

Pflanzen mit den Farbmutanten *semialbino*, *albino* und *rosa* gaben einheitlich normal behaarte, violett blühende Bastarde.  $F_2$ -Auszahlungen liegen noch nicht vor. (*Pulsatilla* läßt sich als Wildpflanze nur schwer kultivieren und reagiert auf Kulturmaßnahmen und vor allem auf ungünstigen Boden äußerst empfindlich. Hinzu kommen Inzuchtdepressionen, so daß die Pflanzen häufig bereits vor der Blüte eingehen. Daraus erklärt sich auch das Fehlen von Spaltungszahlen blühender Pflanzen in obigen Aufstellungen.)

### Zusammenfassung

Mit Hilfe zahlreicher Kreuzungsexperimente wurden bei *Pulsatilla* 2 Behaarungsgene, *C* und *P*, festgestellt. Aus den Spaltungsverhältnissen wurde auf vollständige Dominanz von *C*, unvollständige Dominanz und Pleiotropie von *P* geschlossen. *ccPp*-Typen sind vegetativ normal, zeigen jedoch am Involukrum eine schwächere Behaarung und eine nur teilweise Färbung

der Blüten. Wahrscheinlich umweltbedingt treten Übergänge zu normal auf. Doppelt rezessive *glabra*-Pflanzen sind vollständig kahl mit schwach teilgefärbten bis farblosen Blüten. Beziehungen der Gene *C* und *P* zu anderen *Pulsatilla*-Farbmutanten konnten noch nicht festgestellt werden.

### Literatur

1. HUMMEL, K.: Über Temperaturen in Winterknospen bei Frostwitterung. Meteorologische Rundschau 1, 147—150 (1947). — 2. KAPPERT, H.: Die Genetik des *incana*-Charakters und der Anthozyanbildung bei der Levkoje. Der Züchter 19, 289—297 (1949). — 3. KAPPERT, H.: Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Züchtung. 2. Auflage, Berlin 1953. — 4. SHULL, G. H.: Duplicate genes for capsuleform in *Capsella bursa pastoris*. Zeitschrift für Abstammungs- und Vererbungslehre 12, 97—149 (1914). — 5. SIRKS, M. I.: The genotypic character of some aberrant forms of *Lamium*. Genetica 7, 253—272 (1925). — 6. ZIMMERMANN, W., D. WOERNLE und L. WARTH: Genetische Untersuchungen an *Pulsatilla*. V. Die Entwicklung von Haaren und Spaltöffnungen bei *Pulsatilla*. Zeitschrift für Botanik 41, 227—246 (1953).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz  
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Chromosomenstudien in der Gattung *Trifolium* und phylogenetische Betrachtungen zum Weißklee (*Trifolium repens* L.)

Von H. TIEMANN und J. SCHREITER

Mit 6 Abbildungen

Den ersten Hinweis über die Chromosomenzahl bei Weißklee mit  $n = \text{ca. } 12$  gibt MARTIN (1914). BLEIER (1925 a, b) weist die haploide Zahl mit  $n = 14$  nach, während ERITH (1924), KARPETSCHENKO (1925), WEXELSEN (1928), KAWAKAMI (1930), SENN (1938), WIFF (1939), ATWOOD und HILL (1940), ARUTINOVA (1940), A. und D. LÖVE (1944), LEVAN (1945), ZWINGLI (1956) und JULÉN (1959) von  $n = 16$  bzw.  $2n = 32$  berichten. Die Mehrzahl der untersuchten Arten in der Gattung *Trifolium* hat die Chromosomen-Grundzahl 8 und ist diploid (TISCHLER 1950, DARLINGTON und WYLIE 1955). *Trifolium repens* geht demnach auf die Grundzahl 8 zurück und muß mit 32 Chromosomen im Soma als eine tetraploide Form betrachtet werden.

Die für die Züchtungsarbeit wichtige Frage, ob diese 32-chromosomige Form auto- oder allopolyploider Natur ist, wurde von ATWOOD und HILL (1940) und ARUTINOVA (1940) behandelt. Während die ersten beiden Autoren Allopolyploidie annehmen, vermutet letzterer autopolyploide Entstehung.

Im Hinblick auf diese widersprechenden Ergebnisse wurde die Mitose und Meiose von verschiedenen Sorten bzw. Herkünften unter besonderer Berücksichtigung der Chromosomenmorphologie und -zahl untersucht.

### Material und Methoden

Untersucht wurden insgesamt 12 Weißkleesorten bzw. -herkünfte:

USA	F. C. 24,667 Common Oregon F. C. 32,582 Oregon Certified Ladino
England	Dutch White Clover Kersey White Clover
Dänemark	Milka
Kanada	Duron

Ungarn	Táplánszentkeresztzi
Japan	Lodi-Weißklee
Deutschland	Gigant Chiemgauer Probsteidaer Mecklenburger

und die Schwedenkleesorte „Mitteldeutscher“.

Von den 12 Weißkleesorten bzw. -herkünften wurden für die Meioseuntersuchungen je 50 übersichtliche Metaphase I-Platten aus den Pollenmutterzellen (PMZ) von 5 verschiedenen Pflanzen ausgewertet. Die erforderlichen Blütenköpfchen sind im Sommer 1959 und 1960 in Carnoy [Alkohol:Eisessig (AE) 3:1] fixiert worden<sup>1</sup>. Das Freilegen der sehr kleinen Antheren mußte unter dem Zeiss'schen Stereomikroskop „SM XX“ vorgenommen werden. Eine gute Farbintensität der Chromosomen ist mit 4%iger Karminessigsäure (KES) zu erreichen, wenn die Antheren vor dem eigentlichen Anfärben eine Stunde mit 4%igem Ferriammoniumsulfat behandelt werden (BROWN 1949).

Für die Mitoseuntersuchungen wurden 1958 von den 12 Weißkleesorten bzw. -herkünften und den aus diesem Ausgangsmaterial durch Genomverdoppelung hervorgegangenen Formen ( $C_1$ ) je 100 günstige Metaphaseplatten in Wurzelspitzen ausgewertet. Mit der gleichen Anzahl auswertbarer Platten untersuchten wir von den Sorten bzw. Herkünften neben der  $C_1$  1959 die  $C_2$  und 1960 die  $C_3$  sowie 31 Samen, die 1960 aus Kreuzungen zwischen 32- und 64-chromosomigem Weißklee der ungarischen Herkunft „Táplánszentkeresztzi“ hervorgingen. Weitere mitotische Unter-

<sup>1</sup> Fräulein LIESELOTTE MAASS sei an dieser Stelle herzlich für ihre gewissenhafte Mitarbeit gedankt.

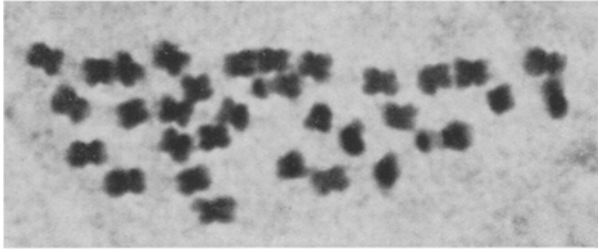


Abb. 1. *Trifolium repens*, Sorte „Probstheidaer“, Wurzelspitze, Metaphase mit 32 Chromosomen. — Links: Mikrophotographie; rechts Zeichnung (Vergrößerung 2.400×).

suchungen sind in gleicher Weise bei diploidem und tetraploidem ( $C_7$ ) Schwedenklee (*Trifolium hybridum* L.) durchgeführt worden.

Zu diesem Zweck wurden Samen auf dem Keimapparat (Fabrikat Jakobsen) angekeimt und anschließend die Wurzelspitzen bei einer Keimwurzellänge von 3—5 mm in 8-Oxychinolin (0,003 molare Lösung) 1 bis 1,5 Stunden überführt (TJIO und LEVAN 1950). Die Fixierung erfolgte wiederum in AE 3:1, die Färbung 40 Stunden in KES. Die besten Quetschpräparate wurden über Trockeneis-Alkohol zu Euparal-Dauerpräparaten verarbeitet. Die Keimlinge selbst sind im Gewächshaus kultiviert und als Pflanzen für weitere Untersuchungen im Freiland ausgepflanzt worden.

### Ergebnisse

Geeignete Metaphaseplatten in Wurzelspitzen sind leichter aufzufinden als entsprechende Stadien in der Meiose. Die gewünschten meiotischen Teilungsstadien der PMZ fanden wir schließlich in Blütenköpfchen mit einem Durchmesser von 2—3 mm. In Metaphaseplatten von Wurzelspitzen konnten neben der Ermittlung der Chromosomenanzahl auch an bestimmten Chromosomen morphologische Strukturuntersuchungen durchgeführt werden.

### Die Chromosomenanzahl

Die Chromosomenzählungen von den 12 Weißkleearten bzw. -herkünften an Wurzelspitzen ergaben ausnahmslos 32 Chromosomen und in der Metaphase I der PMZ grundsätzlich 16 Bivalente (Abb. 1, 2). Beim Schwedenklee beträgt die diploide Anzahl 16 Chromosomen (Abb. 3). Die  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  von Weißklee wiesen im Soma 64, die  $C_7$  von Schwedenklee 32 Chromosomen auf (Abb. 4, 5). Von den 31 Hybridsemen der ungarischen Herkunft „Táplánszentkereszt“ keimten 18, die nach Wurzelspitzenuntersuchungen als 48-chromosomige Formen identifiziert wurden (Abb. 6).

### Die Chromosomenmorphologie

WEXELSEN (1928) schreibt in „Chromosome numbers and morphology in *Trifolium*“ auf Seite 369: „In one plate of *Trifolium repens* 1 pair of satellited chromosomes was seen, so it is probable that *repens* has

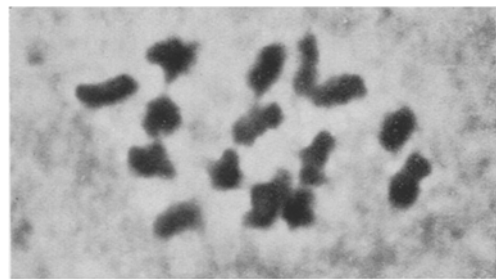


Abb. 2. *Trifolium repens*, Sorte „Probstheidaer“, PMZ, Metaphase I mit 16 Bivalenten (Vergrößerung 2.400×).



Abb. 3. *Trifolium hybridum*, Sorte „Mitteldeutscher“, Wurzelspitze, Metaphase mit 16 Chromosomen. — Links: Mikrophotographie; rechts: Zeichnung (Vergrößerung 2.400×).

satellited chromosomes.“ Bei unseren Untersuchungen konnten am 32-chromosomigen Weißklee aller 12 Sorten bzw. Herkünfte in den Metaphasen der Wurzelspitzen stets 2 SAT-Chromosomen, am 48-chromosomigen 3 und am 64-chromosomigen 4 Trabanten beobachtet werden (Abb. 1, 4, 6). In der Chromosomenengarnitur des diploiden Schwedenklee wurden 2, in der des tetraploiden 4 SAT-Chromosomen festgestellt (Abb. 3, 5).

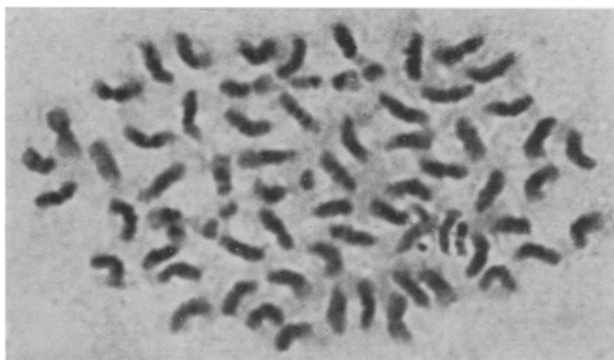


Abb. 4. *Trifolium repens*, Herkunft „Lüsewitz 4106“, Wurzelspitze, Metaphase mit 64 Chromosomen. — Links: Mikrophotographie; rechts: Zeichnung (Vergrößerung 2.400×).

Die Meiose in den PMZ verlief beim 32-chromosomigen Weißklee aller untersuchten Sorten bzw. Herkünfte ohne Störungen. Die untersuchten Metaphase I-Platten zeigten keinerlei Multivalentanordnungen.

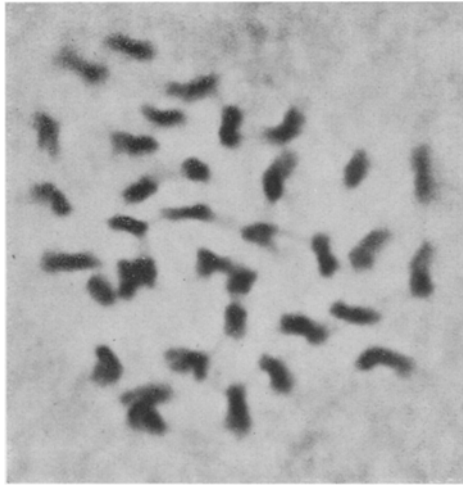


Abb. 5. *Trifolium hybridum*, Herkunft „Lüsewitz 1232“, Wurzelspitze, Metaphase mit 32 Chromosomen. — Links: Mikrophotographie; rechts: Zeichnung (Vergrößerung 2.400×).

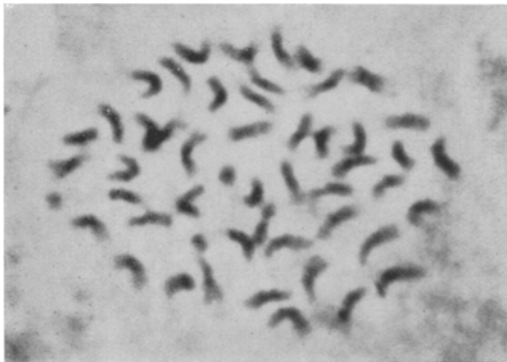


Abb. 6. *Trifolium repens*, Herkunft „Lüsewitz 4106 × 06“, Wurzelspitze, Metaphase mit 48 Chromosomen. — Links: Mikrophotographie; rechts: Zeichnung (Vergrößerung ca. 2.400×).

### Diskussion der Ergebnisse

Die Angaben über die haploide Chromosomenzahl bei Weißklee von MARTIN (1914) mit  $n = ca. 12$  und BLEIER (1925 a, b) mit  $n = 14$  konnten von uns ebenfalls nicht bestätigt werden. Wir fanden grundsätzlich die bereits von anderen Autoren angegebene Zahl von 32 Chromosomen im Soma. Da die Mehrzahl der untersuchten Arten in der Gattung *Trifolium* die Chromosomen-Grundzahl 8 besitzt, muß Weißklee bei einer somatischen Chromosomenzahl von 32 als tetraploid angesehen werden.

Für die Züchtungsarbeit ist es wichtig zu wissen, ob diese tetraploide Form auto- oder allopolyploider Natur ist. ATWOOD und HILL (1940) untersuchten an 11 verschiedenen Weißkleepflanzen 610 Metaphase I-Stadien der Meiose in den PMZ. Da von diesen 610 Metaphasen 605 einwandfrei 16 Bivalente zeigten, also keine Multivalente auftraten, halten sie den Weißklee eher für amphidiploid als autotetraploid. ARUTINOVA (1940) hingegen vermutet autopolyploide Entstehung aus einer *Trifolium hybridum*-ähnlichen Form. Dieser Auffassung widersprechen unsere Ergebnisse. Die Beobachtung, daß diploider Schwedenklee 2 SAT-Chromosomen und tetraploider entsprechend 4, der 32-chromosomige Weißklee aber nur 2 hat, zeigt, daß

der Weißklee nicht durch eine einfache Chromosomenverdoppelung aus *Trifolium hybridum* entstanden sein kann. Unsere Ergebnisse über den regelmäßigen Verlauf der Meiose bestätigen die Beobachtungen von ATWOOD und HILL (1940) und sprechen ebenfalls gegen Autopolyploidie. Im Gegensatz zu den Abbildungen 1, 4 und 6 müßten bei autopolyploider Entstehung beim 32-chromosomigen Weißklee 4 SAT-Chromosomen vorhanden sein. Wir fanden aber im 32-chromosomigen Weißklee 2, im 48-chromosomigen 3 und im 64-chromosomigen entsprechend 4 SAT-Chromosomen. Es muß daher der 32-chromosomige Weißklee als amphidiploid bzw. allotetraploid, der 48-chromosomige als autoallohexaploid und der 64-chromosomige als autoallooktoploid betrachtet werden.

Diese Ergebnisse stellen zwangsläufig die Frage nach den Ursprungsformen des allotetraploiden Weißklee. Vielleicht gelingt es hier, über die Anzahl der SAT-Chromosomen in den einzelnen *Trifolium*-Arten und deren Hybriden Näheres zu erfahren. Die Sterilitätsuntersuchungen von OYAMA und IGUCHI (1952) sowie die Kreuzungsergebnisse zwischen verschiedenen *Trifolium*-Arten von BREWBAKER und KEIM (1953) geben in dieser Hinsicht für weitere cytologische Arbeiten wertvolle Hinweise. Letztere Autoren haben aus Kreuzungen zwischen colchicin-verdoppelten *Trifolium repens* und *Trifolium nigrescens* 2 fertile Nachkommen erhalten, deren cytogenetische Verhältnisse dafür sprechen, daß *Trifolium nigrescens* eine der Elternarten von *Trifolium repens* sein könnte.

### Zusammenfassung

Chromosomenauszählungen in den Wurzelspitzen von 12 Weißkleearten bzw. -herkünften ergaben ausnahmslos die Zahl von 32 Chromosomen im Soma. Der 32-chromosomige Weißklee enthält 2 SAT-Chromosomen, der 48-chromosomige 3 und der 64-chromosomige entsprechend 4. Diploider Schwedenklee (*Trifolium hybridum* L.) besitzt 2, tetraploider 4 SAT-Chromosomen. *Trifolium repens* kann deshalb nicht durch einfache Genomverdoppelung aus *Trifolium hybridum* entstanden sein. In den Metaphase I-Stadien der PMZ traten nur Bivalente auf. Auf Grund der Ergebnisse aus den mitotischen und meiotischen Untersuchungen muß der 32-chromosomige Weißklee als allotetraploid, der 48-chromosomige als autoallohexaploid und der 64-chromosomige als autoallooktoploid betrachtet werden.

## Literatur

1. ARUTINOVA, A. G.: Chromosome morphology in certain species of clover. C. R. Akad. Sci. URSS 27, N. S. 825—827 (1949). — 2. ATWOOD, S., and H. HILL: The regularity of meiosis in microsporocytes of *Trifolium repens*. Am. J. Bot. 27, 730—735 (1940). — 3. BLEIER, H.: Chromosomenzahlen und Kernvolumina in der Gattung *Trifolium*. Ber. d. D. Bot. Gesell. 43, 236—238 (1925 a). — 4. BLEIER, H.: Chromosomenstudien bei der Gattung *Trifolium*. Jahrb. Wiss. Bot. 64, 604—636 (1925 b). — 5. BREWBAKER, J., and W. F. KEIM: A fertile interspecific hybrid in *Trifolium* (4n *T. repens* L. × 4n *T. nigrescens* Viv.). Amer. Nat. 87, 323—326 (1953). — 6. BROWN, S. W.: The structure and meiotic behaviour of the differentiated chromosomes of tomato. Genetics 34, 437—461 (1949). — 7. DARLINGTON, C. D., and A. P. WYLIE: Chromosome atlas of flowering plants. 1—519. London: Allen & Unwin 1955. — 8. ERITH, A. G.: White clover (*Trifolium repens* L.). A monograph. 1—150. London: Duckworth & Co. 1924. — 9. JULÉN, G.: Weißklee, *Trifolium repens* L. Handbuch der Pflanzenzüchtung 4, 306—320 (1959). — 10. KARPETSCHENKO, G. D.: Karyologische Studien über die Gattung *Trifolium* L. Bull. Appl. Bot. and Plt. Breed. 14, 271—279 (1925) (Russisch mit deutscher Zusammenfassung). — 11. KAWAKAMI, J.: Chromosome numbers in Leguminosae. Bot. Mag. Tokyo 44, 319—328 (1930). — 12. LEVAN, A.: Polyploidiförädlingens nuvaranda läge. Sverig. Utsädesfören. Tidskr. 55, 109—143 (1945). — 13. LÖVE, A. and D.: Cyto-taxonomical studies on boreal plants. III. Some new Chromosome numbers of Scandinavian plants. Ark. Bot. 31 A, No. 12, 1—22 (1944). — 14. MARTIN, J. N.: Comparative morphology of some Leguminosae. Bot. Gaz. 58, 154—167 (1914). — 15. OYAMA, T., and Y. IGUCHI: On the sterility of *Trifolium repens* and its probable cause. La Kromosomo nr. 12—13, 502—507 (1952). (Japanisch mit englischer Zusammenfassung.) — 16. SENN, H. A.: Chromosome number relationships in Leguminosae. Bibliogr. Genetica 12, 175—336 (1938). — 17. TISCHLER, G.: Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 's-Gravenhage 1950. — 18. TJIO, J. H., and A. LEVAN: The use of oxyquinolin in chromosome analysis. Annales de la Estacion Experimental de Aula Dei 2, 21—64 (1950). — 19. WEXELSEN, H.: Chromosome numbers and morphology in *Trifolium*. Univ. Calif. Publ. Agr. Sci. 2, 355—376 (1928). — 20. WIPF, L.: Chromosome numbers in root nodules and root tips of certain Leguminosae. Bot. Gaz. 101, 51—67 (1939). — 21. ZWINGLI, W.: Untersuchungen über die Fertilitätsverhältnisse in schweizerischen Weißklee-Populationen mit ergänzenden zytologischen Studien. Z. Pflanzenzüchtung 36, 237—288 (1956).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
in Hohenthurm bei Halle/Saale

## Der Einfluß von Gibberellin und Colchizin auf die Keimung und das Keimlingswachstum von Sommergerste

Von H. SCHMALZ

Mit 5 Abbildungen

### A. Einleitung

Die bekannten wachstumsstimulierenden Wirkungen, die die Gibberelline bei vielen Pflanzenarten ausüben (BRIAN und GROVE 1957, STOWE und YAMAKI 1957, KNAPP 1958, STODOLA 1958 u. v. a.), können, zumindest in einigen in dieser Beziehung genauer untersuchten Fällen, auf eine Erhöhung der Mitoserate zurückgeführt werden. Beispielsweise wirkt eine Gibberellin-Applikation bei unvernalisierter Exemplaren der zweijährigen Langtagpflanze *Hyoscyamus niger* sproßstreckend und blühfördernd. Diese Sproßstreckung ist mit einer Zellverlängerung und einer Erhöhung der Zellteilungsrate verbunden (LANG 1956, SACHS und LANG 1957, 1957a). Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei der Langtagpflanze *Samolus parviflorus* gemacht (SACHS, BRETZ und LANG 1959). Sowohl bei *Hyoscyamus niger* als auch bei *Samolus parviflorus* kann dabei schon nach kurzer Einwirkungszeit die Mitosetätigkeit auf das zehnfache gesteigert werden. Auch von LONA (1956) wurde bei einer zweijährigen Langtagpflanze bei Sproßstreckungen neben einer Zellverlängerung eine Verstärkung der Zellteilungsrate beobachtet. Da bei diesen im vegetativen Stadium rosettenartigen Pflanzen eine Blühinduktion an eine Sproßstreckung gebunden ist, nehmen diese Befunde eine Sonderstellung ein; sie beweisen noch nicht eine mitoseanregende Wirkung der Gibberelline im eigentlichen Sinne, da die erhöhte Zellteilungsrate ein sekundärer Effekt sein kann. Eine direkte mitoseanregende Wirkung auf das apikale Meristem verschiedener Pflanzenarten konnte aber von LEBEDENKO (1959) festgestellt werden. Es liegen jedoch auch Untersuchungsergebnisse vor, die es sehr

wahrscheinlich machen, daß auch rein vegetative Pflanzenteile durch Gibberellin in der Zellteilungsrate angeregt werden können [BRADLEY und CRANE (1957) bei Aprikosentrieben, DURE und JENSEN (1957) bei Baumwollbryonen, GREULACH und HAESLOOP (1958) bei Internodien von *Phaseolus vulgaris*, GUNDERSEN (1959) bei einer *Begonia*-Hybride, GUTTRIDGE und THOMPSON (1959) bei Erdbeerblattstielen, OKUDA (1959) an Internodien von *Pharbitis Nil* und McMANUS (1960) bei Zwiebelwurzeln]. Cytologische Effekte im Anschluß an eine Gibberellinbehandlung wurden gelegentlich beobachtet. KATO (1955) stellte an *Allium cepa*-Wurzelspitzen fest, daß bei höheren Gibberellin-Konzentrationen Pseudochiasmata gebildet wurden. BERGER (1957) beobachtete bei Wurzelspitzenuntersuchungen am gleichen Objekt nach einer 96stündigen Gibberellin-Behandlung in der Metaphase eine Querstreifung der Chromosomen mit achromatischen Zwischenräumen, ähnlich der Struktur der Dipteren-Riesenchromosomen. Die Anaphasen waren jedoch trotzdem nicht gestört.

Eine keimungsfördernde Wirkung der Gibberelline wurde schon früh auch bei Gerste festgestellt (HAYASHI 1940) und seit dieser Zeit häufig bestätigt, z. B. von FISCHNICH, THIELEBEIN und GRAHL (1957), die mit Gibberellin die Keimruhe der Gerste brechen konnten. Auch normal keimfähige Gerste wird in der Keimung beschleunigt. Für die Malzindustrie ergeben sich aus dieser Tatsache außerordentliche Möglichkeiten für eine Kapazitätserweiterung durch Verkürzung der notwendigen Keimzeit und evtl. auch eine Erhöhung der Extraktausbeute sowie eine Verringerung des Mälzungsschwun-