

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Kleinwanzleben der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen über Gibberellin-Verabreichung in verschiedenen Wachstumsphasen der Beta-Rüben

Von L. BACHMANN, P. CURTH und H.-J. RÖSTEL

Mit 18 Abbildungen

In den letzten Jahren wurde eine ständig wachsende Zahl von Gibberellinarbeiten bekannt, die von den verschiedenartigsten Wirkungen dieses pilzlichen Stoffwechselproduktes auf eine Vielzahl von Pflanzenarten handeln. Von besonderem Interesse sind dabei Arbeiten, die Wachstums- und Entwicklungsbeeinflussungen von Kulturpflanzen nachweisen und somit bei Übertragung in die Praxis einen volkswirtschaftlichen Nutzen möglich erscheinen lassen. Dementsprechend wurde im Einklang mit den aktuellen Zuchtzielen an unserem Institut vor wenigen Jahren damit begonnen, Gibberellinsäure auch auf Zuckerrüben anzuwenden. Die bisher durchgeführten Untersuchungen lassen sich folgendermaßen gliedern: 1. Beeinflussung der Keimfähigkeit; 2. Erzielung des bekannten Längenwachstumseffektes durch Variation der Konzentration und der Behandlungshäufigkeit; 3. Feststellung einer Beziehung zwischen Schoßcharakter und gibberellininduziertem Streckungseffekt; 4. Nachweis eines echten Blüherfolges durch kombinierte Anwendung von photothermischer Induktion und Gibberellinsäure; 5. Prüfung der Möglichkeiten für die Rüben- und Zuckerertragssteigerung im Rahmen eines Feldversuches.

Wegen des beträchtlichen Umfanges der in den letzten Jahren sehr stark angewachsenen Literatur sind bei der Besprechung der im Folgenden geschilderten Versuchsergebnisse nur Autoren zitiert, deren Arbeiten ausschließlich die Wirkung von Gibberellinsäure auf Zuckerrüben beinhalten.

Experimenteller Teil

1. Beeinflussung der Keimfähigkeit

Obwohl aus verschiedenen Arbeiten (DOXTATOR 1958, LAWSON 1958, PETERSON 1958, SNYDER 1959) bekannt ist, daß Gibberellin keine bzw. nur eine sehr geringe Wirkung auf die Keimfähigkeit von Zuckerrübensamen hat, wurde an unserem Institut noch einmal versucht, durch Verwendung stärkster Gibberellinkonzentrationen eine Verbesserung der Keimfähigkeit zu erzielen. Zur Prüfung gelangten verschiedene Saatgutpartien mit sehr unterschiedlichem Keimungsprozentsatz.

Versuch 1

Material, Methodik und Ergebnisse der Gibberellin-anwendung zu Saatgut mit verschiedener Keimfähigkeit sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1. Material, Methodik und Ergebnisse der Keimungsversuche.

Versuchsnummer	1a	1b	1c	1d
Art bzw. Sorte	<i>Beta loma-togona</i>	Multimedia	Multimedia	Media
Termin der Versuchsdurchführung	Juni 1958	Juni 1958	Juni 1958	Dezember 1960
Anzahl der Wiederholungen je 100 Knäuel	10	10	4	5
Gekeimte Knäuel in %				
I Kontr. Leitungswasser	0,4	75,8	46	—
II Kontr. Aqua dest.	—	—	43	72,0
III Gibberellinkonzentration 10^{-2}	—	—	—	61,6
IV Gibberellinkonzentration 10^{-3}	—	—	—	61,6
V Gibberellinkonzentration 10^{-4}	—	—	—	75,2
VI Gibberellinkonzentration 5×10^{-5}	—	—	44	—
VII Gibberellinkonzentration 10^{-5}	0,2	74,1	—	—
Signifikanz ($P = 0,27\%$)	keine	keine	keine	III bzw. IV gegen II bzw. V

Zu Versuch 1a, b und c: Keimsand mit Gibberellinsäure YF. 4961 flüssig der Konzentration 10^{-3} bzw. 5×10^{-5} ($10^{-5} = 10$ mg Gibberellinsäure/l. Aqua dest.) getränkt; pro Keimteller 40 ml Lösung bzw. Leitungswasser bzw. Aqua dest. verwendet.
Zu Versuch 1d: Herstellung der Gibberellinlösung in Aqua dest. aus pulverförmigem reinem Gibberellin. Die Knäuel wurden 4 Stunden lang in Gazebeutelchen in die Lösungen eingehängt. Anschließend erfolgte das Abtropfen und Abschütteln sowie das Einlegen der Knäuel in Keimsand auf Keimtellern. Keimsand mit 0,3%iger modifizierter TOLLENScher Nährlösung angefeuchtet (vgl. SNYDER 1959).

Die Ergebnisse (Tabelle 1) lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Aus den ersten drei Untersuchungen ist bei den Gibberellinvarianten eine gegenüber den Leitungswasser-Kontrollen keimprozentual leicht abfallende Tendenz festzustellen, wobei die Gibberellinbehandlungsart des dritten Versuches nur im Vergleich zur Aqua-dest.-Kontrolle einen geringfügig höheren Keimprozentsatz aufweist. Letztgenannte Verhältnisse finden wir bestätigt durch die vierte Untersuchung (im Resultat der Variante 10^{-4}), die außerdem zeigt, daß die starken Konzentrationen 10^{-2} und 10^{-3} in ihrer Wirkung der optimalen Verdünnung 10^{-4} signifikant unterlegen sind. Keimungsbeschleunigende Wirkungen und anderweitige Stimulations-effekte zum Beispiel im Sinne einer späteren Internodienstreckung (SNYDER 1959) wurden nicht beobachtet.

2. Erzielung des bekannten Längenwuchseffektes durch Variation der Konzentration und der Behandlungshäufigkeit

Die am frühesten bekannt gewordene Gibberellinwirkung resultiert in dem kurze Zeit nach der Behandlung verstärkt einsetzenden Längenwachstum von Blattstielen und besonders vom Sproß. Unter Verwendung von Versuchsmethoden verschiedener Autoren, wie STOUT (1958), CURTH (1959), MARGARA (1959), SNYDER und WITTWER (1959) sowie WHEATLEY und JOHNSON (1959), sollten vor allem die Beziehungen von Gibberellinkonzentration und Behandlungshäufigkeit einerseits zu absolutem und prozentualen Sproßstreckungserfolg andererseits näher untersucht werden.

Versuch 2

- a) Material: Jungpflanzen einer Inzuchtlinie der Zucht- richtung Media.

Anzucht ab 18. 7. 60 im Freiland.

Überführung der Topfpflanzen am 6. 9. 60 ins Gewächshaus.

Beginn der Gibberellinbehandlung am 21. 9. 60 in Form einer jeden Montag, Mittwoch und Freitag durchgeführten Tröpfchenapplikation zwischen die jüngsten Herzblätter (Tröpfchenapplikation = 1 Tröpfchen pro Pflanze).

Unterteilung in die Varianten:

- A. Gibberellinkonzentration 10^{-3}
- B. Gibberellinkonzentration 10^{-4}
- C. Gibberellinkonzentration 10^{-5}
- D. Aqua-dest.-Kontrolle.

Herstellung der Gibberellinlösungen in Aqua dest. aus pulverförmigem reinem Gibberellin.

Einer 4 Wochen langen Behandlung mit der Konzentration 10^{-4} entsprach eine Gibberellinanwendung von ca. $90 \mu\text{g}$ pro Pflanze.

Ende der Gibberellinbehandlung am 17. 2. 61.

Jede Variante bestand aus 2×10 Wiederholungen.

Einsetzen des Sproßlängenwachstums 3 bis 4 Wochen nach Beginn der Behandlung.

Ergebnis der Sproßstreckungseffekte am 2. 11. 60 siehe graphische Darstellung (Abb. 1).

Der Bezug der Signifikanzen ist jeweils durch zwei Punkte festgelegt.

- b) Gibberellinkonzentration 10^{-4} .

Unterteilung in die Varianten:

- A Applikation 0 x (Kontrolle), B 4 x, C 8 x, D 12 x, E 16 x, F 20 x.

Der zomaligen Anwendung entsprach eine Gibberellinmenge von ca. $150 \mu\text{g}$ pro Pflanze.

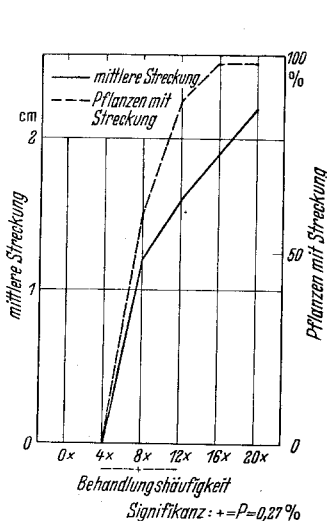


Abb. 2. Die Beziehungen zwischen Behandlungshäufigkeit und Streckungseffekt.

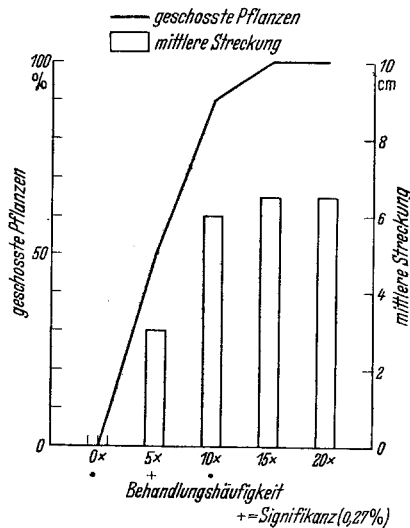


Abb. 3. Die Beziehungen zwischen Behandlungshäufigkeit und Streckungseffekt.

Jede Variante bestand aus 10 Wiederholungen.

Ergebnis der Sproßstreckungseffekte am 18. 11. 60 siehe graphische Darstellung (Abb. 2).

Alle übrigen Daten wie bei Versuch 2a).

- c) Material: Jungpflanzen einer Kleinwanzlebener monokarpen Familie.

Anzucht ab 15. 3. 59 im Gewächshaus.

Beginn der Gibberellinbehandlung im 2- bis 4-Blattstadium

am 7. 4. 59 in Form einer jeden zweiten Tag durchgeführten Tröpfchenapplikation zwischen die jüngsten Herzblätter.

Unterteilung in die Varianten:

A Applikation 0 x (Kontrolle), B 5 x, C 10 x, D 15 x, E 20 x.

Herstellung der Gibberellinsäurelösung in Aqua dest. aus Gibberellinsäure der Bezeichnung YF. 4961.

Verwendung der Konzentration 10^{-4} .

Der fünfmaligen Behandlung entsprach eine Gibberellinmenge von ca. $13 \mu\text{g}$ pro Pflanze.

Jedes Versuchsglied¹ bestand aus 10 Wiederholungen.

Einsetzen des Sproßlängenwachstums etwa 2 Wochen nach Beginn der Behandlung.

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 19. 5. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 3).

Ergebnis der Sproßstreckungsmessungen am 27. 6. 59 siehe graphische Darstellung (Abb. 4).

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

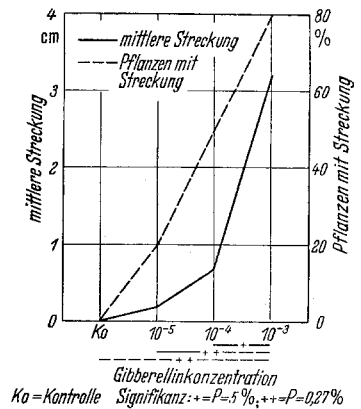


Abb. 1. Die Beziehungen zwischen Gibberellinkonzentration und Streckungseffekt.

Aus den graphischen Darstellungen geht eindeutig hervor, daß sowohl die Anzahl der Pflanzen mit Streckungseffekt als auch die mittlere Streckung mit steigender Gibberellinsäurekonzentration zunehmen. Das gleiche gilt für die Beziehung zwischen Behandlungshäufigkeit und Streckungseffekt. Einzelheiten sind aus den Abbildungen 1 bis 4 zu ersehen. Die morphotischen Wirkungen der Gibberellinbehandlung veranschaulichen drei photographische Aufnahmen (Abb. 5 bis 7), von denen besonders Abb. 5

¹ Die Termini Versuchsglied und Variante sind identisch.

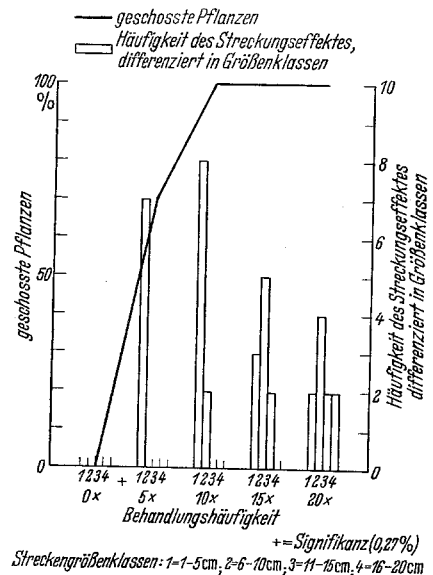


Abb. 4. Die Beziehungen zwischen Behandlungshäufigkeit und Streckungseffekt.



Abb. 5. Abnehmende Internodienstreckung mit zunehmender Gibberellinverdünnung. Von links nach rechts: 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , Aqua-dist.-Kontrolle. Man beachte die mit steigender Konzentration ebenfalls zunehmende Verlängerung der Blattstiele, mit der eine allmähliche Aufrichtung der Blätter sowie eine fortschreitende Reduktion der Blattspalten und damit der Assimilationsflächen einhergehen.

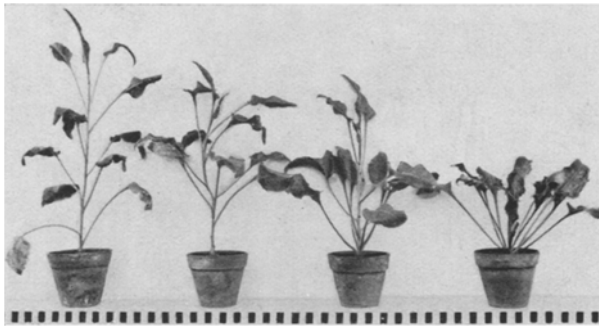


Abb. 6. Abnehmende Internodienstreckung mit zunehmender Gibberellinverdünnung. Von links nach rechts: 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , Aqua-dist.-Kontrolle.



Abb. 7. Zunehmende Streckung von Sproß und Blattstielen mit steigender Behandlungshäufigkeit. Von links nach rechts: 0-, 4-, 8-, 12-, 16-, 20mal behandelt.



Abb. 8. Hochrosettenbildung nach Beendigung der Applikation.

die mit der Zunahme des Streckungseffektes einhergehende Reduktion der Blattspalten zeigt. Ohne induktive Kälte- und Lichteinwirkung bleiben die gibberellinbehandelten Pflanzen in der Regel vegetativ (WITTEW und BUKOVAC 1957, STOUT und OWEN 1958, STOUT 1958, MARGARA 1959, SNYDER und WITTEW 1959 sowie WHEATLEY und JOHNSON

1959), entweder entwickeln sie sich bei fortlaufender Gibberellinapplikation zu hohen Krautschossern, oder sie bilden sich nach Unterbrechung der Behandlung zu „gestielten Hochrosetten“ um (MARGARA 1959, SNYDER und WITTEW 1959). Den morphotischen Effekt der Hochrosettenbildung veranschaulicht Abb. 8. Durch abwechselnde Unterbrechung und Fortsetzung der Gibberellinbehandlung gelingt es, mehrere übereinanderliegende „Rosettenstockwerke“ zu erzielen, worauf im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird.

3. Feststellung einer Beziehung zwischen Schoßcharakter und gibberellininduziertem Streckungseffekt

Da man seit einigen Jahren an unserem Institut mit Erfolg bemüht ist, neue, unter Glas durchführbare Methoden für Aufschußprüfungen zu entwickeln, lag es nahe festzustellen, ob hinsichtlich des gibberellininduzierten Streckungseffektes sortentypische Unterschiede vorhanden sind, und bejahendenfalls, ob derartige Unterschiede mit bekanntem, genetisch bedingtem Schoßcharakter korrespondieren (DOXTATOR 1958, STOUT und OWEN 1958, DONA DALLE ROSE 1959).

Versuch 3

a) Material und Varianten:

- 3 Futterrübensorten (Jungpflanzen):
 - Dickwanst (mittelmäßig schossend);
 - Para (schwer schossend);
 - Rote Walze (schwer schossend).
- 3 Zuckerrübensorten (Jungpflanzen):
 - Kleinwanzlebener schoßfreudiges Original (leicht schossend);
 - Media (schwer schossend);
 - Verna (sehr schwer schossend).

Anzucht ab 9. 3. 1959 im Gewächshaus.

Beginn der Gibberellinsäurebehandlung (YF. 4961 flüssig) am 7. 4. 59 in Form einer täglich stattfindenden Tröpfchenapplikation zwischen die jüngsten Herzblätter.

Gibberellinsäurekonzentration 10^{-4} (Aqua-dist.-Lösung).

Der 8maligen Applikation entsprach eine Gibberellinsäuremenge von 30 bis 40 μg pro Pflanze.

Ende der Gibberellinsäurebehandlung am 15. 4. 1959. Jede Variante bestand aus 20 Wiederholungen.

Ergebnisse der am 22. 4. 1959 durchgeführten Zählungen und der am 4. 6. 1959 vorgenommenen Messungen des Sproßlängenwachstums siehe graphische Darstellung (Abb. 9).

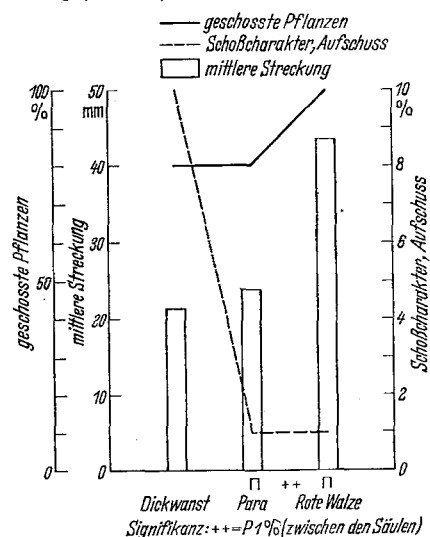


Abb. 9. Die Beziehungen zwischen Schoßcharakter und Gibberellineffekt.

Da sich hinsichtlich der Beziehung des gibberellin-induzierten Streckungseffektes zum Schoßcharakter in diesem Versuch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Futter- und Zuckerrübensorten ergaben, fanden graphisch nur die 3 Futterrübensorten Berücksichtigung.

Der zeichnerisch dargestellte Schoßcharakter entspricht Ergebnissen, die unter Freilandbedingungen erzielt wurden.

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

b) Material und Varianten:

5 Futterrübensorten (Jungpflanzen):

- Rosa Beta (leicht schossend);
- Dickwanst (mittelmäßig schossend);
- Ovana (mittelmäßig schossend);
- Para (schwer schossend);
- Rote Walze (schwer schossend).

5 Zuckerrübensorten (Jungpflanzen):

- Kleinwanzlebener schoßfreudiges Original (leicht schossend);
- Beta 1, ungarische Sorte (mittelmäßig schossend);
- Bernburger Tr, trockenresistentes Original (mittelmäßig schossend);
- Media (schwer schossend);
- Verna (sehr schwer schossend).

Anzucht ab 21. 7. 60 als Topfpflanzen im Freiland. Überführung am 2. 9. 60 ins Gewächshaus.

Beginn der Gibberellinbehandlung (Verwendung von reinem pulverförmigem Gibberellin) am 12. 9. 1960 in Form einer jeden Montag, Mittwoch und Freitag stattfindenden Tröpfchenapplikation zwischen die jüngsten Herzblätter.

Gibberellinkonzentration: 10^{-4} (Aqua-dist.-Lösung).

Ende der Behandlung am 12. 12. 1960.

Gibberellinverbrauch: Etwa 300 μ g pro Pflanze.

Jede Variante bestand aus 10 Wiederholungen.

Ergebnisse der am 2. 11. 1960 durchgeführten Zählungen und zum gleichen Termin vorgenommenen Messungen der Sproßinternodien siehe graphische Darstellung (Bild 10).

Zeichnerisch fanden nur die 5 Futterrübensorten Berücksichtigung.

Der Schoßcharakter entspricht Ergebnissen, die unter Freilandbedingungen erzielt wurden.

Bezug der Signifikanzen wie bei Versuch 2 a).

Die beiden graphischen Darstellungen zeigen beträchtliche sortentypische Unterschiede hinsichtlich des gibberellininduzierten Sproßstreckungseffektes. Bei den im Schoßcharakter sehr stark differierenden Futterrübensorten ist überdies die Tendenz erkennbar, daß genetisch bedingte geringste Schoßneigung mit größtem und stärkster Aufschuß mit geringstem Internodienstreckungseffekt korrespondiert (DOXTATOR 1958, STOUT und OWEN 1958), wobei die Trends der von den einzelnen Sorten infolge der Gibberellinbehandlung prozentual geschoßten Pflanzen denen der mittleren Internodienstreckung parallel laufen. An Hand der in Versuch 3 b) geprüften Zuckerrübensorten konnte die durch Versuch 3 a) ermittelte, gegensinnige Beziehung zwischen Schoß-

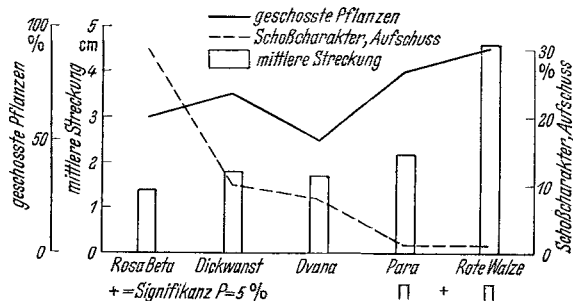


Abb. 10. Die Beziehungen zwischen Schoßcharakter und Gibberellineffekt.



Abb. 11. Zunehmender Streckungseffekt mit abnehmender Schoßneigung. Von links nach rechts: Rosa Beta, Dickwanst, Ovana, Para, Rote Walze.

charakter und Gibberellineffekt allerdings nicht bestätigt werden. Abb. 11 dient der Veranschaulichung des mit genetisch bedingter abnehmender Schoßfreudigkeit zunehmenden gibberellininduzierten Sproßlängenwachstums.

4. Nachweis eines echten Blüherfolges durch kombinierte Anwendung von photothermischer Induktion und Gibberellinsäure

Aus der Literatur ist bekannt, daß Vernalisation und induktive Photoperiode nur teilweise durch Gibberellin ersetzt werden können und daß besonders bei der Zuckerrübe Vernalisation und Gibberellinbehandlung additiv wirken (WITTMER und BUKOVAC 1957, STOUT und OWEN 1958, STOUT 1958, CURTH 1959, DONA DALLE ROSE 1959, MARGARA 1959, SNYDER und WITTMER 1959, WHEATLEY und JOHNSON 1959).

In Auswertung dieser Erkenntnisse sollten die im folgenden geschilderten Versuche zeigen, inwieweit durch kombinierte Anwendung von Gibberellin und photothermischer Blühinduktion eine weitere echte Blühbeschleunigung möglich ist (DOXTATOR 1958, GASKILL 1958).

Versuch 4

a) Material: Jungpflanzen einer Inzuchtlinie der Zucht- richtung Media.

Anzucht ab 2. 10. 1959 im Gewächshaus.

Überführung als Topfpflanzen ins Klimahaus am 16. 12. 59.

Unterteilung in die Varianten:

Kabine I

1. Ab 16. 12. 59 bis Versuchsende +8 °C und nächtliches Zusatzlicht von ca. 1700 Lux,
2. ab 16. 12. 59 bis Versuchsende +8 °C und nächtliches Zusatzlicht von ca. 930 Lux,
3. ab 16. 12. 59 bis Versuchsende +8 °C und nächtliches Zusatzlicht von ca. 650 Lux.

Kabine II

1. Ab 16. 12. 59 bis 1. 3. 60 +8 °C, ab 1. 3. 60 bis Versuchsende +15 °C } und nächtliches Zusatzlicht von ca. 1700 Lux,
2. ab 16. 12. 59 bis 1. 3. 60 +8 °C, ab 1. 3. 60 bis Versuchsende +15 °C } und nächtliches Zusatzlicht von ca. 930 Lux,
3. ab 16. 12. 59 bis 1. 3. 60 +8 °C, ab 1. 3. 60 bis Versuchsende +15 °C } und nächtliches Zusatzlicht von ca. 650 Lux.

Das ganznächtlige Zusatzlicht spendeten Leuchtstoffröhren der Type HNG 25/97.

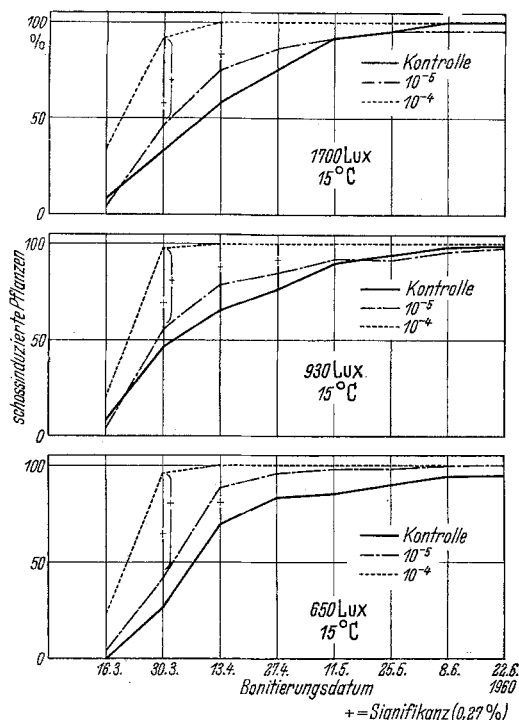


Abb. 12. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinapplikation bei +15 °C.

Weitere Unterteilung dieser 6 Versuchsglieder in die Untervarianten:

- α) Gibberellinsäurekonzentration 10^{-4} ,
- β) Gibberellinsäurekonzentration 10^{-5} ,
- γ) Aqua-dist.-Kontrolle.

Beginn der Behandlung (Verwendung von flüssiger Gibberellinsäure der Bezeichnung YF. 4961) am 1. 3. 60 in Form einer jeden Dienstag, Donnerstag und Samstag stattfindenden Tröpfchenapplikation zwischen die jüngsten Herzblätter.

Herstellung der Gibberellinsäureverdünungen mit Aqua dest.

Der Behandlungsbeginn fiel mit dem Zeitpunkt des Erscheinens der ersten photothermisch induzierten Schosser zusammen.

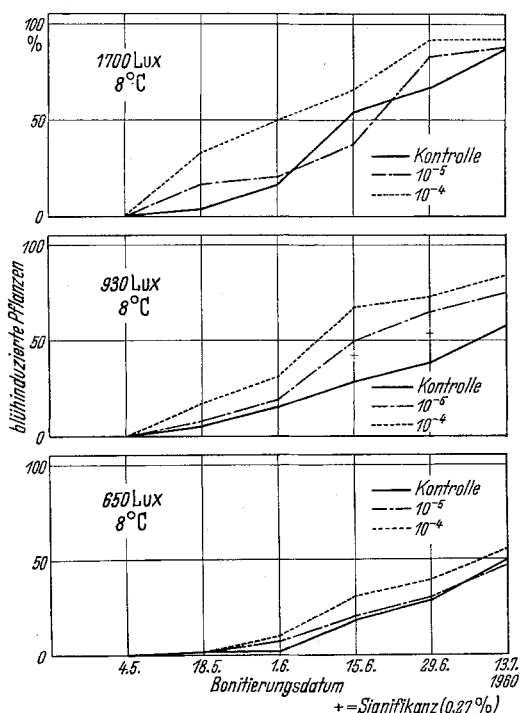


Abb. 13. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinapplikation bei +8 °C.

Ende der Behandlung am 26. 6. 60.

Der 12maligen Applikation entsprach also z. B. für die 10^{-4} -Variante ein Verbrauch von ca. 60 µg pro Pflanze.

Jede der 18 Varianten bestand aus 24 bzw. 48 Wiederholungen.

Ergebnisse der Schoß- und Blühbonitierungen siehe graphische Darstellungen (Abb. 12 und 13).

Die Schoßergebnisse der 8 °C-Varianten sowie die Blühergebnisse der 15 °C-Varianten fanden zeichnerisch keine Berücksichtigung.

Signifikante Unterschiede sind durch jeweils zwischen den betreffenden Kurvenpunkten eingetragene Kreuze gekennzeichnet.

- b) Material: Jungpflanzen einer Inzuchtlinie der Zucht- richtung Media.

Anzucht ab 18. 7. 60 im Freiland.

Überführung als Topfpflanzen ins Klimahaus am 5. 9. 60.

Varianten: Kabine I

1. Ab 5. 9. 60 bis Versuchsende + 8 °C, Zusatzlicht 1700 Lux,
2. ab 5. 9. 60 bis Versuchsende + 8 °C, Zusatzlicht 930 Lux,
3. ab 5. 9. 60 bis Versuchsende + 8 °C, Zusatzlicht 650 Lux.

Kabine II

1. Ab 5. 9. 60 bis 11. 11. 60 + 8 °C, Zusatzlicht ab 11. 11. 60 bis Versuchsende + 15 °C } 1700 Lux,
2. ab 5. 9. 60 bis 11. 11. 60 + 8 °C, Zusatzlicht ab 11. 11. 60 bis Versuchsende + 15 °C } 930 Lux,
3. ab 5. 9. 60 bis 11. 11. 60 + 8 °C, Zusatzlicht ab 11. 11. 60 bis Versuchsende + 15 °C } 650 Lux.

Weitere Unterteilung dieser 6 Versuchsglieder in die Untervarianten:

- α) Gibberellinkonzentration 10^{-4} ,
- β) Aqua-dist.-Kontrolle.

Herstellung der Gibberellinverdünungen mit Aqua dest. aus pulverförmigem reinem Gibberellin.

Beginn der Behandlung am 2. 11. 60 in Form einer jeden Montag, Mittwoch und Freitag erfolgten Tröpfchenapplikation zwischen die jüngsten Herzblätter.

Der Behandlungsbeginn lag etwa 6 Wochen vor dem Zeitpunkt des Erscheinens der ersten photothermisch induzierten Schosser.

Behandlung fortlaufend, jeweils bis zum Sichtbarwerden der einzelnen Blütenstände.

Der Applikation bis zum 1. 2. 61 entsprach ein Gibberellinverbrauch von etwa 290 µg pro Pflanze.

Jede der 12 Varianten bestand aus 35 bzw. 56 bzw. 63 Wiederholungen.

Ergebnisse der Schoßbonitierungen siehe graphische Darstellungen (Abb. 14 und 15).

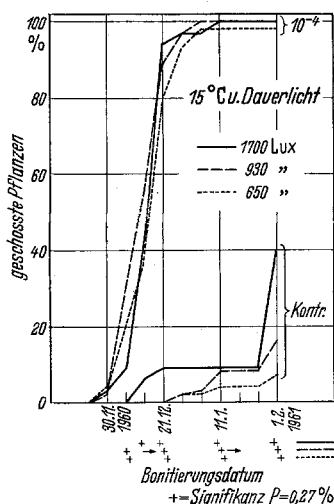


Abb. 14. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinapplikation bei +15 °C.

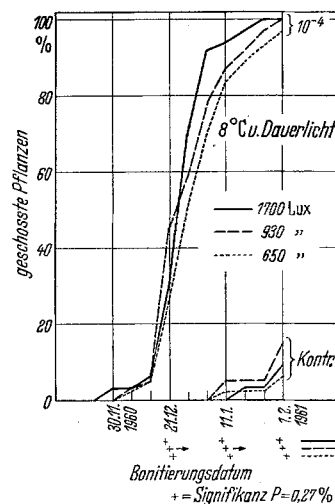


Abb. 15. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinapplikation bei +8 °C.

Signifikante Unterschiede sind durch jeweils unter den betreffenden Kurvenpunkten eingetragene Kreuze gekennzeichnet, wobei die Signaturen neben den Kreuzen bedeuten, daß sich die Signifikanz jeweils auf das betreffende Versuchsgliedpaar gleicher Beleuchtungsstärke bezieht. Die kleinen Pfeile besagen, daß auch sämtliche Zwischenbonitierungsergebnisse signifikant unterschiedlich sind.

Alle übrigen Daten wie bei Versuch 4 a).

Der graphisch dargestellte Schoßverlauf (Abb. 12, Versuch 4 a) bei Temperaturen von 15 °C zeigt deutlich die Überlegenheit der 10⁻⁴-Varianten gegenüber den Kontrollen, die besonders im Zeitraum früher Bonitierungsdaten in den meisten Fällen signifikant ist. Gegen Ende des Versuches findet jedoch ein weitgehender Ausgleich statt. Wesentliche Unterschiede zwischen den drei Lux-Varianten sind nicht erkennbar. Die Gibberellinvariante 10⁻⁵ liegt stets zwischen der Behandlungsart 10⁻⁴ und der ausschließlich photothermisch induzierten Kontrolle mit deutlichem Trend zu letztgenannter. Der Vergleich dieser neun 15 °C-Versuchsglieder mit den entsprechenden, graphisch nicht berücksichtigten 8 °C-Varianten zeigt vor allem eine Vorverlegung der Schoßtermine zugunsten der erstgenannten Versuchsglieder; im übrigen sind sich die Ergebnisse der Temperaturvarianten sehr ähnlich. Der graphisch dargestellte Blühverlauf (Abb. 13, Versuch 4 a) bei Temperaturen von 8 °C läßt ebenfalls eine, wenn auch nur in zwei Fällen signifikante Überlegenheit der 10⁻⁴-Varianten gegenüber den Kontrollen erkennen, wobei der etwa 7 Wochen nach dem Schoßbeginn in Erscheinung tretende Blüheffekt im Gegensatz zu dem von variierten Belichtungsverhältnissen wenig beeinflußt gebliebenen Schoßerfolg mit steigenden Beleuchtungsstärken zunimmt. Es handelt sich also hierbei um eine echte gibberellininduzierte Blühbeschleunigung. Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit den entsprechenden, graphisch nicht berücksichtigten Resultaten der 15 °C-Versuchsglieder zeigt in allen Fällen wiederum eine zeitliche Bevorzugung der letztgenannten Gruppen, wenn auch die Überlegenheit der Gibberellinvarianten 10⁻⁴ nicht so deutlich in Erscheinung tritt.

Der zeichnerisch dargestellte Schoßverlauf des Versuches 4 b) (Abb. 14 und 15), bei dem die Konzentrationsvariante 10⁻⁵ weggelassen wurde, zeigt sowohl bei 8 °C als auch bei 15 °C eine fast in allen Fällen signifikante Überlegenheit der Gibberellinvarianten 10⁻⁴ gegenüber den unbehandelten Versuchsgliedern; die Luxvarianten dagegen übten bis auf die Differenzierung der Kontrollen der 15 °C-Versuchsglieder wie in der vorigen Untersuchung nur einen geringen Einfluß aus. Im Vergleich der Temperaturvarianten 8 °C und 15 °C schneiden letztgenannte abermals wesentlich besser ab. Der in beiden Fällen gegenüber dem Schoßbeginn bei den entsprechenden, ausschließlich photothermisch induzierten Kontrollen erheblich vorverlegte Termin des Sichtbarwerdens der ersten Schosser (spontanes Einsetzen des Schoßeffektes 3 Wochen nach Beginn der Gibberellinapplikation) ist also auf die im Vergleich zum vorigen Versuch 6 Wochen früher begonnene Gibberellinbehandlung zurückzuführen; dazu kommt, daß die Pflanzen fortlaufend, jeweils bis zum Erscheinen der ersten Blütenknospen bei den einzelnen

Pflanzen behandelt wurden, während bei Versuch 4 a) nur eine 12malige Applikation erfolgte.

Zu der in beiden Untersuchungen festgestellten Überlegenheit der 15 °C-Varianten sei bemerkt, daß entscheidend für den späteren Übertritt in die reproduktive Phase die vor dieser Temperaturbehandlung liegende Induktionszeit von 8 bis 10 Wochen ist, in der die Pflanzen der optimal schoß- und blüh-induktiven Temperatur von 8 °C ausgesetzt sind. Die höheren Temperaturen von 15 °C wirken also nur beschleunigend auf bereits ausgelöste Entwicklungsvorgänge. Ohne vorgeschaltete Induktionszeit mit Optimaltemperaturen von 8 °C würden 15 °C-Varianten unvergleichlich schlechter abschneiden als 8 °C-Versuchsglieder.



Abb. 16. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinapplikation bei +15 °C. Linkes Paar 1700 Lux; mittleres Paar 930 Lux; rechtes Paar 650 Lux. Jeweils die linke Pflanze wurde mit Gibberellin behandelt, rechts davon die entsprechenden Kontrollen.



Abb. 17. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinapplikation bei +8 °C. Weitere Erklärungen wie Abb. 16.

Die zu Versuch 4 b) gehörenden Aufnahmen (Abb. 16 und 17) veranschaulichen sowohl den totalen Schoßeffect der Gibberellinvarianten als auch die Überlegenheit der 15 °C-Versuchsglieder; sogar eine geringfügige, der zunehmenden Beleuchtungsstärke einhergehende Steigerung des Schoßeffectes ist deutlich erkennbar. Letztgenannte Tatsache deutet darauf hin, daß es sich bei den graphisch dargestellten Ergebnissen um Resultate handelt, die zum großen Teil einem echten Blüherfolg gleichzusetzen sind. Diese Feststellung gründet sich außer auf die oben erwähnte, aus den beiden Abbildungen deutlich ersichtliche Differenzierungswirkung der Luxvarianten auch auf die Beobachtung, daß einige der mit Gibberellin schoßinduzierten Pflanzen zum Zeitpunkt der Schoßbonitierungen an den Spitzen der Sprosse bereits deutlich sichtbare Blütenknospen ausgebildet hatten. Abschließend sei auf die beiden Arbeiten von DOXTATOR (1958) und GASKILL (1958) hingewiesen, bei denen es sich in ähnlicher Weise um den Übergang in die reproduktive Phase durch kombinierte Anwendung von photothermischer Blühinduktion und Gibberellin handelt.

5. Prüfung der Möglichkeiten für die Rüben- und Zuckerertragssteigerung im Rahmen eines Gibberellinfeldversuches

Da aus der Literatur bekannt gewordene Untersuchungen hinsichtlich einer Ertrags- und Zuckergehaltssteigerung teils mit positiven (DONA DALLE ROSE 1957), teils mit negativen (PETERSON 1958), teils mit indifferenten (LAWSON 1958) Ergebnissen abgeschlossen, sollten auch an unserem Institut durch einen zweijährigen Feldversuch die Möglichkeiten für eine Wurzel-, Blatt- und Zuckerertragssteigerung durch Gibberellinanwendung geprüft werden. Im Gegensatz zu den bisherigen Versuchen, bei denen es sich stets um Entwicklungsbeeinflussung handelte, kam es diesmal darauf an, in erster Linie einen Wachstumseffekt zu erzielen.

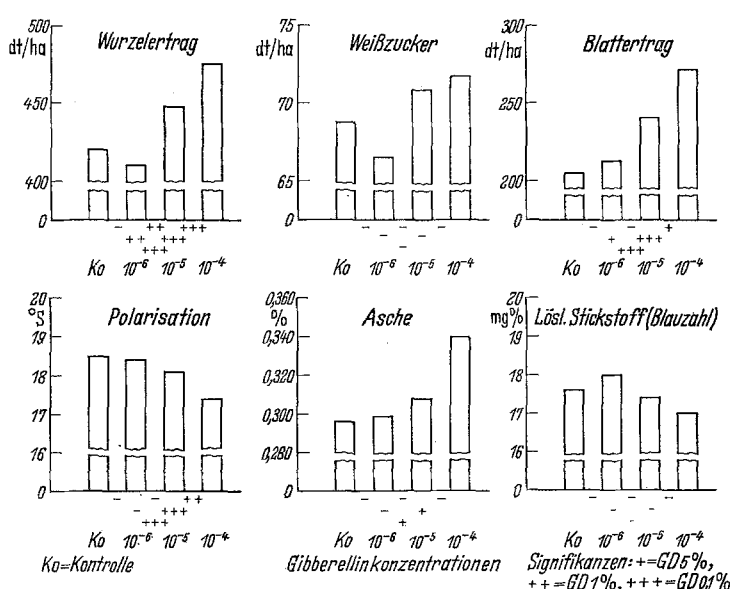


Abb. 18. Die Ergebnisse des Gibberellinfeldversuches 1960.

Versuch 5

Material: Zuckerrübenpflanzen der Zuchttrichtung Media.

Aussaat im Freiland am 22. 4. 60.

Anlage nach Blockmethode in fünffacher Wiederholung mit je 116 Pflanzen.

Varianten:

1. Gibberellinkonzentration 10^{-4} ,
2. Gibberellinkonzentration 10^{-5} ,
3. Gibberellinkonzentration 10^{-6} ,
4. Aqua-dist.-Kontrolle.

Herstellung der Gibberellinverdünnung mit Aqua dest. aus pulverförmigem reinem Gibberellin.
Behandlungszeitraum: 10. 6. 60 bis 6. 10. 60.
Behandlungshäufigkeit: 18mal im Abstand von je einer Woche.

Die Besprühung der ganzen Rosetten mit besonderer Berücksichtigung der jungen und jüngsten Herzblätter erfolgte einzelpflanzenweise mittels einer handbedienten 1,5 l-Pomosa-Spritze senkrecht von oben. Jeder Pflanze der Variante 10^{-4} wurde 18mal eine Gibberellinmenge von ca. 200 μ g zugeführt.

Ab 15. 7. 60 trat die habituelle Heraushebung der 10^{-4} -Versuchsglieder in Erscheinung, verursacht durch Vergrößerung des Blattapparates in Verbindung mit einer mehr nach oben gerichteten Blattstellung. Gegen Ende des Versuches wies die 10^{-4} -Variante 9% Spätschösser auf.

Erntetermin: 25. 10. 60.

Die von WÖHLERT (1960) ermittelten Ergebnisse von Erträgen und Inhaltsstoffen können der graphischen Darstellung (Abb. 18) entnommen werden.

Signifikante Unterschiede sind durch jeweils zwischen bzw. unter den betreffenden Säulen eingetragene Kreuze gekennzeichnet. Die erste Reihe bedeutet Signifikanz zwischen Säule 1 und 2, 2 und 3, 3 und 4, die zweite Reihe Signifikanz zwischen Säule 1 und 3, 2 und 4, die dritte Reihe Signifikanz zwischen Säule 1 und 4.

Die zeichnerisch dargestellten Ergebnisse (Abb. 18) zeigen im Wurzel- wie im Blättertrug (umgerechnet auf dt/ha) eine signifikante Bevorteilung der Versuchsglieder 10^{-4} ; auch die Gibberellinkonzentration 10^{-5} ist der Kontrolle noch klar überlegen. Die Polarisierung dagegen fällt mit zunehmender Konzentration signifikant ab (PETERSON 1958). Demzufolge ergibt sich im Weißzuckerertrag keine signifikante Erhöhung bei den Behandlungsarten 10^{-4} und 10^{-5} .

Was die weiteren Inhaltsstoffe betrifft, so entspricht zunehmender Gibberellinkonzentration über die dadurch erzielten Wurzelmehrträge auch steigender Gehalt an löslicher Asche, während die Blauzahl (löslicher Stickstoff) mit zunehmender Gibberellinkonzentration abnimmt. Aus den graphisch dargestellten Ergebnissen läßt sich ferner schließen, daß bei der Konzentration 10^{-4} vermutlich auch die physiologische Reife verzögert wird. Dies kann aus dem hohen Gehalt an löslicher Asche, dem guten Blättertrug sowie der geringen Polarisierung gefolgert werden, während in gewissem Gegensatz hierzu die niedrigen Werte des schädlichen N stehen. Der im Jahre 1961 durchgeführte Wiederholungsversuch erbrachte im wesentlichen gleiche Resultate.

Die Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichem Nutzen und Gibberellinpreis ergibt jedoch ein sehr ungünstiges Bild: Aus Rübenwurzel, Blatt, Naßschnitzel, Melasse und Weißzucker ergeben sich für die Variante „Gibberellinkonzentration 10^{-4} “ Mehreinnahmen von insgesamt ca. DM 452,—/ha, denen ein Gibberellinverbrauch von ca. 415 g = DM 22.410,—/ha gegenübersteht (1 g Gibberellin kostet DM 54,—). Es ergibt sich also bereits daraus ohne Berücksichtigung des Arbeitsaufwandes durch die Besprühungen ein Verhältnis von 1:50 zuungunsten der Mehreinnahmen.

Schlußfolgerung und Zusammenfassung

Die indifferent bzw. negativ verlaufenen Keimungsversuche berechtigen nicht zu der Hoffnung, daß durch Änderung der Methodik vielleicht doch eine Verbesserung der Keimfähigkeit von schlecht keimendem Zuckerrübensaatgut erreicht werden könnte. Die optimalen Verdünnungen von 10^{-4} dürften nur an die Wirkung von Leitungswasser heranreichen, während bei noch stärkeren Konzentrationen, wie 10^{-3} und 10^{-2} , eher mit negativem Einfluß zu rechnen ist.

Eine starke Modifizierung des bekannten Sproßstreckungseffektes gelang sowohl durch Variation der Gibberellinkonzentration als auch durch Variation der Behandlungshäufigkeit. Sortentypische Unterschiede im Längenwachstumseffekt wurden ebenfalls beobachtet. Die gegenseitige Beziehung zwi-

schen Schoßcharakter und gibberellininduzierter Streckung konnte jedoch bisher nur an Futterrüben wiederholt festgestellt werden. Bei Zuckerrübensorten ließen sich derartige Zusammenhänge noch nicht eindeutig beobachten. Es erscheint deshalb als sehr fraglich, auf Grund dieser vorläufig nur bei einigen Sorten festgestellten gegensinnigen Beziehung von Gibberellineffekt zu genetisch bedingter Schoßneigung eine neue Schoßprüfungsmethode auf sehr jungem Entwicklungsstadium entwickeln zu können.

Aus den durchaus erfolgreich verlaufenen Versuchen zur weiteren Blühbeschleunigung durch kombinierte Anwendung von photothermischer Induktion und Gibberellin kann der Schluß gezogen werden, daß hier der größte Nutzeffekt für die Zuckerrübenzüchtung liegen dürfte. Nach langjährigen Erfahrungen wirkt hinsichtlich der Erzielung des größtmöglichen Blüherfolges die Kombination $+8^{\circ}\text{C}$, Dauerlicht und im Abstand von 2 Tagen bis zum Erscheinen der ersten Blütenknospen durchgeführte Gibberellintröpfchenapplikation der Konzentration 10^{-4} optimal.

Der mit verschiedenen Gibberellinverdünnungen durchgeführte zweijährige Feldversuch erbrachte zwar zum großen Teil signifikante Wurzel- und Blattmehrerträge, die Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichem Nutzen und Gibberellinpreis entspricht jedoch einem Verhältnis von 1:50 (ohne Arbeitsaufwand durch die Besprühung). Aus diesem Grunde erscheint die Rentabilität der praktischen Anwendung von Gibberellin zur Erhöhung der Zuckerrüben-erträge für absehbare Zeit als sehr unwahrscheinlich. Die Möglichkeiten zur Erzielung von höheren Mehrerträgen durch Verbesserung der Methodik werden selbstverständlich geprüft, jedoch scheint mit der 18maligen Anwendung der Konzentration 10^{-4} die Optimaldosis bereits annähernd erreicht zu sein. Letzteres ergibt sich aus der durch zahlreiche Versuche bestätigten Beobachtung, daß stärkere, ja selbst gleiche Konzentrationen bei zu häufiger Anwendung oftmals toxisch wirkten. Außerdem wiesen die 10^{-4} -Wiederholungen dieses Feldversuches kurz vor der Ernte im Mittel bereits 9% „Gibberellinschösser“ auf. Es ist sehr wahrscheinlich, daß eine noch stärkere Konzentration den Anteil geschoßter Pflanzen weiter erhöht und den Zuckergehalt senkt, so daß sich hieraus neben einer Erschwerung des Vollerntemaschineneinsatzes ein Absinken des Zuckerertrages ergeben könnte.

Die in unserem Institut bisher durchgeführten Labor-, Gewächshaus- und Feldversuche zur Frage der Wirkung des Gibberellins auf Wachstum und Entwicklung von Zuckerrüben können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

1. Versuche, durch Anwendung verschiedener Gibberellinkonzentrationen eine Verbesserung der Keimfähigkeit zu erzielen, verliefen erfolglos. Die Verdünnungen 10^{-5} und 10^{-4} blieben in ihrer Wirkung indifferent, die Konzentrationen 10^{-3} und 10^{-2} übten einen negativen Einfluß aus.

2. Durch Variation von Behandlungshäufigkeit und Gibberellinkonzentration im Bereich der Verdün-

nungen 10^{-3} bis 10^{-5} konnte eine starke Modifizierung des bekannten Sproßstreckungseffektes erzielt werden. Steigender Konzentration und Behandlungshäufigkeit entsprach dabei stets zunehmendes Internodienwachstum.

3. Die Prüfung von 5 hinsichtlich ihres Schoßcharakters extrem veranlagten Futterrübensorten ergab zwischen genetisch bedingter Schoßneigung und gibberellininduziertem Streckungseffekt eine gegensinnige Beziehung derart, daß geringste Schoßneigung mit größter und stärkste Aufschußneigung mit geringster Internodienstreckung korrespondierte. Bei den geprüften Zuckerrübensorten konnte diese gegensinnige Beziehung jedoch nicht eindeutig festgestellt werden.

4. Photothermische Blühinduktion und Gibberellinanwendung wirkten in entsprechenden Versuchen additiv. Durch zusätzliche Gibberellintröpfchenapplikation (Verdünnung 10^{-4}) zur photothermischen Behandlung mit Temperaturen von $+8^{\circ}\text{C}$ und Dauerlicht gelang eine weitere echte Blühbeschleunigung.

5. Der mit den Konzentrationen 10^{-6} , 10^{-5} und 10^{-4} durchgeführte Gibberellinfeldversuch erbrachte signifikant höhere Wurzel- und Blatterträge zugunsten der Behandlungsart 10^{-4} . Da die Polarisierung entsprechend vermindert war, ergab sich für den Zuckerertrag keine signifikante Steigerung.

Literatur

1. CURTH, P.: Totaler Schoßeffect bei Zuckerrüben durch Anwendung von Gibberellinsäure. Zuckererzeug. 7, 176 (1959). — 2. DONA DALLE ROSE, A.: Action des acides gibberelliques sur la betterave à sucre. Ital. Agricola 57, 1047—1051 (1957). — 3. DONA DALLE ROSE, A.: Sull'impiego dell'acido gibberellico nella pratica della produzione dei semebietole e della selezione per la resistenza alla „prefioritura“. Agric. d. Venezia 13, 114—136 (1959). — 4. DOXTATOR, C. W.: Gibberellic acid effects on seed and seedlings of sugar beets. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 117—123 (1958). — 5. GASKILL, I. O.: Use of gibberellic acid to hasten reproductive development in seedlings. Sugar 53, 42 (1958). — 6. LAWSON, W. A.: Eine Wachstumsbeschleunigung durch Gibberellinsäure bei Zuckerrüben. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 181—186 (1958). — 7. MARGARA, I.: Comparaison de l'action de l'acide gibberellique dans le genre *Beta*. C. R. Seanc. Acad. Sci. 249, 751—753 (1959). — 8. PETERSON, D. F.: Effect of gibberellic acid on sugar beet. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 53—58 (1958). — 9. SNYDER, F. W.: Effect of gibberellin on germination and early growth of the sugar beet. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 394—395 (1959). — 10. SNYDER, F. W., and S. H. WITTWER: Some effects of gibberellin on stem elongation and flowering in sugar beets. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 553—561 (1959). — 11. STOUT, M.: Some effects of gibberellic acid on the physiology of sugar beets. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 305—310 (1958). — 12. STOUT, M., and F. V. OWEN: Effect of gibberellic acid on rate of bolting of annual beets. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 302—304 (1958). — 13. WHEATLEY, G. W., and R. T. JOHNSON: Studies on the use of gibberellic acid to induce flowering in sugar beets. J. Amer. Soc. Sug. Beet Techn. 10, 335—343 (1959). — 14. WITTWER, S. H., and M. J. BUKOVAC: Gibberellins — new chemicals for crop production. Quart. Bull. Michigan Agric. Expt. Stat. 39, 469—474 (1957). — 15. WÖHLERT, W.: Persönliche Mitteilungen 1960.