

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland und dem Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik der Universität Stuttgart-Hohenheim)

## **Keimung und Feldaufgang von Wintergerste und Winterraps nach einer Saatgutbehandlung mit Wachstumsretardantien**

Von W. AUFHAMMER, A. M. STEINER, S. ZABORSZKY und J. GÖBEL

(Mit 6 Abbildungen)

### **Zusammenfassung**

Im Zusammenhang mit Problemen bei der Etablierung von Untersaatbeständen in Ackerbohnen wurde untersucht, in welchem Ausmaß die Keimung und der Aufgang von Wintergerste und Winterraps durch Saatgutbehandlungen mit Wirkstoffen verzögert werden kann. Hierzu wurde Saatgut mit unterschiedlich konzentrierten Lösungen wachstumsretardierender Substanzen (Etephon, CCC, Tetcyclacis, Paclobutrazol, BAS 111 06, Abscisinsäure, LAB 173711) vorbehandelt. In Keimrollen (Wintergerste) bzw. in Petrischalen (Winterraps) erfolgte die Prüfung des Keimverlaufs. Parallel wurde der Feldaufgangsverlauf in Gefäßen mit Boden erfaßt. Abhängig vom Wirkstoff und der Konzentration wurde in Keimrollen- bzw. Petrischalenversuchen der Keimbeginn bis zu zwei Wochen verzögert. In den Gefäßen mit Boden betrug die Verzögerung maximal fünf Tage. Mit den Verzögerungseffekten gingen häufig aber nicht immer die Endwerte der Keimfähigkeit bzw. des Feldaufgangs und die Trockenmassen/Keimpflanze zurück. Insbesondere bei Winterraps lagen die Endwerte der Keimfähigkeit bzw. des Feldaufgangs teils erheblich unter 80 %. Weiter zu untersuchende Ansätze für eine problemorientierte Nutzbarkeit solcher Saatgutbehandlungen zeichneten sich ab.

Schlüsselworte: Saatgutbehandlung, Wachstumsretardantien, Wintergerste, Winterraps.

### **Effects of seed treatments with growth retardants on germination and field emergence of winter barley and winter rape**

#### **Summary**

In connection with problems of establishing sowings under faba bean stands the delay of germination and field emergence of winter barley and winter rape seeds treated with growth retardants was investigated. Seeds were treated with differently concentrated solutions of Etephon, CCC, Tetcyclacis, Paclobutrazol, BAS 111 06, Abscisic acid and LAB 173711. Using paperrolls for winter barley seeds and Petri-dishes for winter rape seeds, respectively, the germination rates were measured. In pots filled with soil the field emergence rates of both species

were determined. Depending on the retardant and the concentration, the beginning of germination in rolls and dishes was delayed up to two weeks. In the pot trials with soil, the delay did not exceed five days. Along with this delay often substantial reductions of the final germination and the field emergence, respectively, and the dry masses of the seedlings occurred. Particularly, the final germination percentages of variously treated winter rape samples remained below 80 %. Nevertheless promising aspects to optimize treatments resulted encouraging further investigations.

Key-words: seed treatments, growth retardants, winter barley, winter rape.

### 1. Literaturübersicht

Retardierende Wirkstoffe unterschiedlicher chemischer Struktur greifen differenziert in physiologische Abläufe ein (LENTON 1987, RADEMACHER 1991, 1992). Überlegungen zur Nutzbarkeit des retardierenden Charakters in Anbauverfahren sind nicht nur auf die Standfestigkeitsstabilisierung von Beständen ausgerichtet. Neben wachstums- wären entwicklungsretardierende Effekte interessant. Dies gilt z. B. im Hinblick auf den Wirkstoffeinsatz zur gezielten Blühterminangleichung von Roggenlinien in der Hybridroggensaatguterzeugung (AUFHAMMER et al. 1993). Dies gilt auch für die Behandlung von Saatgut mit retardierenden Wirkstoffen. Bei Hartweizen wurde versucht, auf diesem Wege die Kältefestigkeit vor Winter angelegter Bestände anzuheben (AUFHAMMER und FEDEROLF 1992). Bei Untersaaten in Ackerbohlenbestände zur Erstellung eines neuen Stickstoffaufnahme potentials in der Abreife- und Nacherntephase (AUFHAMMER et al. 1992) erscheint die Induktion einer Feldaufgangsverzögerung nützlich. Zwar ist zwischenreihig eine einwandfreie Saatgutablage ohne Schädigung der Ackerbohne bis in den Blühverlauf möglich. Eine anschließende Auflaufverzögerung bis zum Einsetzen des Blattfalls der Ackerbohnen könnte jedoch helfen, der auflaufenden Untersaat ein ausreichendes Lichtangebot zu sichern. Diese Problematik veranlaßte die nachfolgenden Untersuchungen.

Die gezielte Induktion einer sekundären Keimruhe vor der Aussaat erscheint nach heutigem Kenntnisstand fragwürdig. Ein erst teilweiser Abbau der primären Keimruhe stellt bei Wintergerste eine geeignete Voraussetzung für die Induktion einer sekundären Keimruhe durch spezifische Umweltbedingungen dar (RAUBER 1984 a, b). Die primäre Keimruhe kann bei Wintergerste sortentypisch und aufwuchsbedingt eine massive Ausprägung aufweisen (AUFHAMMER 1976, 1979; DUNWELL 1981). Winterraps dagegen besitzt bei Erntereife nahezu keine primäre Keimruhe mehr. Trotzdem ist durch Einquellen von Samen unter Wasserstreß und Sauerstoffmangel eine sekundäre Keimruhe induzierbar. Hiermit können allerdings erhebliche Absterberaten verbunden sein (SCHLINK 1989, PEKRUN und BAEUMER 1992).

Besser bekannt ist die Regulation des Keimprozesses. Der Embryo synthetisiert Gibberelline, welche die Produktion hydrolytischer Enzyme stimulieren, und kontrolliert so den Reservestoffabbau (BEWLEY und BLACK 1978). Hohe Abscisinsäuregehalte im Embryo und im Endosperm können diese Vorgänge unterbinden (CHRISPEELS und VARNER 1966, WALTON et al. 1970). Die Applikation von Abscisinsäure hemmt daher den Keimprozeß (BARTON et al. 1973, POGGI-PELLERIN und BULLARD 1976, SCHOPFER et al. 1979). Ähnliche Effekte können Saatgutbehandlungen mit Triazolen hervorrufen. Teils wurden auch nach Triazolapplikationen erhöhte Abscisinsäuregehalte im Keimling festgestellt (BUTA und SPAULDING 1991), teils wird auf reduzierte Gibberellinsäuregehalte als Ursache verwiesen. Eine Blockierung der Biosynthese von Gibberellinsäure ist nicht nur

mit Triazolen, sondern auch mit verschiedenen Retardantien möglich (RADEMACHER et al. 1984, JUNG et al. 1987, LENTON 1987).

## 2. Problemstellung

Ausgehend von der einführend erwähnten Zielsetzung einer Untersaat zum Zweck der Bodendeckung und der Stickstoffaufnahme sowie vom vorliegenden Kenntnisstand aus der Literatur ergibt sich folgende Fragestellung:

- In welchem Ausmaß kann durch Behandlungen von Wintergersten- und Winterrapsaatgut mit wachstumsretardierenden Substanzen die Keimung und das Auflaufen verzögert werden?
- Welche Auswirkungen haben solche Saatgutbehandlungen auf den Feldaufgang, den Zustand der Keimpflanzen und damit auf die Qualität so etablierter Untersaatbestände?

Diesen Fragen sollte zunächst im Gefäßversuch nachgegangen werden.

## 3. Material und Methoden

### 3.1 Versuchsanlage

Insgesamt wurden vier Versuchsserien mit Wintergerste (Sorte Noveta) und Winterraps (Sorte Lirabon) durchgeführt. Winterformen wurden unter dem angewandten Aspekt der Erstellung eines Untersaatbestandes gewählt, ein Schossen aufgelaufener Bestände sollte unterbleiben. Eine Übersicht über die aufeinanderfolgenden Serien gibt Tabelle 1. Die Serie 1 beschränkte sich auf einen Gefäßversuch mit dem Medium Boden zur Feldaufgangsprüfung. In den Serien 2 bis 4 wurde jeweils sowohl eine Feldaufgangsprüfung (Gefäßversuch/Boden) als auch parallel eine Keimfähigkeitsprüfung (Gerste in Papier-Keimrollen, Raps in Petrischalen) durchgeführt. Das Saatgut wurde 15 Stunden in wäßrige Lösungen retardierender Substanzen eingelegt. Herangezogen wurden Wirkstoffe aus der Gruppe der Ethylengeneratoren und der Gruppe der Gibberellinbiosyntheseinhibitoren. Der zuletzt genannten Gruppe ist auch der Wirkstoff BAS 111 06 zuzuordnen. Einbezogen wurden ferner Abscisinsäure und ein Abscisinsäureanalogon (LAB 173711). Die Wirkstoffe BAS 111 06 und LAB 173711 wurden dankenswerterweise von Dr. W. RADEMACHER, BASF-Limburgerhof, zur Verfügung gestellt. Einen Überblick über die in Serie 1 eingesetzten Wirkstoffe vermittelt Tabelle 2. In den Serien 2 bis 4 wurden ausschnittsweise die gleichen Wirkstoffe bei weiterer Konzentrationsanhebung und unter Einbezug des

Tabelle 1

*Versuche zur Prüfung der Keimfähigkeit und des Feldaufgangs von Wintergerste und Winterraps*

Serie	Versuche	Varianten
1	Gefäßversuch	Kontrolle/Wasser, 6 Wirkstoffe in je 3 Konzentrationen
2	Gefäßversuch Keimrollen-, Petrischalenversuch	Kontrolle/Wasser Kontrolle/Aceton und 3 Wirkstoffe in je 2 Konzentrationen
3	Gefäßversuch Keimrollen-, Petrischalenversuch	Kontrolle/Aceton und 2 Wirkstoffe in je 2 Konzentrationen
4	Gefäßversuch Keimrollen-, Petrischalenversuch	Kontrolle/Aceton und 3 Wirkstoffe in je 2 Konzentrationen

Tabelle 2

*Wirkstoffbehandlungen bei Wintergersten- und Winterrapsaatgut in Versuchsserie 1*

Wirkstoff	Konzentration (Aktivsubstanz je Liter destilliertes Wasser)	Chemische Wirkstoffdefinition
Kontrolle	destilliertes Wasser	—
Etephon	2,4; 24; 240 mg/l	Chlorethylphosphorsäure
CCC	40; 400; 4000 mg/l	Chlormequatchlorid
Tetacyclacis	2; 20; 100 mg/l	Norbornanodiazetin
Pacllobutrazol <sup>1)</sup>	75; 150; 300 mg/l	Triazol
BAS 111 06	1,5; 15; 150 mg/l	Triazol
ABA	2,5; 25; 250 mg/l	Abscisinsäure

<sup>1)</sup> bei Raps: 7,5; 15; 30 mg/l

genannten Abscisinsäureanalogons verwendet. Einzelne Wirkstoffe mußten vor der Herstellung einer wäßrigen Lösung in kleinen Mengen Aceton oder Ethanol gelöst werden. Die Effekte dieser Zusätze wurden gesondert überprüft. Nach der 15stündigen Behandlung wurde das Kornmaterial bei 20 °C zurückgetrocknet.

Zur Feldaufgangsprüfung wurden Kunststoffgefäße (Serie 1: Länge 11 cm × Breite 11 cm × Höhe 12 cm, Serie 2—4: 9 cm × 9 cm × 9 cm) mit einem Boden-Sand-Gemisch (ein Drittel Ackererde, ein Drittel Einheitserde, ein Drittel Sand) gefüllt. In Serie 1 wurden je Gefäß bei Wintergerste fünf Körner, bei Winterraps drei Körner eingelegt. Der Faktor Saattiefe (nur in Serie 1) umfaßte die Ablagetiefen 1 cm und 3,5 cm. Die Gefäße standen anschließend unter natürlichen August-Temperaturen in der Vegetationshalle. In den Serien 2 bis 4 wurden bei beiden Arten neun Körner/Gefäß eingelegt. Die Gefäße wurden bei etwa 20 °C Lufttemperatur im Gewächshaus aufgestellt. Die Wasserversorgung aller Gefäße erfolgte durchgängig von unten im Kapillaranstieg. Die Keimfähigkeitsprüfung erfolgte bei Wintergerste in Keimrollen aus saugfähigem Papier (THOMPSON 1979). Jede Rolle wurde mit 50 Körnern belegt. Winterraps wurde in Petrischalen mit je 50 Körnern geprüft. Keimrollen und Petrischalen standen bei 20 °C im Klimaschrank unter Fluoreszenzweißlicht.

Alle Versuche wurden als faktorielle Anlagen mit den Faktoren Art (Haupteinheit), Saattiefe (Untereinheit, nur Serie 1) und Wirkstoffbehandlungen (Unter- bzw. Unteruntereinheit) in vier Wiederholungen erstellt. Die erfaßten Parameter wurden varianzanalytisch überprüft.

### 3.2 Parametererfassung

In den Gefäßversuchen wurden folgende Parameter erfaßt:

- Die Dauer (Tage nach Aussaat) bis zum Auflaufbeginn.
- Der Feldaufgang als Relation (%) zwischen der Anzahl aufgelaufener Keimpflanzen/Gefäß und der Anzahl ausgelegter Körner/Gefäß ab Auflaufbeginn bis zur Konstanz in ein- bis zweitägigen Intervallen.
- Die Sproßtrockenmasse der aufgelaufenen Pflanzen (g/Pflanze) bei Versuchsende, 23 bis 25 Tage nach Aussaat.

In den Keimversuchen (Keimrollen, Petrischalen) wurden ermittelt:

- Die Keimfähigkeit als Relation (%) zwischen der Anzahl gekeimter und der Anzahl ausgelegter Körner/Rolle bzw. Schale ab Keimbeginn (Frucht- und Samenschalenöffnung) bis zur Konstanz in drei- bis viertägigen Intervallen.
- Die Pflanzentrockenmasse (g/Pflanze) in den Keimrollen gekeimter Wintergerste bei Versuchsende 18 bis 23 Tage nach Aussaat. Dies war bei Raps nicht

möglich, da bei jedem Untersuchungstermin gekeimte und verpilzte Körner aus den Petrischalen entfernt wurden.

Mit den ermittelten bzw. resultierenden Parametern „Auflaufverzögerung (Tage)“ gegenüber der Kontrollvariante, „Endfeldaufgang bzw. Endkeimfähigkeit“ und „mittleres Sproß- bzw. Pflanzentrockengewicht“ aller aufgelaufenen bzw. gekeimten Pflanzen ließen sich wichtige Basisinformationen zur Qualität mit wirkstoffbehandeltem Saatgut erstellter Ausgangsbestände gewinnen.

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1 Effekte verschiedener Lösungsmittel

Zur Lösung einzelner Wirkstoffe mußten, insbesondere bei höheren Wirkstoffkonzentrationen, Aceton und Ethanol herangezogen werden. Die Effekte von 0,5-, 1,5-, 5- und 30prozentigen Acetonlösungen sowie von 0,2- und einprozentigen Ethanollösungen auf den Feldaufgang von Wintergerste und Winterraps wurden gesondert geprüft. Die 30prozentige Acetonlösung unterband die Keimung vollständig. Vermutlich wurden die Keimlinge abgetötet, denn weder bei Gerste noch bei Raps setzte im Verlauf von 14 Tagen die Keimung ein. Alle übrigen Lösungen beeinträchtigten den Feldaufgang nicht.

##### 4.2 Effekte der Wirkstoffbehandlungen auf den Feldaufgang und die Sproßtrockenmasse von Wintergerste und Winterraps in Versuchsserie 1

Wintergerste erreichte in der Kontrollvariante bereits fünf bis sechs Tage nach Aussaat einen Feldaufgang von 50 %. Bei zügiger Zunahme wurde nach weiteren fünf Tagen mit 95 % der Endwert festgestellt (Abb. 1). Die deutlichste Verzögerung des Aufgangsbeginns bewirkten Tetcyclacis- und Paclobutrazol-, gefolgt von Abscisinsäurebehandlungen. Bei gegenüber der Kontrolle langsamem Anstieg konnten nach insgesamt 15 Tagen im Mittel von je drei Konzentrationsvarianten (Tab. 2) Feldaufgangswerte um 85 % festgestellt werden (Abb. 1). Trotz der erheblichen Konzentrationsunterschiede der applizierten Wirkstofflösungen (Tab. 2) blieben die konzentrationsbedingten Effekte auf den Feldaufgang zumeist gering (keine Darstellung). Die Behandlungen mit mittlerer (20 mg/l) bzw. hoher (100 mg/l) Tetcyclaciskonzentration bewirkten eine Verschiebung des Aufgangsbeginns um drei bzw. fünf Tage, die Endfeldaufgänge erreichten in beiden Varianten 85 %. Eine ähnliche Größenordnung erreichten die Verzögerungseffekte von Behandlungen mit steigenden Abscisinsäure- und Paclobutrazolkonzentrationen. Die wachstumsretardierenden Effekte der hohen Konzentrationsstufen von Tetcyclacis, Paclobutrazol und Abscisinsäure kommen auch in den geringen Sproßtrockenmassen der aufgelaufenen Pflanzen zum Ausdruck (Abb. 2). Die übrigen Wirkstoffe Etephon, CCC und BAS 111 06 verzögerten den Feldaufgangsverlauf und reduzierten die Sproßtrockenmassen von Wintergerste im Vergleich zur Kontrolle nur tendenziell (Abb. 1, 2).

Bei Winterraps erreichte die Kontrollvariante etwa neun Tage nach Aussaat einen Feldaufgang von 90 %, der sich nicht mehr veränderte. Saatgutbehandlungen mit Paclobutrazol verzögerten und reduzierten den Feldaufgang erheblich. Der Feldaufgang erreichte neun Tage nach Aussaat 50 % und nahm nicht weiter zu (Abb. 1). Gleichermäßen niedrige Feldaufgangswerte traten vier Tage nach Aussaat infolge von Applikationen mit BAS 111 06 und Abscisinsäure auf. Während jedoch die BAS 111 06-Varianten im Mittel einen Endwert von ca. 60 % erreichten, blieben die Auswirkungen der Abscisinsäureapplikationen auf die

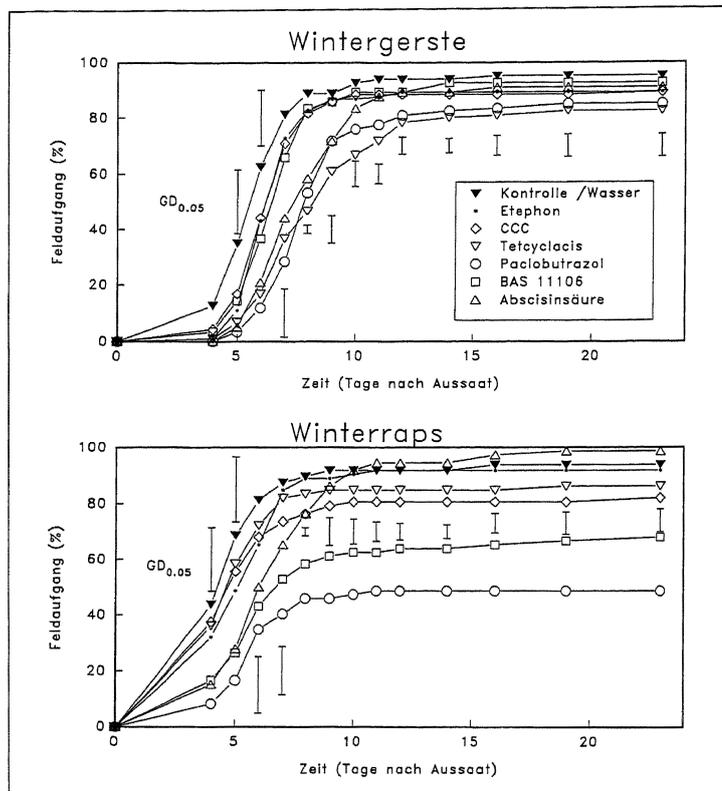


Abb. 1: Der Feldaufgang von Wintergerste und Winterraps in Abhängigkeit von der Zeit für Saatgut, behandelt mit verschiedenen Wirkstoffen (Gefäßversuch, Versuchsserie 1, arithmetische Mittelwerte über Saattiefen und Wirkstoffkonzentrationen)

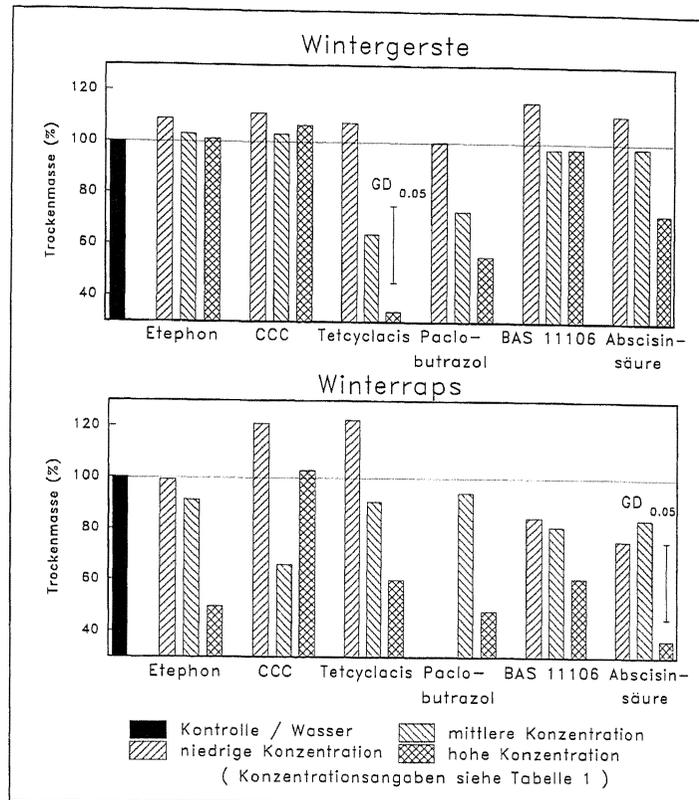
Anfangsperiode begrenzt. Bei einer Auszählung vier Tage nach Aussaat stand einem Feldaufgang von 40 % bei der Kontrolle ein Wert von etwa 10 % gegenüber, bereits zehn Tage nach Aussaat wurde das Kontrollniveau von 90 % erreicht (Abb. 1). Die Effekte der übrigen Wirkstoffbehandlungen blieben hinsichtlich der anfänglichen Verzögerung als auch der schließlich erreichten Feldaufgänge geringer (Abb. 1). Die Sproßtrockenmassen zeigten vornehmlich bei den Behandlungs- bzw. Konzentrationsvarianten, die deutlich reduzierte Feldaufgänge aufwiesen, erhebliche Beeinträchtigungen des Wachstums und der Stoffproduktion der Pflanzen an (Abb. 2).

#### 4.3 Effekte der Wirkstoffbehandlungen auf den Feldaufgang und die Sproß- bzw. die Keimlingstrockenmasse von Wintergerste und Winterraps in den Versuchsserien 2 bis 4

Ausgehend von den Befunden in Versuchsserie 1 wurden in den Folgeserien fragestellungsbezogen interessante Wirkstoffe in weiteren Konzentrationsabstufungen sowohl in Gefäßversuchen (Feldaufgang) als auch parallel dazu in Keimrollen- bzw. Petrischalenversuchen (Keimfähigkeit) geprüft. Insbesondere wurde Effekten von Paclobutrazol- und von Abscisinsäurebehandlungen nachgegangen. Hierzu werden nachfolgend ausschnittsweise Ergebnisse dargestellt.

Eine Saatgutbehandlung von Wintergerste mit 300 mg Paclobutrazol/l bewirkte anfänglich wiederum eine deutliche Keimungs- und Aufgangsverzögerung (Abb. 3). Bei der Auszählung sieben Tage nach Aussaat stand einem Feldaufgang von 50 % bei der Kontrolle ein Wert von nur 10 % bei der Paclobutrazol-

Abb. 2: Sproß-Trockenmasse von Wintergerste und Winterraps 23 Tage nach Aussaat für Saatgut, behandelt mit verschiedenen Wirkstoffen in abgestuften Konzentrationen (Gefäßversuch, Versuchsserie 1, arithmetische Mittelwerte über zwei Saattiefen)



variante gegenüber. Wie bei den Kontrollvarianten wurde jedoch anschließend in den Keimrollen und in den Gefäßen rasch ein Keimfähigkeits- und Feldaufgangsniveau um 90 % erreicht. Die Behandlung mit einer Wirkstofflösung noch höherer Konzentration von 1500 mg Paclobutrazol/l unterband die Keimlingsentwicklung von Wintergerste nahezu vollständig (Abb. 3). Im Gegensatz zur Wintergerste blieb bei Winterraps die Feldaufgangsdepression der mit 10 bzw. 50 mg Paclobutrazol/l behandelten Varianten über die Anfangsperiode hinaus erhalten. Unterschiedslos wurde im Gefäßversuch nur ein Feldaufgang zwischen 20 und 30 % und in den Petrischalen eine Keimfähigkeit von 5 bis 10 % ermittelt (Abb. 3).

In Abbildung 4 werden weitere Effekte von Behandlungen mit Abscisinsäure und dem Abscisinsäureanalogon LAB 173711 jeweils in zwei Konzentrationen gezeigt. Insgesamt traten in den Keimrollen bzw. den Petrischalen stärker differenzierte Effekte der Behandlungen mit diesen Wirkstoffen auf als in den Gefäßversuchen. Bei einer Auszählung fünf Tage nach Aussaat in den Boden (Gefäßversuch) wies bei Wintergerste die Kontrolle einen Feldaufgang von 50 % auf. Die mit 300 mg Abscisinsäure/l behandelte Variante erreichte weniger als 20 %, die mit 750 mg/l behandelte zeigte noch keinen Aufgang. Gleiches gilt für die mit dem Produkt LAB 173711 behandelten Gerstenkörner, mit 750 mg/l behandelte Körner liefen zu diesem Zeitpunkt noch nicht auf. Die Behandlung mit 750 mg LAB 173711/l erlaubte nur noch einen Feldaufgang von 50 % und hatte damit im Gefäß die nachhaltigste Wirkung. Die übrigen Varianten erreichten einen Feldaufgang um 70 %. Auch die Kontrolle übertraf diesen Wert nicht. Das niedrige

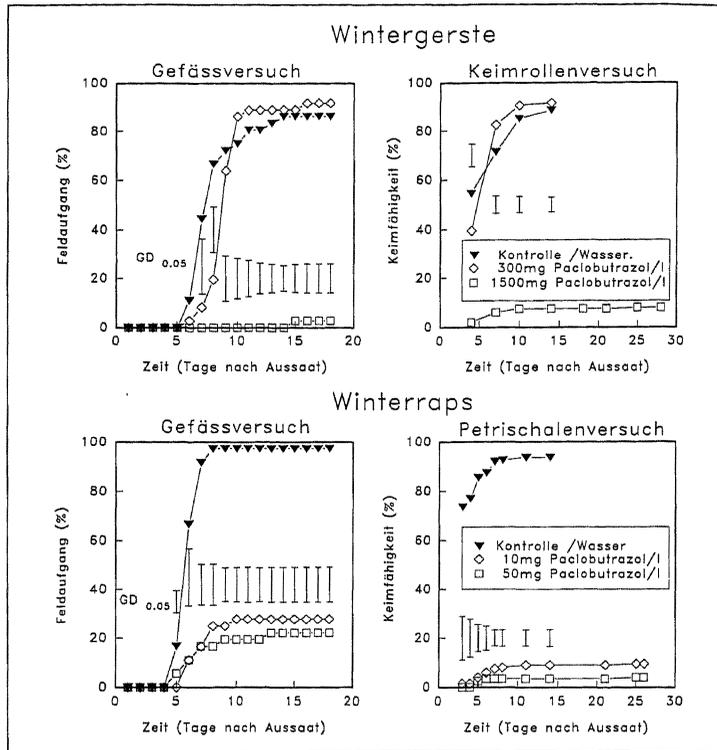


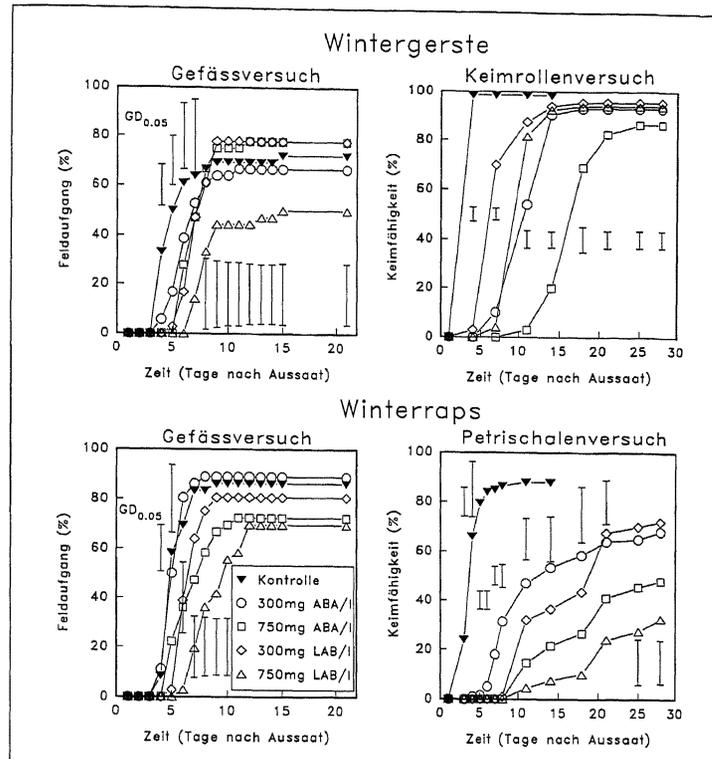
Abb. 3: Feldaufgang und Keimfähigkeit von Wintergerste und Winterraps in Abhängigkeit von der Zeit für Saatgut, behandelt mit unterschiedlichen Pacllobutrazolkonzentrationen (Gefäß- und Keimrollen- bzw. Petrischalenversuch aus Versuchsserie 2)

Kontrollniveau erscheint fragwürdig, da im parallelen Keimrollenversuch mit Material der gleichen Saatgutpartie eine Keimfähigkeit von 100 % festgestellt wurde. In der Keimrolle trat die Wirkung der Saatgutbehandlung mit 750 mg Abscisinsäure/l in den Vordergrund. Diese Behandlung hatte eine etwa neuntägige Verzögerung des Keimbegins der Gerste zur Folge, dennoch keimten schließlich knapp 90 % der eingelegten Samen (Abb. 4). Behandlungen mit hohen Abscisinsäure- und Abscisinsäure-Analogen-Konzentrationen verzögerten den Keimbegins von Rapssaatgut in der Petrischale um etwa zehn Tage und reduzierten gleichzeitig die Endkeimfähigkeitswerte erheblich. Bei einer Aussaat in den Boden (Gefäßversuch) blieben die Effekte im Prinzip dieselben, insgesamt waren die Differenzen aber erheblich geringer (Abb. 4). Die Sproß- bzw. die Keimlingstrockenmassen bei Versuchsende zeigten im wesentlichen den Feldaufgangs- bzw. Keimfähigkeitsreduktionen entsprechende Abstufungen (Abb. 5).

## 5. Diskussion

Anlaß für die vorliegenden Untersuchungen gaben die eingangs erwähnten Probleme bei der Etablierung von Untersaatbeständen. Eine gezielte Verzögerung des Feldaufgangs legt allgemeine Überlegungen zum Verhalten wirkstoffbehandelten Saatgutes nahe. Vorstellbar sind wirkstoff- und/oder konzentrationsspezifische Effekte, die eine Keimung zunächst unterbinden. Erst nach einer Metabolisierung des aufgenommenen Wirkstoffes kann — Keimbedingungen vorausgesetzt — die Keimung einsetzen und unbehandeltem Saatgut vergleichbar fortschreiten. So ist nach SCHOPFER und PLACHY (1984) der Abbau hoher

Abb. 4: Feldaufgang und Keimfähigkeit von Wintergerste und Winterraps in Abhängigkeit von der Zeit für Saatgut, behandelt mit verschiedenen Konzentrationen von Abscisinsäure (ABA) und dem ABA-Analogon LAB 173711 (Gefäß- und Keimrollen- bzw. Petrischalenversuch, Versuchsserie 4)



Abscisinsäuregehalte in Rapssamen die Voraussetzung für ein Fortschreiten der Keimprozesse über den Quellungsvorgang hinaus. Insbesondere in der Versuchsserie 1 deutet der Verlauf der Feldaufgangswerte von Wintergersten- und Winterrapsaatgut, das mit Abscisinsäure behandelt wurde, einen derartigen Reaktionsverlauf an. Befunde weiterer Autoren (CHRISPEELS und VARNER 1966, BARTON et al. 1973) zur Bedeutung von Abscisinsäure im Keimprozeß lassen sich einordnen. Alternativ ist vorstellbar, daß eine Wirkstoffapplikation keine vollständige Blockierung der Keimung hervorruft. Vielmehr schreiten Reservestoffabbau und Keimlingswachstum fort, gehen aber — wie von Behandlungen mit Wachstumsretardantien zu erwarten und aufgezeigt (RADEMACHER 1992) — nur sehr langsam vor sich. Als Beispiel kann ein Keimfähigkeitsverlauf, wie er bei Wintergerste und Winterraps nach Behandlung mit dem Abscisinsäureanalogon auftrat, gelten (Abb. 4). Verbunden mit reduziertem Längenwuchs würden unter Feldbedingungen der Aufgang und die Blattbildung verzögert erfolgen. Die Keimpflanzen der Untersaat lebten über einen längeren Zeitraum von den Kornreserven und wären daher erst später auf ein zunehmendes Lichtangebot angewiesen.

Problemorientiert erscheinen beide Reaktionsweisen brauchbar, soweit sie mit einem hohen Feldaufgang als Voraussetzung für die Etablierung einwandfreier Ausgangsbestände verbunden sind. In Rechnung gestellt werden muß allerdings, daß die Körner einer Saatgutprobe keine vollkommen gleichwertigen Individuen darstellen. Alleine der unterschiedliche Zeitbedarf der einzelnen Körner einer Probe bis zum Erreichen definierter Keimungsstadien im Laborversuch beweist dies. Vermutlich belasteten daher die aufgenommenen Wirkstoffe

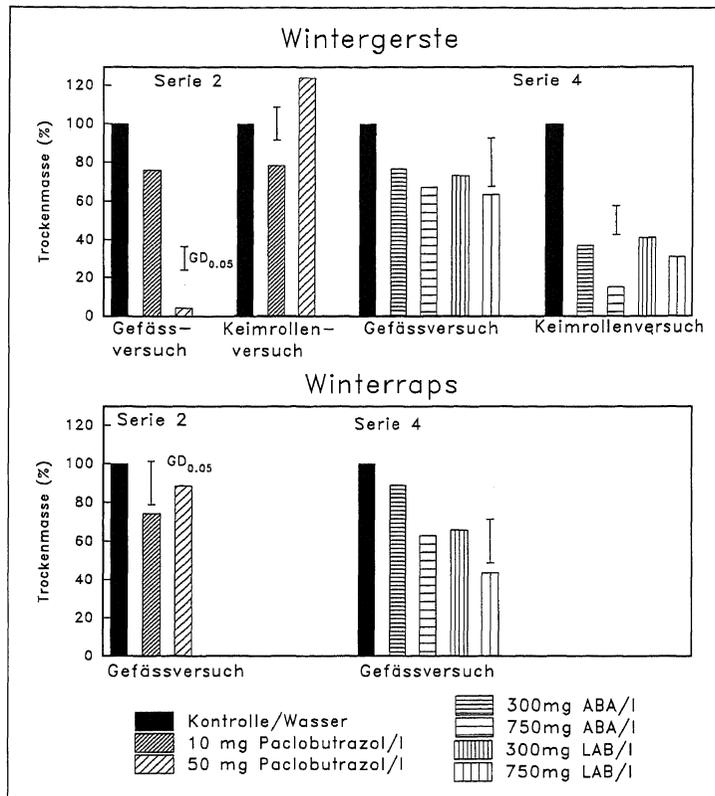


Abb. 5: Sproß- (Gefäßversuch) bzw. Keimlings-trockenmassen (Keimrollenversuch) von Wintergerste und Winterraps jeweils zu Versuchsende für Saatgut, behandelt mit verschiedenen Wirkstoffen in abgestuften Konzentrationen (Versuchsserien 2 und 4)

das Metabolisierungspotential der einzelnen Körner einer Probe in unterschiedlichem Umfang. Der Rückgang der Endwerte von Keimfähigkeit und Feldaufgang, insbesondere bei Winterraps, aber auch bei Wintergerste könnte auf eine Überforderung des Metabolisierungspotentials von schwächer ausgebildeten oder durch andere Effekte vorbelasteten Körnern zurückgehen. Häufig traten im Keimrollen- bzw. Petrischalenversuch gegenüber dem Gefäßversuch mit Boden schärfere Reaktionsunterschiede und größere Ausfälle auf. Dies unterstreicht die Bedeutung, die der Relation zwischen dem Metabolisierungspotential und der aufgenommenen Wirkstoffmenge des Einzelkorns zukommt. Möglicherweise wurden äußerlich am Korn angelagerte Wirkstoffanteile mit der Wasseraufnahme in den Keimrollen bzw. in den Petrischalen längerfristig und in stärkerem Maße ins Korn transportiert als bei einer Ablage der behandelten Körner im Medium Boden. Zudem erscheint im Boden eine Adsorption an Bodenpartikel sowie eine mikrobielle Metabolisierung oberflächlich vorhandener Substanzen sehr wahrscheinlich. Hierzu liegen einschlägige Befunde vor (STEINER und FUCHS 1987).

Im folgenden wird das Erreichen von 10 % Keimfähigkeit bzw. Feldaufgang als Keimbeginn definiert. Nur bei Wintergerste in Keimrollen und bei Winterraps in Petrischalen konnte der Keimbeginn durch Wirkstoffbehandlung in der Größenordnung von etwa zwei Wochen verzögert werden. Wurde in den Boden ausgesät, ging die Verzögerung über fünf Tage nicht hinaus (Tab. 3). Werte von 80 % als Zielgröße für die Erstellung eines Ausgangsbestandes wurden von diesen Behandlungsvarianten bei Wintergerste in mehreren Fällen, bei Winterraps nur

Tabelle 3

Maximale behandlungsbedingte Verzögerung (Tage, gerundet) bis zum Erreichen von 10 % bzw. 80 % Keimfähigkeit/Feldaufgang von Wintergerste und Winterraps jeweils in bezug zur Kontrolle (aus den Versuchsserien 1 bis 4)

Serie	Versuch	Wirkstoff	Keimfähigkeit/ Feldaufgang	
			10 %	80 %
Wintergerste				
1	Gefäß/ Boden	P (Mittelwerte aus 75, 150, 300 mg/l)	3	5
	Gefäß/ Boden	T (100 mg/l)	5	6
2	Gefäß/ Boden	P (300 mg/l)	1	0
	Keimrolle	P (300 mg/l)	—	—
3	Gefäß/ Boden	L (750 mg/l)	3	—
	Keimrolle	A (750 mg/l)	11	17
Winterraps				
1	Gefäß/ Boden	P (Mittelwerte aus 75, 150, 300 mg/l)	3	—
	Gefäß/ Boden	T (100 mg/l)	2	4
2	Gefäß/ Boden	P (10 mg/l)	2	—
	Petrischale	P (10 mg/l)	10	—
4	Gefäß/ Boden	L (750 mg/l)	3	—
	Petrischale	L (750 mg/l)	16	—

P = Paclobutrazol, T = Tetcyclacis, L = LAB 173711, A = Abscisinsäure, — = Grenzwert 10 % bzw. 80 % nicht erreicht

in einem Fall erreicht (Tab. 3). Ob durch eine schärfere Korngrößenkalibrierung vor der Wirkstoffapplikation, verbunden mit einer korngrößenbezogenen Abstimmung von Konzentration und Behandlungsdauer der Pflanzenausfall sicher reduzierbar ist und auch bei der Aussaat in den Boden zweiwöchige Verzögerungen erzielbar sind, müßte geprüft werden. Immerhin stellen MCKEE und FINCH-SAVAGE (1989) bei Einkeimung von Rapssamen in Abscisinsäurelösungen wesentlich stärkere Verzögerungen des Keimbegins fest, als sie in unseren Versuchen mit der 15stündigen Behandlung und der anschließenden Rücktrocknung auftraten. Neben der Abnahme der Keimfähigkeit bzw. des Feldaufgangs war in unseren Versuchen mit der Auflaufverzögerung ein Rückgang der Keimpflanzenmassen verbunden. Am Beispiel der Effekte der Abscisinsäurebehandlungen läßt sich diese Beziehung zeigen (Abb. 6). Sie weist mit  $r = -0,60^{**}$  bei Wintergerste und  $r = -0,55^{**}$  bei Winterraps eine vergleichbare Enge auf. Die kürzere Zeitspanne zur Assimilation ist eine mögliche Erklärung.

Gegenüber Behandlungen mit Triazolen erwies sich Raps empfindlicher als Gerste. Dies kam vor allem in relativ hohen Absterberaten, die geringe Keimfähigkeits- bzw. Feldaufgangswerte zur Folge hatten, zum Ausdruck. SLEIMANN et al. (1987) fanden nach Behandlungen von Rapssaatgut mit Paclobutrazol zwar

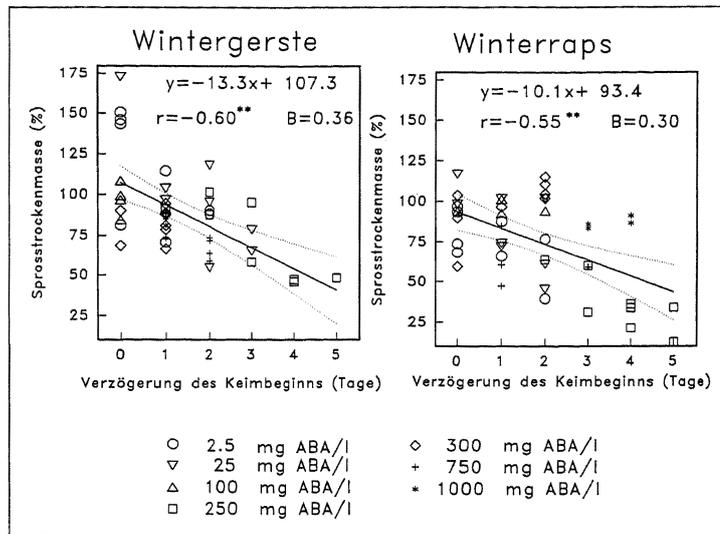


Abb. 6: Beziehung zwischen der Sproßtrockenmasse (relativ zur Kontrolle) und der Verzögerung des Keimbegins bei Wintergerste und Winterraps nach einer Behandlung des Saatguts mit Abscisinsäurelösungen verschiedener Konzentration (Daten aus den Versuchsserien 1, 3 und 4)

ein gehemmttes Keimpflanzenwachstum, aber keinen Rückgang der Keimfähigkeit. Diese Unterschiede können — wie oben diskutiert — zum einen mit der Saatgutqualität, zum anderen mit den Wirkstoffkonzentrationen zusammenhängen. Die Effekte mögen, den Angaben anderer Autoren (BUTA und SPAULDING 1991) folgend, mit einer endogenen Anhebung der Abscisinsäuregehalte zusammenhängen, obwohl hierzu widersprüchliche Ergebnisse vorliegen (LENTON 1987). Gestauchter Längenwuchs verbunden mit einer geringeren Trockenmasse je Pflanze sprechen gleichermaßen für Auswirkungen reduzierter Gibberellinsäuregehalte. Solche Effekte der Behandlungen mit Wachstumsretardantien sind bekannt (TOMAN und MITCHELL 1986, FÖRSTER et al. 1980, BUCHENAUER et al. 1984, GROSSMANN et al. 1987). Verkürzte Zeitspannen zur Assimilation kommen hinzu. Als Nebenwirkungen von Triazolbehandlungen treten fungizide Effekte und eine Toleranz gegenüber Wasserstreß auf (LENTON 1987). Solche Nebeneffekte können gerade für die Entwicklung von Untersaaten von großer Bedeutung sein. Zusammengekommen erscheinen damit besonders die Auswirkungen von Triazolbehandlungen von praktischem Interesse. Allerdings sind — wie bereits angedeutet — weitere Untersuchungen zur Ausschöpfung der Verzögerungsmöglichkeiten und zur Sicherung ausreichender Feldaufgänge erforderlich.

#### Literatur

- AUFHAMMER, G., 1976: Ergebnisse zweijähriger Wintergerstenversuche. *Brauwelt* 116, 951—956.
- AUFHAMMER, G., 1979: Zur Keimung von Wintergerste. *Brauwissenschaft* 32, 103—105.
- AUFHAMMER, W. und K.-G. FEDEROLF, 1992: Saatgutbehandlungen mit Wirkstoffen zur Verbesserung der Kältetoleranz von Hartweizen (*T. durum*). *Die Bodenkultur* 43, 29—38.
- AUFHAMMER, W., H. STÜTZEL, E. KÜBLER and A. FIEGENBAUM, 1992: Interplanting of non-legumes into faba bean (*Vicia faba* L.) to reduce the risk of nitrate contamination of the ground water. *Eur. J. Agron.* 1, 59—69.
- AUFHAMMER, W., E. KÜBLER, P. FLECK, D. RENTEL und Th. MIEDANER, 1993: Zur Angleichung des Blühtermins von Saat- und Pollenelter in der Hybridroggen-Saatguterzeugung durch Wirkstoffeinsatz. *Die Bodenkultur* 44, 51—64.

- BARTON, K. A., R. VERBEEK, R. ELLIS and A. A. KHAN, 1973: Abscisic acid inhibition of gibberellic acid and cyclic 3', 5'-adenosine monophosphate induced  $\alpha$ -amylase synthesis. *Physiol. Plant.* 29, 186—189.
- BEWLEY, Y. D. and M. BLACK, 1978: Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination, 1. Development, germination and growth. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, 306 S.
- BUCHENAUER, H., B. KUTZ and T. KOTHS, 1984: Wirkung verschiedener Triazolfungizide auf das Wachstum von Gerstenkeimlingen und Tomatenpflanzen sowie die Gibberellinhalte und den Lipidstoffwechsel von Gerstenkeimlingen. *Z. Pfl.-krankheiten und Pfl.-schutz* 91, 516—524.
- BUTA, G. J. and D. W. SPAULDING, 1991: Effect of Paclobutrazol on abscisic acid levels in wheat seedlings. *J. Plant Growth Regul.* 10, 59—61.
- CHRISPEELS, M. J. and J. E. VARNER, 1966: Inhibition of gibberellic acid induced formation of  $\alpha$ -amylase by abscisin II. *Nature* 212, 1066—1067.
- DUNWELL, J. M., 1981: Dormancy and germination in embryos of *Hordeum vulgare* L. — effect of dissection, incubation temperature and hormone application. *Ann. Bot.* 48, 203—213.
- FÖRSTER, H., H. BUCHENAUER und F. GROSSMANN, 1980: Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimefon und Triadimenol auf Gerstenpflanzen II. Cytokininartige Effekte. *Z. Pfl.-krankh. und Pfl.-schutz* 87, 717—730.
- GROSSMANN, K., N. KWIATKOWSKI, H. SIEBECKER and J. JUNG, 1987: Regulation of plant morphology by growth retardants. *Plant Physiol.* 84, 1018—1021.
- JUNG, J., M. LUIB, H. SAUTER, B. ZEEH and W. RADEMACHER, 1987: Growth regulation in crop plants with new types of triazole compounds. *Agron. J.* 158, 324—332.
- LENTON, J. R., 1987: Mode of action of triazole growth retardants and fungicides — a progress report. *News Bulletin/British Plant Growth Regulator Group* 9, 1—12.
- McKEE, J. M. T and W. E. FINCH-SAVAGE, 1989: The effect of abscisic acid on the growth and storage of germinating rape seed dried following selection on the basis of a newly-emerged radicle. *Plant Growth Regul.* 8, 77—83.
- PEKRUN, C. und K. BÄUMER, 1992: Induktion sekundärer Dormanz bei Raps durch Wasserstress und Sauerstoffmangel während der Quellungsphase. *Mitt. d. Gesellschaft für Pfl.bauwiss.* 5, 83—86.
- POGGI-PELLEGRIN, M. C. and C. BULARD, 1976: Interaction between abscisic acid, gibberellins and cytokinins in Grand Rapids lettuce seeds germination. *Plant* 36, 40—46.
- RADEMACHER, W., J. JUNG, J. E. GRAEBE und J. SCHWENEN, 1984: On the mode of action of tetracyclis and triazole growth retardants. *British Plant Growth Regulator Group. Monograph* 11, 1—11.
- 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: H. W. GAUSMAN (ed.) *Plant Biochemical Regulators*. M. Decker, Inc., New York / Basel / Hongkong, 169—200.
- RAUBER, R., 1984a: Keimruhe bei Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.) — Einfluß der Temperatur während der Kornentwicklung und während der Keimprüfung. *Landw. Forschung* 37, 102—110.
- RAUBER, R., 1984b: Einfluß der Temperatur vor und nach Teigreife auf die Keimruhe bei Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.). *Landw. Forschung* 37, 218—222.
- SCHLINK, S., 1989: Keimruhe bei Körnerraps (*Brassica napus* L.) in Abhängigkeit von Sorte, Jahr und Tiefenlage im Boden. *Mitt. d. Gesellschaft für Pfl.bauwiss.* 2, 129—132.
- SCHOPFER, P., D. BAJRACHARYA and C. PLACHY, 1979: Control of seed germination by abscisic acid I. Time course of action in *Sinapis alba* L. *Plant Physiol.* 64, 822—827.
- SCHOPFER, P. and C. PLACHY, 1984: Control of seed germination by abscisic acid II. Effect on embryo water uptake in *Brassica napus* L. *Plant Physiol.* 76, 155—160.
- SLEIMAN, A. I., B. BOELCKE und M. SEIFFERT, 1987: Untersuchung zum Keimverhalten von Winterraps unter Einfluß von Wachstumsregulatoren. *Wiss. Z. der W.-Pieck Universität Rostock* 36, Naturwiss. Reihe H. 6.
- STEINER, A. M. und H. FUCHS, 1987: Keimfähigkeitsbestimmung und Tetrazoliumuntersuchung bei mit Herbiziden und Pestiziden behandeltem Saatgut. *Seed Sci. Technol.* 15, 707—716.

- THOMPSON, J. R., 1979: An introduction to seed technology. Leonard Hill, Glasgow / London 198—211.
- TOMAN, F. R. and H. L. MITCHELL, 1986: Effect of Cycocel and B-Nine on cold hardiness of wheat plants. *J. Agr. Food Chem.* 16, 771—772.
- WALTON, D. C., G. S. SOOFI and E. SONDEHEIMER, 1970: The effects of abscisic acid on growth and nucleic acid synthesis in excised embryonic bean axes. *Plant Physiol.* 45, 37—40.

(Manuskript eingelangt am 22. März 1993, angenommen am 23. März 1993)

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Walter AUFHAMMER, Dipl.-Ing. agr. Jochen GÖBEL und Dipl.-Ing. agr. Sandor ZABORSZKY, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstraße 23, D-W-7000 Stuttgart 70; Prof. Dr. Adolf Martin STEINER, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Fruwirthstraße 21, D-W-7000 Stuttgart 70