalenzen (Werte in Klammern)

Reihenweite	Herbst-80 in Pfl./m ² (Aussaatstärke)			
	40	80	120	180
14 cm	40,2 (286)	62,3 (252)	98,9 (293)	124,6 (2202)*
31 cm	26,5 (281)	49,8 (170)	72,8 (197)	102,1 (1498)*
41 cm	30,0 (605)*	45,5 (644)*	68,0 (323)*	83,6 (812)*
$\bar{x}$	32,2	52,5	79,9	103,4

*) Kombination verursachte sign. Instabilität ($W_i > 313$)

GD_{Aus.} = 3,5 GD_{Reih.} = 3,1

Tab. 4: Einfluß der Pflanzenverteilung auf die mittlere Samenanzahl je Schote und die entsprechenden Ökvalenz-Werte (in Klammern)

Reihenweite	Herbst-80 in Pfl./m ² (Aussaatstärke)			
	40	80	120	180
14 cm	14,9 (5,17)	14,0 (2,01)	14,7 (2,63)	13,5 (1,91)
31 cm	15,8 (7,50)*	15,0 (3,80)	13,8 (4,72)	14,0 (1,54)
41 cm	15,4 (7,11)*	15,2 (7,59)*	14,0 (10,3)*	14,3 (2,22)
$\bar{x}$	15,4	14,7	14,2	13,9

*) Kombination zeigte sign. Instabilität ($W_i > 6,82$)

GD_{Aus.} = 0,6 GD_{Reih.} = 0,5

Tab. 5: Einfluß der Pflanzenverteilung auf den Ertrag/Pflanze in g Samen-TM und die entsprechenden Ökvalenz-Werte (in Klammern)

Reihenweite	Herbst-80 in Pfl./m ² (Aussaatstärke)			
	40	80	120	180
14 cm	12,6 (13,8)	9,3 (14,6)	6,4 (17,2)	5,2 (34,0)*
31 cm	15,4 (49,6)*	11,1 (22,7)	6,9 (20,5)	5,8 (11,1)
41 cm	15,0 (72,6)*	11,4 (62,7)*	6,8 (14,7)	6,0 (25,0)
$\bar{x}$	14,5	10,6	6,7	5,6

*) Kombination verursachte sign. Instabilität ($W_i > 26,6$)

GD_{Aus.} = 1,2 GD_{Reih.} = 1,0

4. Schlußfolgerungen

Die zusammenfassende Tabelle 5 verdeutlicht, daß eine gleichmäßige Pflanzenverteilung auf der Fläche durch Aussaat in engen Reihenabständen in einem weiten Saatstärkenbereich (40–120 Pfl./m²) zu hoher Leistungsstabilität aller Ertragsmerkmale führte. Die ungünstigere Standraumzumessung bei 31 cm Reihenweite erforderte dagegen höhere Saatstärken (ab 80 Pfl./m²), um eine ausreichende Stabilität der Komponenten des Einzelpflanzenertrages sicherzustellen.

Die Voraussetzungen für eine hohe Ertragsstabilität dürften also bei höheren Saatstärken grundsätzlich gegeben sein. Niedrige BD gewährleisten ebenso hohe Ertragssicherheit, Voraussetzung ist dann aber eine möglichst gleichmäßige Standraumzumessung für die Einzelpflanzen.

Tab. 5: Zusammenstellung der Ertragskomponenten von Winterraps nach Reihenweiten-BD-Kombinationen, die zu signifikant unsicherer Merkmalsausprägung führten

Reihenweite	Herbst-Bestandesdichte in Pfl./m ²			
	40	80	120	180
14 cm				BD 2 EPE
31 cm	2 3 4 EPE		4	BD
41 cm	BD 1 2 3 EPE	BD 1 2 3 EPE	BD 1 3	BD 2 4

5% Irrtumswahrscheinlichkeit

BD = sign. Instabilität der Frühjahrs-Bestandesdichte

1 = der Anzahl Seitentriebe 1. Ord.

2 = der Schotenzahl/Pflanze

3 = der Samenzahl/Schote

4 = des mittleren Samengewichtes (ESG)

EPE = des Samenertes/Pflanze

- BECKER, H.C., 1981: Biometrical and empirical relations between different concepts of phenotypic stability. Quantitative Genetics and Breeding Methods, Proceeding of 4th meeting of the Section Biometrics in Plant Breeding, Poitiers, France, Sept. 2-4: 307-314
- BOELCKE, B., 1979: Einzelschotenertrag bei Raps in Abhängigkeit von der Einzelpflanzenentwicklung und Insertionspunkt an der Pflanze. Tagungsberichte Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin 175: 335-339
- GEISLER, G. und K. HENNING, 1981: Untersuchungen zur Ertragsstruktur von Raps (*Brassica napus* L. var. *napus*). II. Die generative Entwicklung der Rapspflanze in Abhängigkeit von der Bestandesdichte. Bayrisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 58: 322-332
- LEON, J., 1985: Beiträge zur Erfassung der phänotypischen Stabilität unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Heterogenität und Heterozygotiegrade sowie einer zusammenfassenden Beurteilung von Ertragshöhe und Ertragssicherheit. Dissertation Kiel
- PECHAN, P.M. und D.G. MORGAN, 1983: The use of radiography in studies of plant development in vivo. *Planta* 159: 476-481
- SIERTS, H.-P., G. GEISLER, J. LEON und W. DIEPENBROCK, 1987: Stability of yield components from winter oil-seed rape (*brassica napus* L.). *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 158: 107-113
- STOY, A., 1982: Die Herbstentwicklung bestimmt den Raps-ertrag, Bestandesdichte und Regenerationsvermögen bei Raps. *DLG-Mitteilungen* 97: 791-792
- STOY, A., 1983: Die Bestandesdichte beim Raps. *Raps* 1: 10-12
- SKUKLA, G.K., 1972: zitiert bei LEON 1985
- WRICKE, G., 1962: Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 47: 92-96
- WRICKE, G., 1964: Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 52: 127-138
- WRICKE, G., 1965: Die Erfassung der Wechselwirkung zwischen Genotyp und Umwelt bei quantitativen Eigenschaften. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 53: 266-343