

schungsgemeinschaft gefördert, wofür auch hier gedankt wird.

## 6. Literatur

BERNARD-DAGAN, C., und BARADAT, TH.: Anwendung der Terpene als Hilfsmittel in der Forstgenetik. EEC Symposium on Forest Tree Biochemistry, Brüssel, S. 109–132 (1977). — BIESALSKI, E.: **Pflanzenfarbenatlas** für Gartenbau, Landwirtschaft und Forstwesen. Musterschmidt-Verlag, Göttingen, Berlin, **Frankfurt** (1957). — EVERS, F. H.: Genetische Unterschiede im Mineralstoffgehalt der Nadeln junger Fichten (*Picea abies* L. KARST.). Mitt. Verein Forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 23, 67–71 (1973). — SAUER, A.,

KLEINSCHMIT, J., und LUNDERSTÄDT, J.: Charakterisierung von Fichtenklonen (*Picea abies* KARST.) mit Hilfe morphologischer, physiologischer und biochemischer Methoden. Silv. Gen. 22, 173–182 (1973) (hier auch ausführliche Literaturangaben). — SQUILLAGE, A. E.: Analyse of Monoterpenes of Conifers by Gas-Liquid Chromatography. In: MIKSCH, J. P., and RHINLANER, J. P.: Modern Methods in Forest Genetics, S. 120–157 (1976). — SQUILLAGE, A. E.: Monoterpenzusammensetzung des Harzes kortikalen Gewebes bei *Pinus eliottii* und die Anwendbarkeit in der genetischen Forschung. EEC Symposium on Forest Tree Biochemistry, Session I, Brüssel, S. 39–54 (1977). — VOLKERT, E., und SCHNELLE, F.: Arboreta Phaenologica. Mitt. d. Arbeitsgemeinschaft Internat. Phaen. Gätren (1966).

# Versuche mit Fichtenpfropflingen zur Blühinduktion durch Wirkstoffbehandlung

Von H. BLEYMÜLLER

Institut für Forstpflanzenzüchtung, Samenkunde und Immissionsforschung, Amalienstr. 52, D-8000 München 40

(Eingegangen Dezember 1977 / Januar 1978)

## Zusammenfassung

Beschrieben werden zwei Versuche mit Wirkstoffkombinationen in einer Fichtensamenplantage (Anwendung der Wachstumsstoffe kurz vor dem Austreiben und der Hemmstoffe kurz vor und nach dem Abschluß des vegetativen Wachstums).

1974 wurde die Bildung weiblicher Blüten gefördert durch GA + CCC, IES + CCC und KI + MH, die Bildung männlicher Blüten dagegen ausnahmslos gehemmt. Der Kronenbereich des Blütenansatzes entsprach den bisherigen Kenntnissen (unten männlich, Mitte und oben weiblich), die Himmelsrichtung dagegen wurde durch die Behandlungen signifikant beeinflusst, und zwar förderte GA + CCC nur auf den lichtreicheren Baumseiten (Westen und Süden), KI + MH auch im Norden und Osten. Die Wiederholungen des Versuches 1976/77 brachten im wesentlichen eine Bestätigung der Ergebnisse von 1973/74, wenn auch hier keine Topophysiseffekte nachweisbar waren.

## Summary

Two trials with some combinations of growth regulators (GA + CCC, GA + MH, IES + CCC, IES + MH, KI + CCC, KI + MH, control) in a spruce seed orchard are described (application of growth stimulators shortly before sprouting, of growth inhibitors shortly before and immediately after the termination of the vegetative growth). In 1974 the induction of female flowers was promoted by GA + CCC, IES + CCC and KI + MH, male flowering was inhibited by all combinations. The location of flowers at the crown corresponded to the existing knowledge (i.e. male below, female middle and above). The position with regard to compass points, however, was significantly influenced by the treatments in such a way that GA + CCC promoted flowering only on the tree sides more exposed to light, i.e. west and south, KI + MH also on the northern and southern sides. The repetition of the trials 1976/77 confirmed essentially the results of 1973/74, despite the fact that effects of topophysis could not be proved.

Key words: Norway spruce, flowering, hormones, topophysis.

## 1. Einleitung

Blühstimulationsversuche an Coniferen zur Verbesserung der Züchtungsmethodik gibt es seit langem (z. B. HASHIZUME 1968, LONGMAN u. WAREING 1957, MATTHEWS 1963, MELCHIOR

1961, PHARIS 1976 a, b, WAREING u. LONGMAN 1960). Meist sollte dabei, aufbauend auf Erfahrungen an krautigen Pflanzenarten und Obstgehölzen, die Blütenbildung vor allem durch Veränderung der Ernährungsverhältnisse (Düngung und mechanische Verfahren wie z. B. Schnitte oder Strangulation) gefördert werden, weil eine Veränderung der Photo- oder Thermoperiode wegen der Unhandlichkeit des Versuchsmaterials außerordentlich schwierig war. Parallel zu diesen relativ wenig erfolgreichen Untersuchungen wurde auch immer wieder versucht, hypothetische Stoffwechselfvorgänge bei der Blütenbildung durch möglichst direkte Beeinflussung des genetischen Materials zu steuern, und zwar durch wachstumsregulierende Substanzen (native Phytohormone und synthetische Wirkstoffe) oder durch Nukleinsäuren (WARDELL 1976 an TABAK). Behandlungen mit derartigen Substanzen hatten auch an Pinaceen teilweise überraschend positive Ergebnisse (DUNBERG 1974, MELCHIOR u. KNAPP 1962, PHARIS 1976, PHARIS *et al.* 1976, ROSS u. PHARIS 1976, TOMPSETT 1976) leider aber bisher nicht bei *Picea abies*. Auch bei anderen Pinaceen konnte bis vor kurzem mehr oder weniger nur die Blühstärke adulter Pflanzen modifiziert werden, ohne daß eine denovo-Blühinduktion adulter oder gar juveniler Pflanzen erreichbar war.

Bei diesem Stand des Wissens erschien es zu Beginn der hier beschriebenen Untersuchungen sinnvoll, auf die Grundlagen der Kenntnisse oder Theorien über die Blütenbildung bei Pflanzen zurückzugreifen.

Es gibt im wesentlichen zwei Haupttheorien über die Voraussetzungen zur Induktion von Blütenknospen (= Blühinduktion). Die eine (CHAILACHJAN 1936, 1968 a, b, 1970, 1977, CARR 1967) vermutet als Ursache den Einfluß blühfördernd wirkender Stoff (Blühhormone, Anthesine, Vernalin), die andere (v. DENFFER 1950, BAXTER 1970) baut auf der morphologischen Erklärung der Blütenontogenese auf (= Blüten entstehen durch Wuchshemmung von Internodien) und nimmt deshalb an, daß Blüten gewissermaßen Nebenprodukte einer Hemmung des vegetativen Wachstums seien. In den letzten Jahren (BLEYMÜLLER 1973, 1977, SAURE pers. Mitt. 1972, THORNLEY 1972) wurde versucht, durch die Synthese beider Theorien eine Fülle bisher schwer erklärbarer Beobachtungen zu interpretieren. Die Frage, ob diese fördernden oder hemmenden Stoffe denovo gebildet werden oder ob sich nur ihre intrazelluläre Relation ändert, kann hier nicht geklärt werden. Beiden theoretischen Möglichkeiten widerspricht aber nicht die Annahme, daß

zur Induktion von Blütenanlagen mindestens zwei zeitlich genau determinierte Teilschritte nötig seien, nämlich eine starke vegetative Wuchsförderung kurz vor dem Austreiben und eine kräftige Wuchshemmung zum Zeitpunkt der Blühinduktion im Frühsommer.

## 2. Material und Methode

Ort: Samenplantage „Hochlagenfichte des Bayer. Waldes“, angelegt Frühjahr 1957 im Pflanzverband 5 × 5 m, Forstamt Landshut, Abt. Schwedenschanze.

Standort: Ausgangsmaterial Isarschotter, Bodenart schwach lehmiger Sand mit hohem Steinanteil. Wegen der starken anthropogenen Beeinflussung (Planierung) konnte sich noch kein einheitliches Bodenprofil ausbilden. Die beobachteten Profile enthalten A<sub>11</sub>-Horizonte wechselnder Mächtigkeit (0—10 cm) über C-Horizonten aus unverwittertem oder nur schwach angewittertem Schotter.

Tabelle 1. — Nährstoffgehalte (Nadelanalysen einer Mischprobe, Werte in %)

| Element | Probe | Zielwerte<br>(nach GUSSONE 1964) |
|---------|-------|----------------------------------|
| N       | 2.92  | 2.12                             |
| P       | 0.18  | 0.23                             |
| K       | 0.61  | 0.93                             |
| Mg      | 0.08  | 0.11                             |
| Ca      | 0.32  | 0.19                             |

(pH-Wert des Oberbodens 9.0 (in KCl))

Tabelle 2. — Meteorologische Daten aus den Agrarmeteorologischen Wochenhinweisen für die Station Weißenstephan 1973 und 1976 (Entfernung etwa 40 km, § = Behandlungswoche)

|                   |  | wöchentliche Sonnenscheindauer in Stunden<br>Versuchszeit | langjähriger<br>Durchschnitt | Temp. Min<br>°C | Temp. Max.<br>°C | Wasserbilanz<br>(Niederschlag ./.<br>Verdunstung in mm) |     |
|-------------------|--|---|------------------------------|-----------------|------------------|---|-----|
| <b>1973</b>       |  |   |                              |                 |                  |   |     |
| 26. 3. — 1. 4. §  |  | 29  |                              | —1 — +6         | 9 — 16           | — 7   |     |
| 2. 4. — 8. 4.     |  | 28  |                              | —4 — +5         | 5 — 14           | + 1   |     |
| 9. 4. — 15. 4.    |  | 13  |                              | —3 — 0          | 2 — 8            | +25   |     |
| 16. 4. — 22. 4.   |  | 24  |                              | —2 — 0          | 5 — 11           | +10   |     |
| 23. 4. — 29. 4.   |  | 40  | 134                          | 209             | —1 — +8          | 9 — 18  | — 7 |
| 30. 4. — 6. 5.    |  | 49  |                              |                 | 7 — 11           | 19 — 27   | —15 |
| 7. 5. — 13. 5.    |  | 36  |                              |                 | —1 — +8          | 10 — 18   | +11 |
| 14. 5. — 20. 5. § |  | 58  |                              |                 | 3 — 11           | 13 — 23   | —18 |
| 21. 5. — 27. 5.   |  | 75  | 218                          | 206             | 4 — 11           | 16 — 25   | — 2 |
| 28. 5. — 3. 6.    |  | 49  |                              |                 | 5 — 13           | 17 — 25   | — 2 |
| 4. 6. — 10. 6.    |  | 41  |                              |                 | 6 — 12           | 17 — 23   | —13 |
| 11. 6. — 17. 6.   |  | 71  |                              |                 | 5 — 13           | 17 — 26   | + 2 |
| 18. 6. — 24. 6.   |  | 32  |                              |                 | 9 — 13           | 13 — 23   | +40 |
| 25. 6. — 1. 7. §  |  | 66  | 259                          | 266             | 10 — 15          | 21 — 29   | —26 |
| Summe             |  | 611   | 681                          | —               | —                | — 1   |     |
| <b>1976</b>       |  |   |                              |                 |                  |   |     |
| 6. 5. — 12. 5. §  |  | 81  |                              |                 | 4 — 13           | 17 — 27   | —14 |
| 13. 5. — 19. 5.   |  | 68  |                              |                 | —1 — +8          | 12 — 24   | —12 |
| 20. 5. — 26. 5.   |  | 30  |                              |                 | 3 — 11           | 12 — 19   | +24 |
| 27. 5. — 2. 6.    |  | 36  | 215                          | 200             | 4 — 10           | 13 — 22   | +25 |
| 3. 6. — 9. 6.     |  | 73  |                              |                 | 4 — 11           | 11 — 25   | —19 |
| 10. 6. — 16. 6.   |  | 43  |                              |                 | 8 — 13           | 20 — 25   | — 1 |
| 17. 6. — 23. 6. § |  | 91  |                              |                 | 5 — 14           | 19 — 27   | —27 |
| 24. 6. — 30. 6.   |  | 98  | 305                          | 213             | 11 — 17          | 26 — 29   | —31 |
| 1. 7. — 7. 7.     |  | 97  |                              |                 | 8 — 16           | 26 — 31   | —34 |
| 8. 7. — 14. 7.    |  | 62  |                              |                 | 8 — 16           | 21 — 29   | —15 |
| 15. 7. — 21. 7.   |  | 57  |                              |                 | 13 — 17          | 23 — 33   | —10 |
| 22. 7. — 28. 7.   |  | 3   |                              |                 | 11 — 13          | 14 — 21   | +31 |
| 29. 7. — 4. 8. §  |  | 53  | 272                          | 291             | 5 — 12           | 18 — 27   | —12 |
| Summe             |  | 772   | 704                          | —               | —                | —95   |     |

Zeitpunkt: 30. 3. 1973, 17. 5. 1973, 26. 6. 1973

7. 5. 1976, 22. 6. 1976, 30. 7. 1976

Material: Fichtenpfropflinge 16- bzw. 19jährig

Allgemeine Versuchsparameter: Licht, Temperatur und Feuchtigkeit entsprachen den natürlichen Gegebenheiten (siehe Tab. 2).

Besondere Versuchsparameter:

a. Vorbehandlung, Düngung: Auf ganzer Fläche wurde am 28. 3. 1973 gedüngt mit:

500 kg/ha Ammonsulfatsalpeter mit Bor

700 kg/ha Superphosphat

900 kg/ha Kalimagnesia

b. Versuchsgruppen: Je 40 (1973), bzw. 30 (1976)

Bäume gehörten zu den folgenden Gruppen:

| 1973                   | 1976                   |
|------------------------|------------------------|
| GA (62.5 mg/l) +       | GA (50 mg/l) +         |
| CCC (als Cycocel       | CCC (als Cycocel       |
| (BASF) 2 g/l)          | (BASF) 2 g/l)          |
| GA + MH (2 g/l)        | GA + MH (1 g/l)        |
| IES (625 mg/l) + CCC   | IES (1000 mg/l) + CCC  |
| IES + MH               | IES + MH               |
| KI (6.25 mg/l) + CCC   | KI (10 mg/l) + CCC     |
| KI + MH                | KI + MH                |
| unbehandelte Kontrolle | unbehandelte Kontrolle |

1973 wurden GA, IES und KI in je 2.5 ml/l Äthanol gelöst und dann mit Wasser auf die benötigte Menge aufgefüllt. 1977 wurde auf Äthanol verzichtet. Jeder Baum erhielt etwa 5 l Lösung, der zuvor 1 g/l TWEEN 20 als Adhäsionsmittel zugesetzt worden waren. Die Gruppenzugehörigkeit der einzelnen Bäume war in

den beiden Behandlungsjahren verschieden. 1973 wurden alle Bäume innerhalb räumlich abgegrenzter Parzellen behandelt, 1976 dagegen zufällig ausgewählte Bäume, soweit sie einem von denjenigen 7 Klonen angehörten, die in genügend großer Zahl auf ganzer Fläche vertreten sind.

c. Behandlungsart: Die drei Wuchsförderer wurden am 30. 3. 1973 und am 7. 5. 1976, die beiden Wuchshemmer an den anderen Terminen mit Aufsattelspritze ausgebracht.

Messungen: Gipfeltriebzuwachs 1972, 1973, 1974

Brusthöhendurchmesser Frühjahr 1973, Herbst 1974, Herbst 1977 (Höhen konnten nicht gemessen werden, da alle Bäume 1970 geköpft worden waren).

Blütenbildung ( $\delta$  und  $\varphi$ ) im Jahr nach der Behandlung. Die Blüten wurden jeweils im Juni gezählt. Eine Bestimmung der Blütenprimordien kurz nach der Behandlung war unmöglich, da durch das Abschneiden sämtlicher Meristeme die Versuchspflanzen (Samenplantage) zu sehr geschädigt worden wären.

Eine Diskriminanzanalyse mit den Variablen Gipfeltriebzuwachs 1973 und 1974 und Zuwachs des Brusthöhendurchmessers (1974 ./ 1973) gleicher Klone auf den verschiedenen Versuchspartellen ermöglichte keine Absicherung standörtlicher Unterschiede auf der Versuchsfläche, so daß es zulässig scheint, von vergleichbaren Standortverhältnissen auszugehen.

1976 fielen über 40% der behandelten Bäume der Dürre

Tabelle 3. — Weibliche Blüten 1974

Anteil der blühenden Bäume in Prozent (100% = 1.0), Erwartungswerte nach Chi-Quadrat-Test  
Abweichungen über 0.1 (Erwartung/Beobachtung) sind unterstrichen

| Klon | GA + CCC | GA + MH | IES + CCC | IES + MH | KI + CCC | KI + MH | Kontrolle |
|------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|-----------|
| 1    | .73      | 0       | .34       | 0        | 0        | .25     | 0         |
| 26   | .38      | 0       | .18       | 0        | 0        | .13     | 0         |
| 29   | 0        | 0       | 0         | 0        | 0        | 0       | 0         |
| 35   | 0        | 0       | 0         | 0        | 0        | 0       | 0         |
| 38   | 1        | 0       | .55       | .11      | 0        | .39     | 0         |
| 40   | .32      | 0       | .15       | 0        | 0        | .11     | 0         |
| 50   | 0        | 0       | 0         | 0        | 0        | 0       | 0         |
| 62   | .71      | 0       | .34       | 0        | 0        | .24     | 0         |
| 64   | 1        | 0       | .48       | 0        | 0        | .35     | 0         |

Tabelle 4. — Männliche Blüten 1974

Anteil der blühenden Bäume in Prozent (100% = 1.0), Erwartungswerte nach Chi-Quadrat-Test  
Abweichungen über 0.2 (Erwartung/Beobachtung) sind unterstrichen

| Klon | GA + CCC | GA + MH | IES + CCC | IES + MH | KI + CCC | KI + MH | Kontrolle |
|------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|-----------|
| 1    | .06      | .21     | .19       | .10      | .22      | .20     | .29       |
| 26   | .08      | .25     | .24       | .12      | .27      | .24     | .36       |
| 29   | 0        | 0       | 0         | 0        | 0        | 0       | 0         |
| 35   | .14      | .47     | .44       | .23      | .49      | .45     | .66       |
| 38   | .22      | .73     | .68       | .35      | .77      | .69     | 1         |
| 40   | .27      | .89     | .84       | .43      | .95      | .85     | 1         |
| 50   | 0        | 0       | 0         | 0        | 0        | 0       | 0         |
| 62   | .01      | .03     | .02       | .01      | .03      | .02     | .04       |
| 64   | .13      | .43     | .40       | .21      | .45      | .41     | .60       |

Tabelle 5. — Weibliche Blüten 1974

Durchschnittliche Blütenzahl je Baum (blühend) nach Himmelsrichtungen  
Erwartungswerte nach Chi-Quadrat-Test, Abweichungen über 1.0 (Erwartung/Beobachtung) sind unterstrichen  
+ = Positive Abweichung — = Negative Abweichung

| Klon      | GA + CCC | GA + MH | IES + CCC | IES + MH | KI + CCC | KI + MH | Chi-Quadrat-Wert |
|-----------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|------------------|
| 1         | 1.6      | 1.1     | 1.5       | +1.1     | 1.6      | +1.1    | 11.8             |
|           | 0.6      | 0.7     | 0.6       | 0.7      | 0.4      | +0.4    |                  |
| 26        | 1        | 0       |           |          |          |         | 0                |
|           | 0        | 0       |           |          |          |         |                  |
| 38        | 0.7      | 2.9     | 0.3       | -1.2     |          |         | 6.9              |
|           | -1.4     | 0       | +0.6      | 0        |          |         |                  |
| 40        | +0.3     | 0.3     |           |          |          |         | 2.9              |
|           | 0        | 0.3     |           |          |          | 0.7     |                  |
| 62        | 2        | 0       |           |          |          | 0       | 0                |
|           | 0        | 0       |           |          |          | 0.7     |                  |
| 64        | -1.5     | 1       |           |          |          | +1.5    | 7.0              |
|           | 1        | 1       |           |          |          | 1       |                  |
| $\phi$ in | 33       | 32      |           |          |          |         | 7.6              |
| %         | 10       | 0       | 13        | (19)     | 12       | 45      |                  |
|           | 15       | 20      |           |          |          |         |                  |

Anordnung der Werte: S W  
N O

des Frühlommers zum Opfer. In die Auswertung werden daher nur die 121 gesund gebliebenen Bäume einbezogen.

Die sogenannten Erwartungswerte beim Chi-Quadrat-Test sind die Durchschnittswerte der jeweiligen Reihen (I) und Kolonnen (J) für jeden einzelnen Platz (I, J) in der Häufigkeitsmatrix.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Bildung weiblicher Blüten 1974

Von den beobachteten 275 Bäumen blühten 36, von den vorhandenen 53 Klonen 20. Leider waren nur 9 Klone so gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt, daß eine sinnvolle Auswertung möglich war. Allerdings umfassen diese 9 Klone 64% aller beobachteten Bäume.

Einzelne Werte wurden nach dem von MUDRA (1958, S. 276) angegebenen Verfahren ergänzt. Klonweise Unterschiede waren deutlich ( $\chi^2 = 90.6^{***}$  bei 8 FG), doch wurden durch die verschiedenen Behandlungsarten noch eindeutiger Unterschiede verursacht ( $\chi^2 = 1079.5^{***}$  bei 48 FG).

Für die Wirkstoffkombinationen GA + CCC, IES + CCC und KI + MH läßt sich eine blühhördernde Wirkung nachweisen. GA + CCC und IES + CCC förderten die Blütenbildung an sich (Anteil der blühenden Bäume eines Klones), während KI + MH vor allem die Zahl der Blüten an blühenden Bäumen steigerte. Dabei reagierten die einzelnen Klone gleichsinnig auf die verschiedenen Wirkstoffkombinationen (Heterogenität  $\chi^2 = 4.2$  bei 48 FG). Bei den übrigen Behandlungen und der Kontrolle war keine Blütenbildung festzustellen (siehe Tab. 3 und 5). Das Blühverhalten der einzelnen Klone läßt sich nicht mit dem Mutterbaumalter oder dem Durchmesser korrelieren.

#### 3.2 Bildung männlicher Blüten 1974

46 Bäume hatten männliche Blüten. Da auch bei der unbehandelten Kontrolle mehrere Bäume männlich blühten, war zu prüfen, ob durch die Behandlungen ein von der Kontrolle abweichendes Verhalten erreicht wurde. Es zeigte sich, daß bei deutlichen klonweisen Abstufungen durch die Anwendung der Wirkstoffkombinationen überall eine Hemmung der Bildung männlicher Blüten eintrat, und zwar am stärksten bei GA + CCC, am geringsten bei KI + CCC und IES + MH ( $\chi^2 = 6.4$  bei 48 FG) (Tab. 4).

#### 3.3 Blütenbildung 1977

Männliche Blütenbildung konnte nicht beobachtet werden. Weiblich blühten von den beobachteten 121 Bäumen 40 (siehe Tab. 6). Während kein Baum der Kontrolle blühte, konnte durch alle Behandlungen eine Förderung des Anteils blühender Bäume je Klon erreicht werden, und zwar

besonders durch GA + CCC, GA + MH und IES + CCC ( $\chi^2 = 21$  bei 25 FG). Demgegenüber wurde die durchschnittliche Blütenzahl je Baum (blühend) vor allem gesteigert durch KI + MH, GA + CCC und IES + CCC (siehe Tab. 7). Korrelationen zwischen Mutterbaumalter und Durchmesser und Blütenbildung lassen sich nicht absichern.

#### 3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse 1974/1977

Die weibliche Blütenbildung wurde in beiden Jahren gefördert durch die Wirkstoffkombinationen GA + CCC, IES + CCC und KI + MH. Die scheinbare Förderung durch GA + MH im Jahre 1977 hat statistische Gründe. Der tatsächlich beobachtete Anteil blühender Bäume, z. B. bei dem am häufigsten vertretenen Klon 1 ist mit 0.14 der geringste aller Behandlungen (außer Kontrolle). Eine Interpretation muß daher unterbleiben. Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen waren in beiden Jahren deutlich, doch betrafen sie nur das Ausmaß, nicht aber die Richtung der Behandlungswirkung.

#### 3.5 Himmelsrichtung des Blütenansatzes

Die Feststellungen bei männlichen Blüten (1974) stimmen sehr gut mit der Erwartung überein, daß im Süden 33%, im Westen 26%, im Norden 21% und im Osten 20% der gebildeten Blüten wuchsen ( $\chi^2 = 6.1$  bei 18 FG). Ebenfalls statistisch gesichert ist das Ergebnis bei den weiblichen Blüten (1974) ( $\chi^2 = 7.5$  bei 18 FG), wonach im Süden 33%, im Westen 32%, im Osten 20% und im Norden 15% der Blüten gebildet wurden (Tab. 5). Dagegen läßt sich die (ausschließlich) weibliche Blütenbildung 1977 nicht mit der Himmelsrichtung korrelieren (Tab. 7). Da die Beobachtungen sehr gut der Erwartung entsprechen, daß im Süden 25%, im Norden 25%, im Osten 27% und im Westen 23% der Blüten wuchsen ( $\chi^2 = 3.6$  bei 18 FG), liegen die Unterschiede im Zufallsbereich.

#### 3.6 Höhe des Blütenansatzes

An jedem Baum wurde die Lage der Blüten im unteren, mittleren und oberen Kronendrittel bestimmt. Die Beobachtungen stimmen gut mit den Erwartungen überein:

Weibliche Blüten 1974 ( $\chi^2 = 9.8$  bei 10 FG)  
unten 24% Mitte 45% oben 31%

Weibliche Blüten 1977 ( $\chi^2 = 1.8$  bei 10 FG)  
unten 4% Mitte 48% oben 48%

Männliche Blüten 1974 ( $\chi^2 = 2.9$  bei 8 FG)  
unten 57% Mitte 43% oben 0%

Signifikante Abweichungen von diesem Schema durch die Behandlungen gibt es in keinem Fall.

Tabelle 6. — Weibliche Blüten 1977

Anteil der blühenden Bäume in Prozent (100% = 1.0), gewichtet mit der Baumzahl der Klone  
Erwartungswerte nach Chi-Quadrat-Test  
Abweichungen über 1.0 (Erwartung/Beobachtung) sind unterstrichen

| Klon   | GA + CCC | GA + MH | IES + CCC | IES + MH | KI + CCC | KI + MH | Kontrolle |
|--------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|-----------|
| 1      | .38      | .34     | .42       | .21      | .24      | .23     | 0         |
| 26     | .30      | .26     | .33       | .16      | .19      | .18     | 0         |
| 29     | .84      | .75     | .93       | .45      | .53      | .50     | 0         |
| 35     | .56      | .50     | .62       | .30      | .35      | .33     | 0         |
| 38     | .84      | .75     | .93       | .45      | .53      | .50     | 0         |
| 40     | .63      | .56     | .70       | .34      | .40      | .38     | 0         |
| 50     | 0        | 0       | 0         | 0        | 0        | 0       | 0         |
| $\phi$ | 21%      | 19%     | 23%       | 11%      | 13%      | 12%     | 0%        |

Tabelle 7. — Weibliche Blüten 1977

Durchschnittliche Blütenzahl je Baum (blühend) nach Himmelsrichtungen  
 Erwartungswerte nach Chi-Quadrat-Test, Abweichungen über 1.0 (Erwartung/Beobachtung) sind unterstrichen  
 + = Positive Abweichung — = Negative Abweichung

| Klon   | GA + CCC      | GA + MH      | IES + CCC   | IES + MH     | KI + CCC   | KI + MH      | Chi-Quadrat-Wert |
|--------|---------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------------|
| 1      | 11.9<br>9.2   | 10.3<br>-8.0 | 11.9<br>9.2 | 11.9<br>12.0 | 4.2<br>3.3 | 12.0<br>9.3  | 12.0<br>7.8      |
| 26     |               | 9.6<br>-15.1 |             |              | 2.0<br>2.5 | +1.4<br>-1.7 | +2.2<br>1.7      |
| 29     | 6.6<br>6.1    | 11.8<br>0.8  | 2.8<br>2.6  | 2.2<br>2.2   | 4.0<br>3.7 | 3.2<br>3.4   | 7.4              |
| 35     | +10.4<br>13.0 | 0.7<br>+0.7  | 2.4<br>3.0  | 2.1<br>+2.4  |            |              | 12.8             |
| 38     | +1.2<br>1.0   | 0.3<br>+0.2  | 4.0<br>3.1  | 2.3<br>3.6   | 0.6<br>0.5 | 0.4<br>+0.6  | 17.1             |
| 40     | 0.2<br>+0.3   | 0.2<br>3.6   | 3.1<br>4.8  | 2.7<br>7.4   |            |              | 5.0              |
| φ in % | 25<br>21      | 23<br>16     | 17<br>13    | 9<br>24      | 9          | 24           | 3.6              |

Anordnung der Werte: S W  
N O

#### 4. Diskussion

Die Bildung männlicher Blüten erfordert grundsätzlich andere Voraussetzungen als die Bildung weiblicher Blüten. Die Ursachen der unterschiedlichen weiblichen Blütenbildung bei den einzelnen Versuchsgruppen können nicht Standorts- und Ernährungsunterschiede sein, da solche nicht nachweisbar sind. Witterungsverhältnisse können zwar bei Fichte die Blütenbildung fördern (BRONDO 1970), doch sind auch sie nicht die entscheidende Ursache, da die Kontrolle nicht blühte und da die Blütenbildung bei den verschiedenen Behandlungsarten hochsignifikant unter-

schiedlich war. Deshalb bleibt nur die Wirkstoffbehandlung als entscheidende Ursache der Versuchsergebnisse übrig. Von untergeordneter Bedeutung ist es hierbei, daß die Wirkstoffe vielleicht nur andere positive Einflüsse modifizierten. Wichtig ist, daß durch die Behandlung mit einzelnen Wirkstoffkombinationen eine Schranke unbekannter Höhe überwunden werden konnte, was bei anderen nicht möglich war.

Ebenso kann mit Sicherheit angenommen werden, daß durch die Behandlungen nur die Blühinduktion im Sommer vor der Blüte, nicht aber die darauf folgende Blütendifferenzierung beeinflußt wurde, wofür allein schon der Zeitpunkt der Behandlungen spricht. Da alle bisherigen Kenntnisse (ELIASSON 1971, HEWETT u. WAREING 1973, HOLLIS u. TEPER 1971, ZEEVART 1971) auf eine relativ rasche Wiederherstellung der natürlichen Wirkstoffgehalte verschiedener Pflanzenarten nach Wirkstoffanwendung hindeuten, wären Steuerungsvorgänge bei der Blütendifferenzierung mehrere Monate nach der Behandlung unwahrscheinlich.

Weiter werfen die Versuchsergebnisse folgende Fragen auf:

1. Beruht die Förderung der Blütenbildung auf dem Einfluß von Wachsförderern oder Wuchshemmern allein oder auf der Wirkung der Kombinationen?
2. Ist der Einfluß von Wuchs- oder Hemmstoffen unspezifisch oder streng substanzspezifisch?

Die erste Frage läßt sich relativ einfach beantworten. Jeder Wachsstoff ist bei zwei verschiedenen Versuchsgruppen verwendet worden, jeder Hemmstoff bei drei. Da nur GA + CCC, IES + CCC und KI + MH gesichert fördernd wirkten, die Wiederholungen der Einzelsubstanzen aber nicht (auch bei CCC fehlte KI + CCC), muß davon ausgegangen werden, daß die Wirkung vor allem auf der Interaktion der verwendeten Substanzen beruhte. Auch die bisherigen Versuche mit diesen Substanzen (BONNET-MASIMBERT 1971, DUNBERG 1972, 1974, DUNBERG u. ELIASSON 1972, HASHIZUME 1968, MELCHIOR u. KNAPP 1972, PHARIS 1976, PHARIS u. OWENS 1966, PHARIS *et al.* 1976, TOMPSETT 1976) hatten bei der Einzelanwendung meist nur relativ geringe Erfolge. Daraus ergibt sich auch die Antwort auf die zweite Frage. Es scheint nämlich nicht wahrscheinlich zu sein, daß fördernde oder hemmende Substanzen völlig frei wählbar sein können. Gerade die Tatsache, daß die drei erfolgreichen Kombinationen sich aus verschiedenen Einzelsubstanzen (mit Ausnahme von zweimal CCC) zusammensetzen, deutet auf spezifische gegenseitige Einflußnahme innerhalb der Kombinationen hin, was auch in der Literatur allgemein angenommen wird (JANSEN 1969, HESS 1970, LESHEM 1973, WEAVER 1972).

Ähnliche Erfahrungen mit Kombinationen von Substanzen aus bestimmten Stoffgruppen beschreibt TOMPSETT (1976), der die Blütenbildung an Sitkafichte durch die Kombination einer Mischung aus verschiedenen Gibberellinen und dem Cytokinin Benzyladenin besonders steigern konnte.

Wenn eine so spezifische Interaktion vorliegt, dann würde sich eigentlich die Frage aufdrängen, welche Gründe die positive Wirkung einzelner Kombinationen verursacht haben. Die Beantwortung dieser Frage würde aber bedeuten, daß Erkenntnisse, die die molekularbiologische Forschung an krautigen Pflanzen gewonnen hat, auf Fichte übertragen werden müßten. Bis zur derzeit versuchten Klärung des Problems, ob dies möglich ist, muß auf Interpretationsversuche im molekularbiologisch-genetischen Bereich verzichtet werden.

Die Höhe des Blütenansatzes wurde durch die Behand-

lungen nicht beeinflusst. Sie entspricht voll den bisherigen Kenntnissen (siehe ROHMEDER u. SCHÖNBACH 1959). Anderes gilt für die Himmelsrichtung des Blütenansatzes. Hier wirkt die Kombination KI + MH auch auf den energieärmeren Seiten des Baumes (Norden und Osten) fördernd, während die positive Wirkung von GA + CCC auf die energiereicheren Seiten Westen und Süden beschränkt war. Für IES + CCC lassen sich eindeutige Ergebnisse nicht formulieren.

Dieses Ergebnis weist in ähnliche Richtung wie die in der Literatur (siehe JANSEN 1969) beschriebene bisherige Erfahrung, daß durch Gibberelline vor allem der Abbau von Reservestoffen beschleunigt oder deren Neubildung gehemmt wird. Dies kann bei längerer Gibberellinbehandlung zu Wuchsdepressionen führen (BLEYMÜLLER 1977).

Insgesamt bestätigen damit die Versuchsergebnisse für Fichte die Wahrscheinlichkeit der eingangs (BLEYMÜLLER 1973, SAURE pers. Mitt. 1972, THORNLEY 1972) erwähnten Vermutung, daß der Induktion weiblicher Blüten eine starke Hemmung des vegetativen Wachstums vorausgehen müsse, nachdem dieses zunächst beim Austreiben kräftig gefördert worden war. Diese Beeinflussung des vegetativen Wachstums mit dem Ziel einer Förderung der Blütenbildung ist aber nicht mit beliebigen Wirkstoffen, sondern nur mit ganz bestimmten Kombinationen erfolgreich.

Weitere Untersuchungen dieser Probleme, vor allem mit molekular-biologischer Fragestellung erscheinen zwingend notwendig und aussichtsreich.

Abkürzungen:

CCC = Chlorcholinchlorid (Chlormequat), GA = Gibberellinsäure (GA<sub>3</sub>), IES = Indol-3-essigsäure, KI = Kinetin, MH = Maleinhydrazid.

#### Literaturverzeichnis

ANONYMUS: Agrarmeteorologische Wochenhinweise. Deutscher Wetterdienst 1973, 1976. — BAXTER, P.: The flowering process — a new theory. In: CARR, D. J.: Plant growth substances. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, 1970, S. 775—779. — BLEYMÜLLER, H.: Blühstimulation. *Silvae Genet.* 22, 45—50 (1973). — BLEYMÜLLER, H.: Untersuchungen über den Einfluß von Wirkstoffbehandlung, Pfropfung und Umweltveränderung auf das vegetative Wachstum und die Blühinduktion bei Fichte und Kiefer (*Picea abies* (L.) KARST. und *Pinus silvestris* L.). Forschungsberichte der Forstlichen Forschungsanstalt München, Nr. 31 (1977). — BONNET-MASIMBERT, M.: Induction florale précoce chez *Cupressus arizonica* et *Chamaecyparis lawsoniana*. Action de l'acide gibberellique et d'autres substances de croissance. *Silvae Genet.* 20, 82—90 (1971). — BRØNDBO, P.: The effect of meteorological factors on the flowering intensity and cone crop of *Picea abies* in Southeastern Norway. IUFRO Sect. 22, Proc. of the Meeting "Sexual Reproduction of Forest Trees", Finland 1970. — CARR, D. J.: The relationship between florigen and the flower hormones. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 144, 305—312 (1967). — CHAILACHJAN, M. K.: On the hormonal theory of plant development. *C. R. Acad. Sci. UdSSR* 3, 443—447 (1936 b). — CHAILACHJAN, M. K.: Internal factors of plant flowering. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 19, 1—36 (1968). — CHAILACHJAN, M. K.: Flowering hormones of plants. In: WIGHTMAN, F. u. SETTERFIELD, G.: Biochemistry and physiology of plant growth substances. The Runge Press, Ottawa, S. 1317—1340 (1968). — CHAILACHJAN, M. K.: Hormonal regula-

tion of plant flowering in different photoperiodic groups. In: CARR, D. J.: Plant growth substances. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, S. 745—752 (1970). — CHAILACHJAN, M. K.: Hormonal regulators of plant flowering. In: PILET, P. E.: Plant growth regulation. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, S. 258—272 (1977). — DENFFER, D. v.: Blühormon oder Blühhemmung? Neue Gesichtspunkte zur Physiologie der Blütenbildung. *Naturwissenschaften* 37, 296—301 und 317—321 (1950). — DUNBERG, A.: Physiological aspects on seed production in Spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). Symp. Sexual Reproduction in Conifers, Nowosibirsk (1972). — DUNBERG, A.: Occurrence of gibberellin-like substances in Norway-spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) and their possible relation to growth and flowering. *Stud. forest. succ.*, Nr. 111 (1974). — DUNBERG, A., und ELIASSON, L.: Effects of growth retardants on Norway Spruce (*Picea abies*). *Physiol. Plant.* 26, 302—305 (1972). — ELIASSON, L.: Growth regulators in *Populus tremula*. III. Variation of auxin and inhibitor level in roots in relation to root sucker formation. *Physiol. Plant.* 25, 118—121 (1971). — GUSSONE, H. A.: Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV Bayer. Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien, 98 S. (1964). — HASHIZUME, H.: Chemical regulation of flower bud formation in conifers. *J. Japan. Forest. Soc.* 50, 14—16 (1968). — HESS, D.: Pflanzenphysiologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 367 S. (1970). — HEWETT, E. W., und WAREING, P. F.: Cytokinins in *Populus × robusta* (SCHNEID): light effects on endogenous levels. *Planta* 114, 119—129 (1973). — HOLLIS, C. A., und TEPPER, H. B.: Auxin transport within intact dormant and active White Ash shoots. *Plant Phys.* 48, 146—149 (1971). — JANSEN, H.: Wuchs- und Hemmstoffe im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 135 S. (1969). — LESHEM, Y.: The molecular and hormonal basis of plant growth regulation. Pergamon Press Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig, 156 S. (1973). — LONGMAN, K. A., and WAREING, P. F.: Studies of the physiology of flowering in forest trees. *Rept. Forest. Res., Forest. Comm.* 106—107, (1956/57, 1957). — MATTHEWS, J. D.: Factors affecting the production of seed by forest trees. *Forest. Abstr.* 1, I—XIII (1963). — MELCHIOR, G. H., und KNAPP, R.: Gibberellin-Wirkungen an Bäumen. *Silvae Genet.* 11, 29—39 (1962). — MELCHIOR, G. H.: Beeinflussung der Blütenbildung von Waldbäumen. *Umschau in Wissenschaft und Technik* 61, 626—629 und 662—665 (1961). — MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 336 S. (1958). — PHARIS, R. P.: Manipulation of flowering in conifers through the use of plant hormones. In: MIKSCH, J. P.: Modern Methods in Forest Genetics. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, S. 265—282 (1976). — PHARIS, R. P., and OWENS, J. N.: Hormonal induction of flowering in conifers. *Yale Scientific Magazine*, Nor. 1966. — PHARIS, R. P., ROSS, S. D., WAMPLE, R. L., and OWENS, J. N.: Promotion of flowering in conifers of the Pinaceae by certain of the gibberellins. *Acta Horticult.* 56, 155—162 (1976). — ROSS, S. D., and PHARIS, R. P.: Promotion of flowering in the Pinaceae by gibberellins. I. Sexually mature, non-flowering grafts of Douglas-Fir. *Physiol. Plant.* 36, 182—186 (1976). — ROHMEDER, E., und SCHÖNBACH, H.: Genetik und Züchtung der Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg — Berlin, 339 S. (1959). — THORNLEY, J. H. M.: A model of a biochemical switch, and its application to flower initiation. *Ann. Bot.* 36, 861—871 (1972). — TOMPSETT, P. B.: Control of flowering in Sitka spruce. *Rept. Forest. Res., Forest. Comm.*, 61—62 (1976). — WARDELL, W. L.: Floral transformation of vegetative plants by solutions containing deoxyribonucleic acid extracted from stems in a floral state. *Acta Horticult.* 56, 281—290 (1976). — WAREING, P. F., and LONGMAN, K. A.: Studies on the physiology of flowering in forest trees. *Extr. from Rept. Forest. Res., Forest. Comm.*, 109—110 (1958/59, 1960). — WEAVER, R. J.: Plant growth substances in agriculture. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 594 S. (1972). — ZEEVART, J. A. D.: Effects of photoperiod on growth rate and endogenous gibberellins in the long-day rosette plant Spinach. *Plant Physiol.* 47, 821—827 (1971).