

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim)

Zur Angleichung des Blühtermins von Saat- und Pollenelter in der Hybridroggen-Saatguterzeugung durch Wirkstoffeinsatz*

Von W. AUFHAMMER, E. KÜBLER, P. FLECK, D. RENTEL und Th. MIEDANER

(Mit 6 Abbildungen)

Zusammenfassung

In zweijährigen Feldversuchen (1988/89, 1989/90) wurden die Möglichkeiten einer Blühterminangleichung von zwei Elternkomponenten (CMS-Einfachkreuzung und aus zwei Restorerlinien bestehender Synthetik) bei Winterroggen durch Wirkstoffapplikationen untersucht. Einbezogen wurden die Wirkstoffapplikationseffekte auf agronomische Eigenschaften und die Kornertragsbildung. Nach Behandlungen der CMS-Einfachkreuzung mit retardierenden Substanzen wurde das Ährenschieben in Interaktion mit den Vegetationsperioden um bis zu sieben Tage verzögert. Durch GA_3 -Applikationen wurde, ebenfalls in Interaktion mit den Vegetationsperioden, das Ährenschieben des Synthetiks bis zu drei Tage vorverlegt. Hinsichtlich der Blühtermine schrumpften die behandlungsbedingten Effekte jedoch auf wenige Tage. Nur 1988/89 konnten die Blühtermine der Elternkomponenten weitgehend synchronisiert werden.

Applikationen retardierender Wirkstoffe reduzierten die Wuchshöhe der CMS-Einfachkreuzung. Darüber hinaus senkte der Einsatz definierter Triazole den Braunrostbefall. GA_3 -Applikationen förderten das Längenwachstum des Synthetiks. Vermutlich aufgrund reduzierter Bestandesdichten und Einzelährengewichte ging trotzdem die Lagerneigung gegenüber der unbehandelten Kontrolle zurück. Im Gegensatz zu den Flächenerträgen wurde der Ertragsaufbau durch die Wirkstoffapplikationen nachweislich verändert. Über steigende Bestandesdichten zeigten die Kornzahlen/m² der CMS-Einfachkreuzung nach Applikationen retardierender Wirkstoffe Zunahmetendenzen. Teils hiermit verbunden gingen die Tausendkorngewichte zurück. Strukturell gegenläufige Veränderungen ergaben sich in der Folge von GA_3 -Applikationen beim Synthetik.

Schlüsselworte: Hybridroggen, Saatguterzeugung, Wirkstoffeinsatz, Blühterminangleichung.

* Prof. em. Dr. Dr. h. c. F. W. SCHNELL zum 80. Geburtstag gewidmet.

Synchronisation effects of plant growth regulator treatments on the flowering dates of parental components of winter hybridrye

Summary

Field trials were conducted for two seasons (1988/89, 1989/90) to test effects of plant growth regulator applications on the flowering dates of two parental components (CMS single cross, restorer synthetic) of winter hybridrye. Combined with these effects side effects on agronomical traits and seed yield levels and structure were of interest. The CMS-single cross was treated with different concentrations of various growth retardants. In consequence heading dates were delayed up to seven days. Heading of the synthetic was accelerated up to three days by gibberellic acid (GA₃) treatments. Concerning flowering dates treatment effects decreased, nevertheless in 1988/89 flowering dates of the used components were synchronized.

As well agronomical traits were influenced by growth regulator treatments. Growth retardants reduced the shoot length of the CMS-single cross. A triazole-type regulator reduced as well the attack of leaf rust significantly. GA₃-applications increased the shoot length of the synthetic. As these treatments reduced ear numbers/m² and ear weights, lodging resistance of the synthetic improved. In contrary to seed yield levels yield structure of the CMS-single cross was affected by the retardants. Combined with increasing seed numbers/m² thousand grainweights decreased. Contrary effects resulted in consequence of GA₃-applications to the synthetic.

Key-words: Hybridrye, seed production, PGR-treatments, flowering date.

1. Einleitung

1.1 Literaturübersicht

Bei der Entwicklung von Hybridroggensorten können Blühtermin- und Blühdauerdifferenzen zwischen Saat- und Pollenelter in Eignungstests sowie in der Vorstufen- und Basissaatgutvermehrung Schwierigkeiten bereiten. Hierzu trägt die unterschiedliche Wüchsigkeit von CMS-Einfachhybriden als Saateelter und einer synthetischen Population von Restorerlinien als Pollenelter bei (GEIGER 1988).

Auch die Aufwuchsbedingungen nehmen auf den Blühverlauf Einfluß. Naßkühle Witterung nach Ährenschieben beeinträchtigt das Flugverhalten des Pollens und verlängert die Blühdauer. Sehr hohes Temperaturniveau verkürzt die Blühdauer und kann, wenn die Überschneidungen zwischen spezifischen Blühzeiten zu gering werden, Kornansatz nahezu vollständig verhindern. Hinzu kommt die Problematik der Mutterkorninfektion. Werden männlich-sterile Pflanzen wegen zu später Blüte oder ungenügender Stäubeigenschaften des Pollenelters unzureichend mit Pollen versorgt, so bleiben die Spelzen über mehrere Tage hinweg geöffnet. Damit liegt eine längere Anfälligkeitsphase vor, die erheblichen Mutterkornbefall nach sich ziehen kann (GEIGER 1988).

Somit stellt sich die Frage nach Verfahren zu gezielter Blühterminangleichung. Neben begrenzt wirksamer und nur mit Einschränkungen realisierbarer Saatterminabstufung ist der Einsatz von Wirkstoffen vorstellbar. JUNG und PFAFF (1958) stellten beschleunigende Effekte von Gibberellinsäureapplikationen auf den Blühbeginn von Sonnenblumen fest. SCHMALZ (1962) fand ähnliche Ergebnisse bei Sommergerste und Sommerweizen. Zu wachstums- und mit Einschränkungen auch zu entwicklungsverzögernden Wirkungen von Substanzen mit re-

tardierendem Charakter liegen in der Literatur Hinweise vor (RADEMACHER et al. 1985, RADEMACHER 1991, 1992, SCHOTT und WALTER 1991).

1.2 Problemstellung

Zur Problematik der Blühterminangleichung von Winterroggenlinien sollten in Feldversuchen folgende Probleme untersucht werden:

- Bioregulatoren, die an unterschiedlichen Stellen blockierend in die Gibberellinbiosynthese eingreifen, besitzen wachstumsretardierenden Charakter. Fragwürdiger sind entwicklungsretardierende Effekte dieser Substanzen. Problembezogen resultiert die Frage: ist durch die Wahl des Wirkstoffs bzw. einer Wirkstoffkombination in Verbindung mit Aufwandmenge und Applikationszeitpunkt der Blühtermin von Winterroggenlinien gezielt verzögerbar?
- Kann – umgekehrt – durch Gibberellinsäureapplikationen (GA_3), möglicherweise in Kombination mit anderen pflanzenbaulichen Faktoren, die Entwicklung von Roggenlinien beschleunigt und der Blühtermin in nutzbarem Ausmaß vorverlegt werden?
- Als Konsequenz von Veränderungen des Hormonhaushalts der Roggenpflanze durch Wirkstoffapplikationen sind ertragsrelevante Effekte denkbar. Hier stellt sich die Frage: wie weit werden in der Folge von Wirkstoffapplikationen zur Blühterminregulation die Lagerneigung, die Krankheitsanfälligkeit und, insbesondere bei der als Saateiter herangezogenen Komponente, der Kornansatz und die Kornertragsbildung beeinflusst?

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsbedingungen

In den Vegetationsperioden 1988/89 und 1989/90 wurden auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Ihinger Hof, der Universität Hohenheim mehrfaktorielle Feldversuche durchgeführt. Der Standort ist durch eine Höhenlage von 470 bis 510 m NN, eine mittlere Jahrestemperatur von 7,7 °C und eine Niederschlagshöhe von rund 690 mm im langjährigen Mittel gekennzeichnet.

Tabelle 1

Allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung

	Standort: Ihinger Hof	
Vegetationsperiode:	1988/89	1989/90
Aussaat (300 kf. Kö./m ²)	19. 10. 1988	3. 10. 1989
Vorfrucht	Winterraps	Erbse
Grunddüngung	112 kg P ₂ O ₅ /ha 140 kg K ₂ O/ha	ditto
Stickstoffdüngung im Teilversuch „Entwick- lungsverzögerung“	60 kg N/ha (Vegetations- beginn/Frühjahr) 20 kg N/ha (Schoßbeginn)	40 kg N/ha (Vegetations- beginn/Frühjahr) 40 kg N/ha (Schoßbeginn)
Stickstoffdüngung im Teilversuch „Entwicklungsbeschleunigung“ s. Versuchsanlage (2.2.2)		
Unkrautbekämpfung	3 kg/ha Tribunil 4 l/ha Ceridor 1,5 l/ha Tristar	3 kg/ha Tribunil 4 l/ha Ceridor
Wirkstoffapplikations- termine	20. 4. und 9. 5. (T1) 9. 5. und 16. 5. (T2)	19. 4. und 4. 5. (T1) 4. 5. und 14. 5. (T2)
Ernte	4. 8.	8. 8.

Von Jänner bis März stiegen 1989, verglichen mit 1990, die Temperaturen zunächst verzögert, dann jedoch rascher an. Beide Vegetationsperioden wiesen im Zeitraum April bis Juni, in dem die Wirkstoffe appliziert wurden, ein vergleichbares Temperaturniveau auf. Die Monatsmittel stiegen von ca. 7 °C im April auf 17 °C im Juli an. Nach einem Defizit von Jänner bis März fielen im April 1989 mit rund 130 mm gegenüber 50 mm im Jahr 1990 sehr hohe, im Mai mit rund 25 gegenüber 75 mm im Jahr 1990 geringe Niederschläge. 1990 beeinträchtigte Trockenheit im Juli und August den Kornausbildungsverlauf.

2.2 Versuchsanlage – Faktoren und Stufen

In beiden Vegetationsperioden wurden zwei faktorielle Teilversuche, und zwar der Teilversuch „Entwicklungsverzögerung“ und der Teilversuch „Entwicklungsbeschleunigung“, jeweils mit vier Wiederholungen angelegt. Allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung enthält Tabelle 1. Im Teilversuch „Entwicklungsverzögerung“ mußte aufgrund begrenzter Saatgutmengen die Parzellengröße 1988/89 auf 3,5 m² beschränkt werden, 1989/90 wurden Parzellenflächen von 8 m² realisiert. Im Teilversuch „Entwicklungsbeschleunigung“ betrug die Parzellengröße in beiden Jahren 8 m². Die Ausbringung der Wirkstoffe erfolgte mit einer Versuchsspritze mit Teilbreitenabschaltung, Dositroneinrichtung und Flachstrahldüsen vom Typ 11006. Nach jeder zweiten (1988/89) bzw. jeder (1989/90) Versuchsparzelle wurde ein Randstreifen mit der Winterroggen-Populationsorte Halo angelegt. Mit dieser Sorte wurden 1989/90 zusätzlich Längsstreifen ausgesät. Hiervon ausgehend wurden die Parzellen behandelt. Gummischürzen am Feldspritzgerät verhinderten eine Abdrift weitgehend. Die Sorte Halo diente darüber hinaus der Bestäubung der teilversuchsspezifisch herangezogenen Genotypen. Das Saatgut des problembezogenen Genotypenmaterials wurde dankenswerterweise von Prof. Dr. H. H. GÜGGER (Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim), der auch die Untersuchungen anregte, zur Verfügung gestellt.

2.2.1 Teilversuch Entwicklungsverzögerung

In diesem Versuch wurde die CMS-Einfachkreuzung L301-P × L311 (P = Pampa-Cytoplasma) verwendet. Dieser Genotyp wird in der Hybridroggenerzeugung als Saaterter herangezogen. Aus der Gruppe der Wachstumsretardantien wurden Wirkstoffe aus der Untergruppe der Ethylengeneratoren und solche aus der Untergruppe der Gibberellinbiosyntheseinhibitoren ausgewählt. Über steigende Aufwandmengen der Einzelwirkstoffe hinaus wurden Kombinationen appliziert. Die Anlage umfaßte die Faktoren „Entwicklungsstadien bei Wirkstoffapplikation“ (Haupteinheiten) und „Wirkstoffapplikation“ (Untereinheiten):

- I Entwicklungsstadien bei Wirkstoffapplikation (T)
 Schoßbeginn (EC 30–32)¹ + Schoßverlauf (EC 38–40) (T1)
 Schoßverlauf (EC 38–40) + Grannenspitzen (EC 49–51) (T2)
- II Wirkstoffapplikation²: (A)

Produkt (Wirkstoff)	Schoß- beginn	Applikationstermin		T2 Grannen- spitzen	Appl.- stufe
		T1 + Schoß- verlauf	Schoß- verlauf		
Kontrolle (Wasser)	—	—	—	—	A 1
BAS 11106, kg/ha (Formulierung 06)	0,5 1,5 2,5	0,5 1,5 2,5	0,5 1,5 2,5	0,5 1,5 2,5	A 2 A 3 A 4
CCC, l/ha (Chlormequatchlorid)	1,0 3,0 5,0	1,0 3,0 5,0	1,0 3,0 5,0	1,0 3,0 5,0	A 5 A 6 A 7
Cerone, l/ha (Etephon)	0,5 1,5 2,5	0,5 1,5 2,5	0,5 1,5 2,5	0,5 1,5 2,5	A 8 A 9 A 10
RSW 0411, kg/ha (Triapenthenol)	0,5 1,5 2,5 5,0	0,5 1,5 2,5 —	0,5 1,5 2,5 5,0	0,5 1,5 2,5 —	A 11 A 12 A 13 A 14 ³
BAS 11106 + CCC	1,5 + 3,0	1,5 + 3,0	1,5 + 3,0	1,5 + 3,0	A 15
BAS 11106 + Cerone	1,5 + 1,5	1,5 + 1,5	1,5 + 1,5	1,5 + 1,5	A 16
BAS 11106 + CCC	1,5 + —	— + 3,0	1,5 + —	— + 3,0	A 17
BAS 11106 + Cerone	1,5 + —	— + 1,5	1,5 + —	— + 1,5	A 18

¹ Decimal code nach ZADOKS et al. (1974)

² Aktivsubstanz (a. i. kg bzw. l/ha) in 400 l Wasser/ha

³ nur 1990

2.2.2 Teilversuch Entwicklungsbeschleunigung

Hierzu wurde ein aus zwei Restorerlinien (L282, L285) bestehender Synthetik (Syn 8285) verwendet. Neben der Applikation von Gibberellinsäure (GA₃) in abgestuften Aufwandmengen wurde die Stickstoffdüngung variiert. Die Anlage umfaßte die Faktoren „N-Düngung“ (Haupteinheiten), „Entwicklungsstadien bei Wirkstoffapplikation“ (Untereinheiten) und „Wirkstoffkonzentration“ (Unter-Untereinheiten):

I	Stickstoffdüngung (kg N/ha):	(N)	
	Vegetationsbeginn	Schoßbeginn	
	—	—	(N1)
	60	—	(N2)
	—	60	(N3)
	30	30	(N4)
II	Entwicklungsstadien, bei Wirkstoffapplikation:	(T)	
	Schoßbeginn (EC 30—32)+Schoßverlauf (EC 38—40)	(T1)	
	Schoßverlauf (EC 38—40)+Grannenspitzen (EC 49—51)	(T2)	
III	Wirkstoffkonzentrationen:	(A)	
	Kontrolle, Wasser	(A1)	
	GA ₃ ¹ 20 g/ha+800 ml Tween 20 ²	(A2)	
	GA ₃ 40 g/ha+800 ml Tween 20	(A3)	
	GA ₃ 60 ³ g/ha+800 ml Tween 20	(A4)	
	¹ Wirkstoff in 400 l Wasser/ha		
	² Benetzungsmittel		
	³ nur 1988/89, 1989/90 wurden 80 g/ha appliziert		

2.3 Merkmalserfassung

In beiden Vegetationsperioden wurden mehrere Parameterkomplexe erfaßt:

— Bestandesentwicklung:

Zählung, Messung:	— Keimdichte (2 × 2,75 lfd. m/Parzelle)
	— ährentragende Halme (2 × 2,75 lfd. m/Parzelle)
	— Wuchshöhe (4 Messungen/Parzelle)
Bonitur:	— Auswinterung
(Skalen 1—9)*	— Krankheitsbefall (Braunrost)
	— Lagerbildung
Entwicklungsverlauf:	— Beginn des Ährenschiebens (Tage nach Aussaat)
	— Blühbeginn (Tage nach Aussaat)
	— Gelbreife (Tage nach Aussaat)

* 1 = kein Schadeffekt erkennbar,
9 = Schadeffekt stark ausgeprägt

— Kornertag, Ertragsstruktur:

Gewichtserfassung:	— Sproßtrockenmasseertrag (dt/ha, Milchreife, nur 1988/89)
	— Kornertag/Parzelle (dt/ha)
	— TKG (g)
Errechnung:	— Kornzahl/Ähre
	— Kornzahl/m ²

— Kornqualität:

Messung:	Siebsortierung (Anteil > 2,2 mm, %)
	— Fallzahl (sec.)

Die erfaßten Daten der einzelnen Teilversuche wurden varianzanalytisch überprüft.

3. Ergebnisse

3.1 Effekte retardierender Wirkstoffe auf den Entwicklungsverlauf der CMS-Einfachkreuzung

1989 schob die Kontrollvariante 213 Tage nach Aussaat die Ähren. 1990 erfolgte das Ährenschieben — trotz früherem Saattermin (Tab. 1) — 223 Tage nach Aussaat. Im Jahr 1989 verzögerten Applikationen mit höheren Aufwandmengen von BAS 11106 (A3, A4) oder Cerone (A9, A10), ebenso Kombinationen von BAS 11106 mit CCC oder Cerone (A17, A18) den Beginn des Ährenschiebens um ein bis drei Tage. Verzögerungen um bis zu sechs Tage wurden durch Applikationen mit steigenden Aufwandmengen des Wirkstoffs RSW 0411 erzielt (Abb. 1). 1989 lag eine Interaktion zwischen den Wirkstoffvarianten und den Applikationsterminen vor. Diese geht auf häufig, jedoch nicht durchgängig stärkere Verzögerungseffekte nach früheren gegenüber späteren Applikationen zurück. Insbesondere bei höheren Aufwandmengen von BAS 11106, Cerone und RSW 0411 traten bei früher Applikation deutlichere Verzögerungen auf (Abb. 2). 1990 betrug die Verschiebung gegenüber der Kontrolle unter Betrachtung aller Varianten maximal 3,5 Tage (Abb. 1).

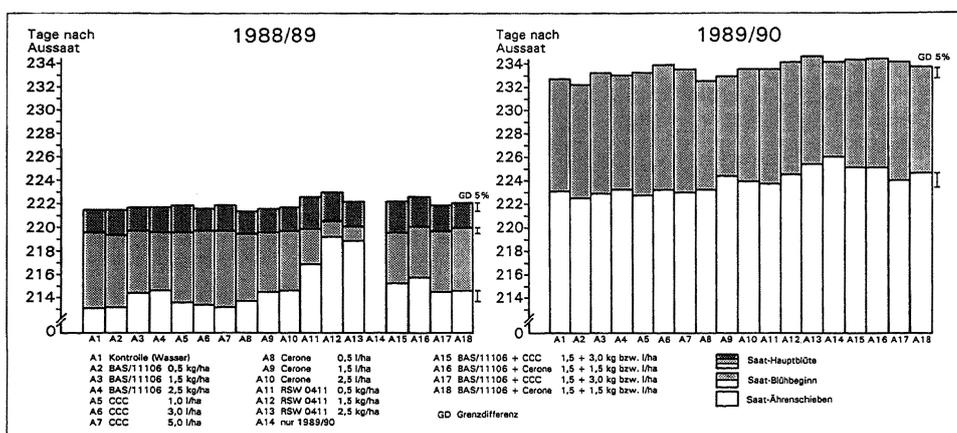


Abb. 1: Beeinflussung des Entwicklungsverlaufes der Winterroggen-Einfachkreuzung L301-P x L311 durch retardierende Wirkstoffe in Abhängigkeit von den Vegetationsperioden

Bezüglich des Blühbeginns schrumpften die applikationsbedingten Entwicklungsdifferenzierungen allerdings in beiden Jahren auf ein bis zwei Tage. Dies bedeutete Reduktionen der Zeitspanne zwischen Ährenschiebe- und Blühbeginn. Bei den RSW 0411-Varianten lag nur rund ein Tag zwischen diesen Stadien (Abb. 1). Hier waren die Ähren noch nicht vollständig aus der Fahnenblattscheide herausgeschoben, als im Zentralbereich der Ähre bereits Staubbeutel austraten. Interaktionen zwischen Wirkstoffvarianten und Applikationsterminen waren bezüglich des Blühtermins nicht nachweisbar.

3.2 Effekte der Stickstoffdüngung und der Gibberellinsäureapplikationen auf den Entwicklungsverlauf des Synthetiks

In der Vegetationsperiode 1988/89 lagen zwischen Aussaat und Ährenschiebebeginn bei der Kontrollvariante, gemittelt über die N-Stufen, 218 Tage, 1989/90 betrug die Spanne 226 Tage. Die ausschließliche N-Gabe zu Vegetationsbeginn

im Frühjahr 1989 führte, verglichen mit der ausschließlichen N-Düngung zu Schoßbeginn, zu einem um einen Tag früheren Ährenschiebebeginn. Steigender Gibberellinsäureaufwand bewirkte — gegenüber der unbehandelten Kontrolle — einen bis zu zwei Tage früheren Ährenschiebebeginn (Abb. 3). Auch der Beschleunigungseffekt von Gibberellinsäureapplikationen erwies sich in der Vegetationsperiode 1988/89 abhängig von den Applikationsterminen. Spätere Applikationen verkürzten den Zeitraum Saat–Ährenschieben stärker als frü-

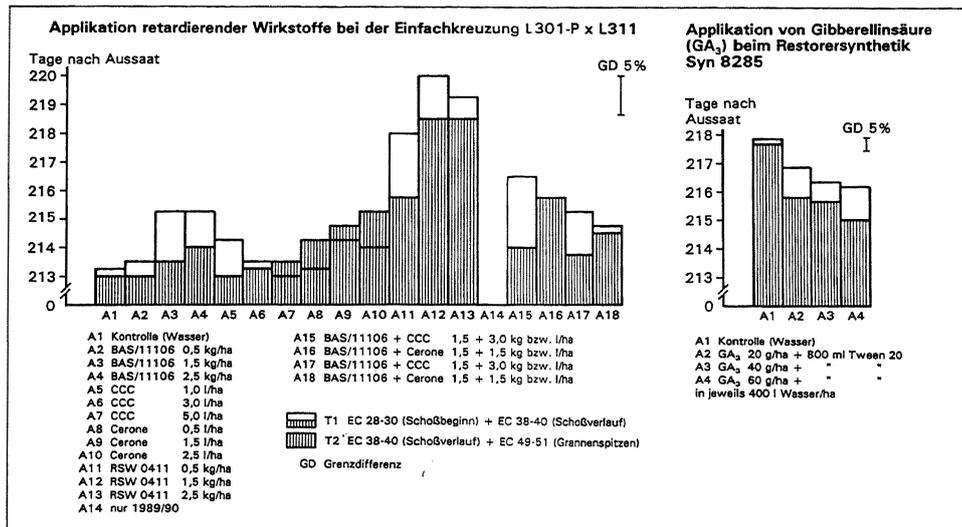


Abb. 2: Beeinflussung der Zeitspanne Saat–Ährenschieben bei den Winterroggengentypen in der Vegetationsperiode 1988/89 durch retardierende Wirkstoffe und durch Gibberellinsäure (GA₃) in Abhängigkeit vom Applikationstermin

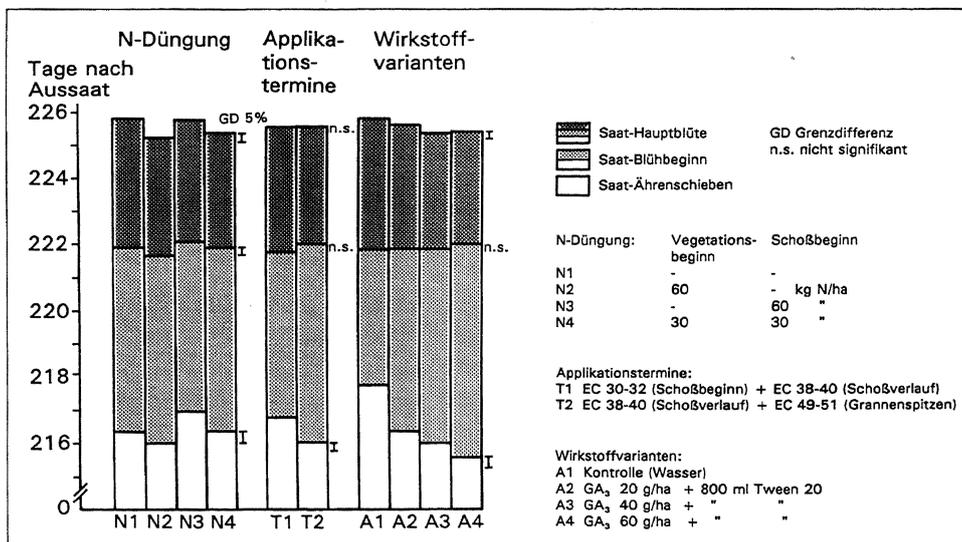


Abb. 3: Beeinflussung des Entwicklungsverlaufes des Winterroggen-Restorersynthetiks Syn 8285 durch N-Düngung und Gibberellinsäure (GA₃) in der Vegetationsperiode 1988/89

here (Abb. 2). Bis zum Blühbeginn waren die Differenzierungen jedoch weitgehend nivelliert (Abb. 3). In der folgenden Vegetationsperiode 1989/90 traten weder hinsichtlich des Ährenschiebe- noch des Blühtermins nennenswerte behandlungsbedingte Veränderungen des Entwicklungsverlaufes auf. Die Daten werden daher nicht dargestellt. Interaktionen zwischen N-Düngung und Wirkstoffapplikationen lagen in keinem der beiden Versuche vor.

3.3 Effekte der Wirkstoffapplikationen auf Wuchshöhe, Lagerneigung und Krankheitsbefall

Die Wuchshöhe der CMS-Einfachkreuzung, in der Kontrollvariante 125 cm, wurde durch die Applikation retardierender Wirkstoffe in beiden Vegetationsperioden in unterschiedlichem Umfang verkürzt (keine Darstellung). 1988/89 ergaben sich wirkstoff- und konzentrationsabhängig schärfere Differenzierungen als 1989/90. Reduktionen um 15 bis 20 cm traten 1988/89 bei hohen Aufwandmengen von BAS 11106 (A2, A4), Cerone (A10) und RSW 0411 (A11–13) auf. Kombinationsbehandlungen von BAS 11106 mit anderen Wirkstoffen verkürzten die Wuchshöhen um bis zu 30 cm. Abhängig von den Wirkstoffvarianten traten in der Vegetationsperiode 1988/89 Interaktionen mit den Applikationsterminen auf, teils bewirkten höhere Aufwandmengen bei frühen Applikationen stärkere Reduktionen als bei späten. Nennenswertes Lager war in keiner der beiden Vegetationsperioden feststellbar. Sowohl 1988/89 als auch 1989/90 wurde Braunrostbefall festgestellt (keine Darstellung). 1989 wurde der Befall der unbehandelten Kontrolle mit fünf bonitiert. RSW 0411-Applikationen (A13, A14) führten nachweislich zu um zwei Stufen geringeren Boniturnoten. 1990 konnten bei Bonituren zwischen 1,4 und 2,0 keine Behandlungseffekte ermittelt werden.

Teils durch differenzierte N-Düngung, eindeutiger durch steigende Aufwandmengen an Gibberellinsäure wurde die Wuchshöhe des Synthetiks von 125 cm (Kontrolle) bis auf 140 cm verlängert (keine Darstellung). Wie die Applikationseffekte bei der CMS-Einfachkreuzung waren die Effekte 1988/89 auch beim Synthetik wesentlich schärfer ausgeprägt als 1989/90. Mit steigender Aufwandmenge nahm 1988/89 bei späten Applikationen die Wuchshöhe stärker als bei frühen zu. In beiden Vegetationsperioden wurden die Bestände in der Folge von GA₃-Applikationen „unruhig“. Die Wuchshöhenvariation der Halme nahm zu. Dies hing vermutlich mit unterschiedlichen Reaktionen der beiden Linien des Synthetiks zusammen. N-Gaben-bedingt trat in beiden Vegetationsperioden — nur zum Teil in Korrelation mit der Wuchshöhe — Lager auf. Ähnliches gilt hinsichtlich der Wirkstoffapplikationen. 1988/89 setzten GA₃-Applikationen (A2—A4) die Boniturnoten der Lagerneigung von 6,5 auf 5 herab. 1989/90 wurde dieser Effekt nicht festgestellt. Braunrostbefall trat bei diesem Genotyp lediglich 1990 in geringem Umfang und ohne klar erkennbare Differenzierungen auf.

3.4 Effekte der Wirkstoffapplikationen auf Ertragskomponenten und Kornertrag

Die Kornerträge der CMS-Einfachkreuzung bewegten sich um 70 dt/ha. Demgegenüber erreichte der Synthetik nur 40 bis 50 dt/ha. Die Wirkstoffapplikationen beeinflussten damit sehr verschiedene Ertragsniveaus.

In der Vegetationsperiode 1988/89 resultierte das Flächenertragsniveau der unbehandelten Kreuzung (Kontrolle) von rund 70 dt/ha aus etwa 20.000 Körnern/m² mit einem TKG zwischen 35 und 36 g. 1989/90 ergab sich das gleiche Ertragsniveau aus 22.000 Körnern/m² und einem TKG von ca. 31 g. In keinem der beiden Versuche unterlag der Kornertrag/ha nachweislich Wirkungseffekten. Die Daten werden daher nicht dargestellt. Hingegen zeichneten sich Auswir-

kungen auf die Ertragsstruktur ab. Im Gegensatz zu den Wirkungseffekten auf das Tausendkorngewicht konnten die Effekte auf die Kornzahl/m² nicht nachgewiesen werden (Abb. 4). Jedoch erhöhten, mit Ausnahme von Cerone, alle retardierenden Wirkstoffe teils nachweislich (1989/90), teils tendentiell (1988/89) die Bestandesdichten (keine Darstellung). Bei den RSW 0411-Varianten stiegen die Bestandesdichten um bis zu 90 Ähren/m² gegenüber der Kontrolle an, verbunden mit einem erheblichen Rückgang der Kornzahl/Ähre. Die Tausendkorngewichte gingen in der Vegetationsperiode 1988/89, soweit Applikationseffekte vorlagen, zurück. 1989/90 traten, in Verbindung mit Abnahmetendenzen der Kornzahl/m², auch Zunahmen auf. Übereinstimmend nahmen in beiden Vegetationsperioden die Tausendkorngewichte in der Folge von Ceroneapplikationen (A8 bis A10) ab (Abb. 4). Die Sortierungsanteile > 2,2 mm gingen 1988/89 infolge der Wirkstoffapplikationen um maximal 7 % zurück. 1989/90 betrug die applikationsbedingten Differenzen nur 2 % (keine Darstellung). Der Synthetik erreichte 1988/89 im Mittel über die N-Stufen mit rund 15.000 Körnern/m² und einem TKG zwischen 26 und 27 g einen Kornertrag von 40 dt/ha. 1989/90 ergaben sich rund 45 dt/ha aus einer deutlich höheren Kornzahl (25.000/m²) bei Tausendkorngewichten zwischen 23 und 24 g (keine Darstellung). Das mittlere Ertragsniveau des Synthetiks wurde auch durch die N-Düngungsvarianten (N1=keine N-Düngung) mitbestimmt. Interaktionen mit den Wirkstoffapplikationen konnten nicht nachgewiesen werden. Höhere Aufwandmengen von GA₃ (A3, A4) setzten 1988/89 die Kornzahl/m² um 2000, 1989/90 um 5000 Körner herab. Bei ansteigenden Tausendkorngewichten und einer zunehmenden Kornfraktion > 2,2 mm wurden Ertragseinbußen in der Größenordnung von 3 (1988/89) bis zu 7 dt/ha (1989/90) nachgewiesen.

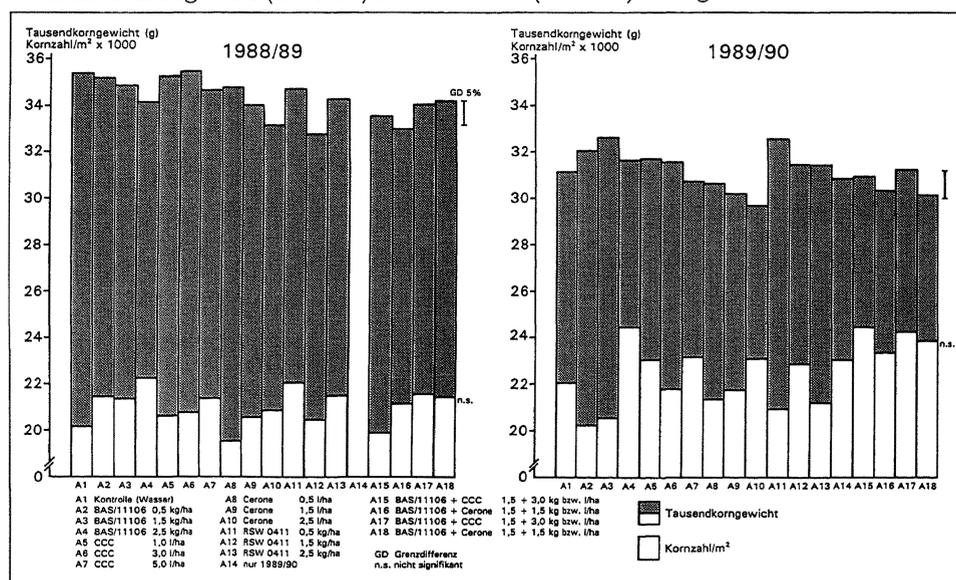


Abb. 4: Beeinflussung des Tausendkorngewichts und der Kornzahl/m² der Winterroggen-Einfachkreuzung L301-P x L311 durch retardierende Wirkstoffe in Abhängigkeit von den Vegetationsperioden

3.5 Effekte der Wirkstoffapplikationen auf die Fallzahl

In der Vegetationsperiode 1988/89 hoben die Behandlungen der CMS-Einfachkreuzung mit retardierenden Wirkstoffen, ausgehend von einer Fallzahl der

Kontrolle um 200, nachweislich die Werte um bis zu 40 Einheiten an. Insbesondere Applikationen von BAS 11106 und RSW 0411 in höheren Aufwandmengen sowie Kombination von BAS 11106 und CCC bewirkten nachweislich einen solchen Anstieg (keine Darstellung). Anhebungen in der Größenordnung von 10 bis 15 Einheiten gegenüber der Kontrolle wurden auch 1989/90 festgestellt, allerdings lag die Fallzahl der Kontrolle bei 330 Einheiten. Beim Synthetik konnten keine Fallzahlveränderungen nachgewiesen werden.

4. Diskussion

4.1 Entwicklungsverlauf und Blühtermin

An den Ährenschiebeterminen bewertet zeigten 1988/89 Applikationen retardierender Wirkstoffe im Schoßverlauf bei der CMS-Einfachkreuzung durchaus bemerkenswerte Verzögerungen. Der Verzögerungseffekt stimmt mit Hinweisen aus der Literatur bei anderen Arten überein (JUNG et al. 1987, LÜRSSEN 1988, RADEMACHER 1988). Ursache ist die wirkstoffspezifische Teilprozeßblockierung der Gibberellinsynthese (JUNG 1985, RADEMACHER 1992). Umgekehrt vorverlegten GA₃-Applikationen beim langsamer wüchsigen Synthetik die Ährenschiebetermine gegenüber der Kontrolle. Auch diese GA₃-Effekte sind aus anderen Untersuchungen bekannt (HÖFNER 1988). Abhängig von Wirkstoff, Aufwandmenge und Applikationszeitpunkt war in den vorliegenden Versuchen eine Verzögerung des Ährenschiebens um bis zu sieben Tagen bzw. eine Vorverlegung um drei Tage erzielbar (Tab. 2). SCHMALZ (1962) konnte bei Sommerweizen und -gerste mit GA₃-Applikationen den Ährenschiebetermin ebenfalls nur um drei bis vier Tage vorverlegen, obwohl er über 30 bis 40 Tage in ein- bis zweitägigem Abstand applizierte. Die Kontrollvarianten beider Roggengenotypen unterschieden sich 1989 um fünf Tage im Ährenschiebetermin. Bezogen auf den Ährenschiebetermin übertraf damit die Regulierbarkeit durch Wirkstoffapplikationen die Entwicklungsdifferenzen.

Sehr viel geringer blieb jedoch die Regulierbarkeit der Blühtermine. Der Blühtermin der Kontrollvarianten differierte 1988/89 um drei Tage. Auch mit hohem

Tabelle 2

Maximale Variation der Ährenschiebe- und Blühbeginntermine (Tage nach Aussaat) in den Vegetationsperioden 1988/89 und 1989/90 in Abhängigkeit von der Wirkstoffapplikation bei der Winterroggen-Einfachkreuzung L301-P × L311 und dem Winterroggen-Synthetik Syn 8285

Applikationsvarianten	1988/89		Applikationsvarianten	1989/90	
	CMS-Einfachkreuzung	Synthetik		CMS-Einfachkreuzung	Synthetik
Ährenschiebebeginn					
Kontrolle	213	218	Kontrolle	223	226
BAS 11106 (T1/A3)	215	—	BAS 11106 (\bar{x} T1,2/A2-4)	223	—
RSW 0411 (T1/A12)	220	—	RSW 0411 (\bar{x} T1,2/A14)	226	—
GA ₃ (T2/A4)	—	215	GA ₃ (\bar{x} T1,2/A1-4)	—	226
Blühbeginn					
Kontrolle	219	222	Kontrolle	232	238
BAS 11106 (T1/A3)	220	—	BAS 11106 (\bar{x} T1,2/A2-4)	233	—
RSW 0411 (T1/A12)	221	—	RSW 0411 (\bar{x} T1,2/A14)	234	—
GA ₃ (T2/A4)	—	222	GA ₃ (\bar{x} T1,2/A1-4)	—	238

RSW 0411-Aufwand konnte der Blühbeginn der Einfachkreuzung nur um zwei Tage verzögert werden. Auf den Blühtermin des Synthetiks hatten GA₃-Applikationen, trotz der Auswirkungen auf den Ährenschiebebeginn, keinen Einfluß (Tab. 2). Auf temporär begrenzte Effekte von GA₃-Applikationen wird verschiedentlich hingewiesen (MORGAN und MESS 1956, SCHMALZ 1962). Häufiger wiederholte Applikationen und/oder höhere Aufwandmengen können allerdings zu Entwicklungsverzögerungen in der Reifephase führen. Andeutungsweise wurde dies in der Folge hoher GA₃-Aufwandmengen im vorliegenden Versuch bezüglich der Gelbreife erkennbar. So gesehen ist die fehlende Blühbeschleunigung bereits als hormonell gesteuerte Gegenreaktion auf die GA₃-Zufuhr interpretierbar (BÜNSOW 1958). Trotz fehlender Blühbeschleunigung beim Synthetik wurde 1988/89 jedoch über die verzögernden Effekte von RSW 0411 bei der CMS-Einfachkreuzung eine Angleichung der Blühtermine erzielt.

Allerdings wiesen die Daten der Versuche in der Vegetationsperiode 1989/90 auf die Abhängigkeit der Ergebnisse von den Aufwuchsbedingungen hin. Gegenüber 1988/89 lagen größere Blühterminunterschiede zwischen den unbehandelten Genotypen, aber insgesamt geringere Wirkstoffapplikationseffekte vor (Tab. 2). Die erzielbare Blühterminverzögerung bei der CMS-Einfachkreuzung betrug maximal zwei Tage. Auf dieser Basis belief sich die Blühterminendifferenz zwischen den Komponenten immer noch auf vier Tage. Die Abhängigkeit der Effekte von den Aufwuchsbedingungen stellt den erfolgreichen Wirkstoffeinsatz in Frage, schließt ihn jedoch nicht aus. Da sich die Effekte in beiden Jahren zwar als unterschiedlich groß, jedoch gleichgerichtet erwiesen, erscheinen weitere Untersuchungen sinnvoll. Hierbei sollten genotypbezogen auch konkrete Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren und dem Reaktionsvermögen auf Wirkstoffe erfaßt werden. Da der Faktor Temperatur nicht nur auf den Entwicklungsverlauf der Pflanze, sondern auch auf die Metabolisierung applizierter Wirkstoffe Einfluß nimmt, könnte die Quantifizierung von Beziehungen zwischen dem Temperaturangebot (Temperatursummen) in definierten Entwicklungsabschnitten und notwendigem Wirkstoffaufwand für die Erzielung definierter Blühterminverschiebungen weiterführende Information liefern.

4.2 Agronomische Eigenschaften

Die halmverkürzende Wirkung retardierender Substanzen ist bekannt. Übereinstimmend mit Literaturbefunden bei Roggen (FLAIG und MÜLLER-WILMES 1987) reduzierten CCC-Applikationen, selbst bei hohen Aufwandmengen, die Wuchshöhe des Hybriden nur geringfügig. Demgegenüber verkürzten RSW 0411-Applikationen die Roggenbestände erheblich. Auch bei anderen Arten wie Reis zeigen Triazole, im Gegensatz zu herkömmlichen Wirkstoffen wie CCC, Etephon und anderen, besonders ausgeprägte Effekte (RADEMACHER 1991). Mit Wirkstoffkombinationen behandelte Varianten blieben zumeist kürzer als die mit einem von beiden in entsprechender Aufwandmenge behandelten. Vollständige Additions- und synergistische Effekte traten jedoch nicht auf. Die Standfestigkeitsrelevanz war nicht prüfbar, da in beiden Vegetationsperioden auch bei den Kontrollen kein Lager auftrat. Gibberellinapplikationen führten beim Synthetik zu einer Halmverlängerung. Die Effekte resultierten nur aus Verlängerungen unterer Internodien, wie Detailuntersuchungen zeigten. Die Längen der beiden apikalen Internodien blieben unverändert. Trotz höheren Wachses wurde 1988/89 eine geringere Lagerneigung als bei der kürzeren Kontrollvariante bonitiert. Dünnere Bestände und damit stabilere Halmwandentwicklung basaler Internodien sowie geringere Ährengewichte mit folglich geringerer Belastung der Halmbasis dürften die Ursachen hierfür sein.

4.3 Ertragsbildung

Mit der Entwicklungsverzögerung infolge von Applikationen retardierender Wirkstoffe erwies sich der Trockensubstanzgehalt der oberirdischen Sproßmasse der CMS-Einfachkreuzung negativ korreliert. Diese Beziehung verdeutlicht Abbildung 5. Analog war die Entwicklungsbeschleunigung des Synthetiks durch Gibberellinsäureapplikationen mit einem Anstieg der Trockensubstanzgehalte verbunden. Dem Entwicklungsvorsprung von zwei Tagen entsprachen bei Milchreife, verglichen mit der Kontrolle, um 2,5 % höhere Trockensubstanzgehalte in der Sproßmasse. KORANTENG und MATTHEWS (1982) zeigten gleichgerichtete GA₃-Effekte. Insgesamt bestätigen diese Ergebnisse bekannte Auswirkungen der herangezogenen Wirkstoffe auf Wachstumsverlauf und Trockensubstanzakkumulation. Vermutlich trugen bei der Einfachkreuzung neben den verzögernden Effekten retardierender Wirkstoffe auch Veränderungen des Bestandesaufbaus, das heißt höhere Anteile jüngerer Triebe, zu geringeren Trockensubstanzgehalten der Biomasse bei. Der resultierende Anstieg der Ährenzahlen ist mit reduzierter Haupttriebdominanz erklärbar. Hinsichtlich der Triazolderivate wurde allerdings bisher weder eine direkte noch eine indirekte Beeinflussung des verantwortlichen Auxin- und Cytokininhaushalts nachgewiesen (JUNG et al. 1987, LÜRSEN 1988, RADEMACHER 1992).

Ohne klare Effekte auf den Flächenertrag erwiesen sich 1989/90 wirkstoffart- und aufwandspezifisch ansteigende Kornzahlen/m² mit einem Rückgang der Tausendkorngewichte korreliert. Zusammengefaßt wird diese Beziehung in Abbildung 6 dargestellt. Auf steigende Aufwandmengen bei den einzelnen Wirkstoffen bezogen, lagen – Behandlungen mit CCC ausgenommen – die Korrelationskoeffizienten zwischen $r = -0,52^{**}$ und $r = -0,72^{**}$. Im Vorjahr konnten nur nach BAS 11106- und CCC-Applikationen Korrelationen gleicher Enge nachgewiesen werden. Der Trend zur Ausbildung größerer Kornzahlen auf Kosten der Kornausbildung ist jedoch in beiden Vegetationsperioden unverkennbar. Geringe Reservestoffmengen im Endosperm können, von Bedingungen mit sehr geringem Keimwasserangebot abgesehen, die Saatguteignung von Kornmaterial erheblich beeinträchtigen.

Nach RSW 0411-Applikationen wurde 1988/89 zwar die stärkste Entwicklungsverzögerung erzielt (Tab. 2), in der Folge traten jedoch Beeinträchtigungen des Kornansatzes auf. Nach der Applikation hoher Aufwandmengen wurde bei der Einfachkreuzung eine Reduktion der Kornzahl/Ähre ermittelt. Wie Einzelährenanalysen an ausgewählten Varianten zeigten, stieg vorrangig an der Ährenbasis die Blütensterilität. Verzögerte und teilweise verminderte Streckung der apikalen Internodien verhinderten ein vollständiges Herausschieben der Ähren aus

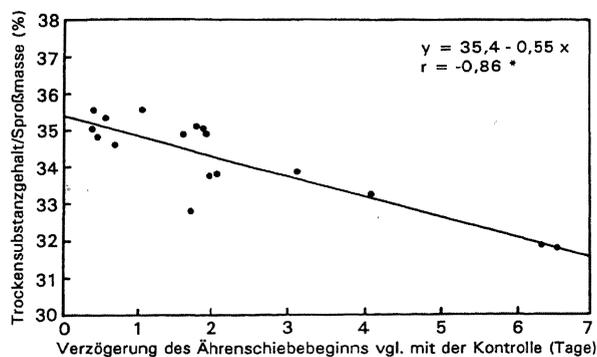


Abb. 5: Beziehung zwischen der Verzögerung des Ährenschiebebeginns und dem Trockensubstanzgehalt der Sproßmasse der Winterroggen-Einfachkreuzung L301-P × L311, gemessen bei Milchreife in der Vegetationsperiode 1988/89

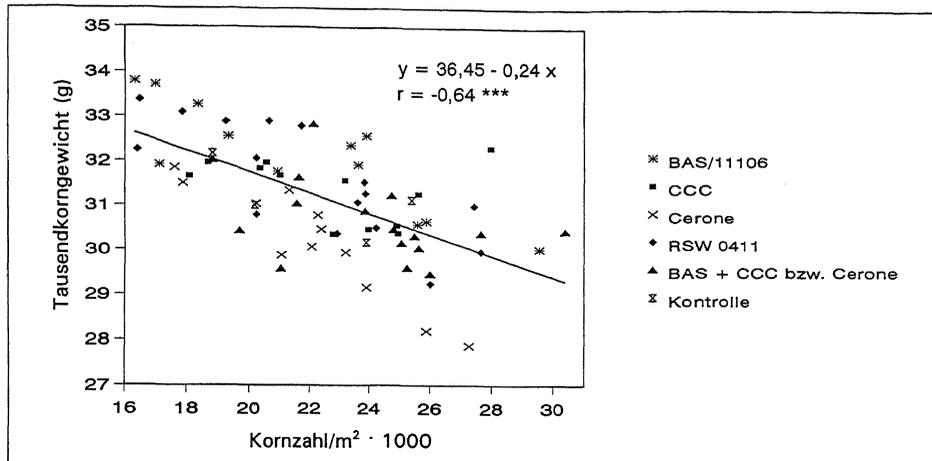


Abb. 6: Beziehung zwischen der Kornzahl/m² und dem Tausendkorngewicht in Abhängigkeit von Applikationen mit steigenden Aufwandmengen verschiedener Wirkstoffe bei der Winterroggen-Einfachkreuzung L301-P × L311, Vegetationsperiode 1989/90

der Fahnenblattscheide bis zum Blühbeginn. Bestäubungs- und Befruchtungsstörungen in der Ährenbasiszone sind daher als Ursache für die reduzierte Kornzahl wahrscheinlich. Über die kornausbildungsrelevante Beeinträchtigung verfügbarer Assimilereserven durch Verkürzung insbesondere der apikalen Halminternodien sind weitere Beeinträchtigungen der Kornausbildung möglich (KÜCHLER 1980). Insbesondere nach Ceroneapplikationen wurde in beiden Jahren eine erhebliche Beeinträchtigung der Kornausbildung festgestellt. Der Wirkstoff Ethephon wird in der Pflanze u. a. zu Etyhlen metabolisiert. In Verbindung mit endogener Etyhlenbildung kann Stomatenschluß verhindert und Wasserstreß gefördert werden (KIRKHAM 1983). Gerade unter trockenen Bedingungen, wie sie in den Versuchen teilweise vorlagen, resultieren geringere Tausendkorngewichte. Solche Auswirkungen sollten bedacht, andererseits nicht überbewertet werden.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durchgeführt.

Literatur

- BÜNSOW, R., 1958: Anwendungsmöglichkeiten der Gibberelline. *Angew. Bot.* 32, 186—196.
 FLAIG, A. und W. MÜLLER-WILMES, 1987: Sortenabhängige Reaktion bei Winterroggen (*Secale cereale* L.) auf Standfestigkeit, Ertragsbildung und Ertragsleistung nach Applikation retardierender Wachstumsregulatoren. *Journal f. landwirtsch. Forschung* 38, 227—239.
 GEIGER, H. H., 1988: Roggenzüchtung. In: SEIBEL, W. und W. STELLER: Roggen — Anbau, Verarbeitung, Markt, Behr's Verlag, 25—43.
 HÖFNER, W., 1988: Bioregulatoren, Werkzeuge moderner Pflanzenproduktion. *Die Bodenkultur* 39, 101—116.
 JUNG, J. und C. PFAFF, 1958: Über Gibberellinsäure. *Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde* 81, 133—141.
 JUNG, J., 1985: Plant bioregulators: overview, use and development. In: HEDIN, P. (Ed.): *Bioregulators for pest control*. ACS Symposium Series 276, American Chemical Society, Washington D.C., 95—107.
 JUNG, J., M. LUIB, H. SAUTER, B. ZEEH and W. RADEMACHER, 1987: Growth regulation in crop

- plants with new types of triazole compounds. *J. Agronomy & Crop Science* 158, 324—332.
- KIRKHAM, M. B., 1983: Effect of ethephon on the water status of a drought-resistant and a drought-sensitive cultivar of winterwheat. *Z. Pflanzenphysiol.* 112, 102—112.
- KORANTENG, G. O. and S. MATTHEWS, 1982: Modifications of the development of spring barley by early applications of CCC and GA₃ and the subsequent effects on yield components and yield. In: McLAREN, J. S. (Ed.): *Chemical manipulation of crop growth and development*. Verlag Butterworth, London.
- KÜCHLER, M., 1980: Untersuchungen zur Ertragsphysiologie und Stoffproduktion bei Roggen unter dem Einfluß von Camposan. Tagungsbericht, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR 179, 95—100.
- LÜRSEN, K., 1988: Pflanzenphysiologische und biochemische Wirkungen des neuen Wachstumsregulators Triapenthenol (RSW 0411). *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 41, 299—333.
- MORGAN, D. G. and G. C. MESS, 1956: Gibberellic acid and the growth of crop plants. *Nature* 178, 1356—1357.
- RADEMACHER, W., 1988: Gibberellins: metabolic pathways and inhibitors of biosynthesis. In: BÖGER, P. and G. SANDMANN (Eds.): *Target sites for herbicide action*, CRC Press, Inc., Boca Raton, USA.
- RADEMACHER, W., 1991: Actual and potential achievements with PGRs in arable crops — a critical assessment. *Brit. Soc. for Plant Growth Reg. Monograph* 22, 97—107.
- RADEMACHER, W., 1992: Biochemical effects of plant growth retardants. In: GAUSMANN, H. W. (Ed.): *Plant biochemical regulators*. M. Dekker Inc., New York—Basel—Hongkong, 169—200.
- RADEMACHER, W., J. JUNG and M. LUIB, 1985: Plant growth regulation in crop plants with new types of triazole compounds. Abstracts 12th International Conference on Plant Growth Substances, Heidelberg, Germany.
- SCHMALZ, H., 1962: Einfluß von Gibberellinsäure auf Wachstum, Entwicklung, Morphologie und Fertilität bei Winter- und Sommerweizen und Sommergerste. In: KNAPP, R.: *Eigenschaften und Wirkungen der Gibberelline*. Springer-Verlag 1962, 180—191.
- SCHOTT, P. E. and H. WALTER, 1991: Bioregulators: present and future fields of application. In: GAUSMANN, H. W. (Ed.): *Plant biochemical regulators*. M. Dekker Inc., New York—Basel—Hongkong.
- ZADOKS, J. C., T. CHANG and C. F. KONZAK, 1974: Decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bull.* 7, 49—52.

(Manuskript eingelangt am 30. November 1992, angenommen am 30. Dezember 1992)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Walter AUFHAMMER, Dr. Ernst KÜBLER, Dipl.-Ing. agr. Peter FLECK und Dipl.-Ing. agr. Dirk RENTEL, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, D-W-7000 Stuttgart 70 (Hohenheim); Dr. Thomas MIEDANER, Landessaat-zuchtanstalt Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 21, D-W-7000 Stuttgart 70 (Hohenheim)