

Aus dem Max-Planck-Institut für Meeresbiologie, Abteilung Hämmerling,
Wilhelmshaven

DER EINFLUSS VON KINETIN UND GIBBERELLIN
AUF DIE MORPHOGENESE
KERNHALTIGER UND KERNLOSER *ACETABULARIEN*

Von

KLAUS ZETSCHKE

Mit 7 Textabbildungen

(Eingegangen am 11. März 1963)

Einleitung

Im Gegensatz zu den umfangreichen Untersuchungen bei höheren Pflanzen gibt es bisher nur relativ wenige Arbeiten, die sich mit dem Einfluß von pflanzlichen „Wuchsstoffen“ auf Algen beschäftigen. Eine Zusammenstellung der Arbeiten, die mit Auxinen und Gibberellinen an dieser Pflanzengruppe durchgeführt wurden, ist bei THIMANN und BETH (1959) sowie bei PHINNEY und WEST (1961) zu finden. Versuche über den Einfluß von Kinetin wurden von PROVASOLI (1958) an *Ulva* sowie von BRACHET (1959) und DE VITRY (1962) mit *Acetabularia* durchgeführt.

Der Großteil dieser Arbeiten wurde zwar an einzelligen Algen vorgenommen, jedoch wurde dabei das Trockengewicht als Bezugsgröße verwendet, was naturgemäß nur eine beschränkte Aussage hinsichtlich der Wuchsstoffwirkung erlaubt. Die Acetabularien bieten sich dagegen aus verschiedenen Gründen als günstige Versuchsobjekte für ein Studium der Wirkung von Pflanzenwuchsstoffen auf Algen an. 1. Die einzellige Pflanze vollbringt verschiedene morphogenetische Leistungen — Stiel-, Wirtel-, Hut- und Rhizoidbildung, die sich wegen der Größe der Pflanze leicht messend verfolgen lassen. 2. Die Zellen sind einkernig. Der Kern ist im Rhizoid enthalten und kann daher leicht entfernt werden. Da die kernlosen Teile nicht nur lange überleben, sondern nach Maßgabe der in ihnen enthaltenen morphogenetischen Substanzen auch morphogenetische Leistungen vollbringen können (HÄMMERLING 1934, HÄMMERLING u. Mitarb. 1959), ist die Möglichkeit gegeben, zu prüfen, ob die Wuchsstoffe über den Kern oder das Cytoplasma wirken.

THIMANN und BETH (1959) haben den Einfluß von Auxinen auf Acetabularien untersucht. Sie fanden, daß sowohl Stiel- als auch Hutbildung durch Indol-3-Essigsäure erheblich gefördert wurden, sofern sie die Pflanzen in Schreiber-Lösung, also einem Mangelmedium, kultivierten. Gefördert wurden auch kernlose Pflanzen, wenn auch im

geringeren Maße als die kernhaltigen. Sie kamen daher zu dem Schluß, daß die Auxinwirkung nicht über den Kern geht.

Über den Einfluß von Kinetin auf *Acetabularien* liegen sich widersprechende Angaben vor. Während BRACHET (1959) berichtet, daß $4,6 \cdot 10^{-9}$ M/l Kinetin hemmend wirkt, wird später in einer Arbeit aus dem gleichen Laboratorium (DE VITRY 1962) von einer fördernden Wirkung des Kinetins bei der gleichen Konzentration gesprochen. Der Einfluß von Gibberellinen auf *Acetabularien* wurde bisher noch nicht untersucht.

Material und Methoden

Verwendet wurden verschiedene Nachzuchten von *Acetabularia mediterranea* aus dem hiesigen Institut. Hinterstücke mit Rhizoid wurden durch Amputation der vorderen Stielteile erhalten. Kernlose Hinterstücke wurden gewonnen durch Amputation der vorderen Stielteile und des Rhizoides. Bei der Herstellung der kernlosen Vorderstücke wurde nur das Rhizoid, bei der Herstellung von kernlosen „Vorderstücken ohne Wuchszone“ wurden Rhizoid und 5 mm der Wuchszone entfernt.

Die ganzen Pflanzen bzw. die Pflanzenteile wurden in üblicher Weise (HÄMMERLING 1944, BETH 1953) in Erdschreiber-Lösung bzw. in Erdschreiber-Lösung und verschiedenen Kinetin- und Gibberellinkonzentrationen kultiviert. Die Kulturlösungen wurden alle 7 Tage gewechselt. Bei verschiedenen Versuchen erfolgte ein Wechsel der Kulturlösungen jeden 2. Tag. Ein Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen konnte nicht festgestellt werden. Bei einigen Versuchen wurden die Pflanzen in Schreiber-Lösung kultiviert.

Verwendet wurde Kinetin purum (6-Furfurylaminopurin) Fluka AG Schweiz; Gibberellin purum Fluka AG Schweiz (80% Gibberellin A₃ + 20% Gibberellin A).

Da sich Kinetin in der Konzentration von 10^{-4} M/l nicht ohne weiteres vollständig in Erdschreiber-Lösung löst, wurde zum Lösen wenig 0,1 n HCl zugesetzt und anschließend mit 1 n NaOH auf das p_H der normalen Erdschreiber-Lösung eingestellt. Die dabei auftretende geringfügige Erhöhung der NaCl-Konzentration hat, wie in Kontrollversuchen festgestellt wurde, keinen Einfluß auf die untersuchten morphogenetischen Prozesse. Jede Versuchsserie wurde mindestens dreimal, meistens viermal mit verschiedenen Nachzuchten durchgeführt. Pro Versuchsnummer wurden normalerweise 40–50 Pflanzen verwendet. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus den Meßergebnissen an diesen Pflanzen.

Ergebnisse

I. Der Einfluß von Kinetin

1. *Versuche mit ganzen Pflanzen und kernhaltigen Teilen.* Die Abb. 1a und 1b zeigen, daß die Stielbildungs-Rate ganzer Pflanzen durch Kinetin in den Konzentrationen von 10^{-4} – 10^{-5} M/l gehemmt wird. Im Bereich der Konzentrationen 10^{-7} – 10^{-8} M/l tritt eine Förderung auf, die allerdings nur gering ist, sich aber bei allen Versuchen findet. Hinsichtlich der Hutbildung ergibt sich ein anderes Bild. Die Hutbildung zeigt rein zeitlich gesehen zwei Förderungsmaxima. Das eine Maximum liegt bei 10^{-4} – 10^{-5} M/l Kinetin, also bei einer Konzentration, bei der die Stielbildung gehemmt ist. Hier handelt es sich also

um eine bevorzugte Förderung der Hutbildung im Vergleich zur Stielbildung: trotz gesenkter Stielbildung tritt die Hutbildung bei kürzeren Stiellängen und früher als bei den Kontrollen ein. Das zweite Maximum

liegt bei 10^{-7} — 10^{-8} M/l. In diesem Falle ist auch die Stielbildung gefördert, und die Hutbildung erfolgt bei normalen oder sogar etwas größeren Stiellängen; beide Prozesse wurden also ungefähr gleich stark gefördert.

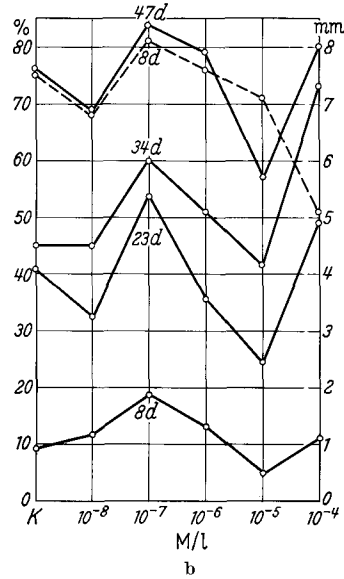
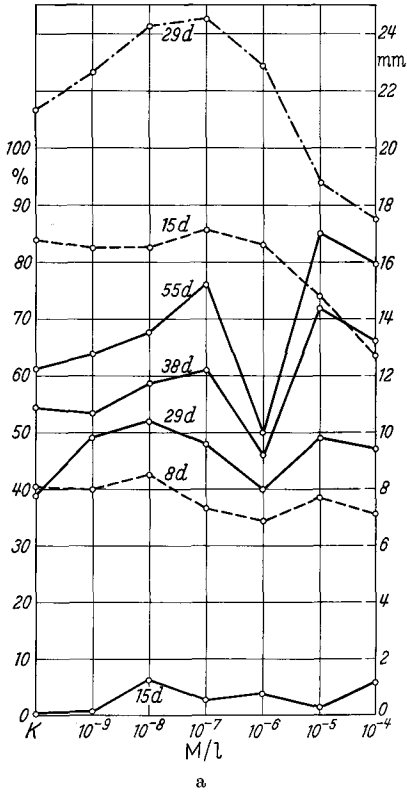


Abb. 1a. Der Einfluß von Kinetin auf ganze Pflanzen von *A. mediterranea*. Durchschnittliche Ausgangslänge der Pflanzen 17,1 cm. Abszisse: Kinetinkonzentration in M/l. K Kontrolle. Ordinate links: % Hutpflanzen. Ordinate rechts: Stielzuwachs in mm/Stück. o—o % Hutpflanzen; o----o Stielzuwachs/Stück; o---o Stielzuwachs/huttragendes Stück. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

Abb. 1b. Der Einfluß von Kinetin auf ganze Pflanzen von *A. mediterranea*. Kulturmedium jeden 2. Tag erneuert. Die Länge der Ausgangspflanzen betrug 26,7 mm. Abszisse: Kinetinkonzentration in M/l. K Kontrolle. Ordinate links: % Hutpflanzen. Ordinate rechts: mm Stielzuwachs/Pflanze. o—o % Hutpflanzen; o----o Stielzuwachs/Pflanze. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

Diese Verhältnisse fanden sich gleichartig bei der Verwendung jüngerer Ausgangspflanzen (17,1 mm Stiellänge in Abb. 1a) wie bei älteren Ausgangspflanzen (26,7 mm in Abb. 1b).

Beides, Stiel- und Hutbildung, sind morphogenetische Prozesse. Es ist daher nicht richtig, die Stielbildung als reines „Wachstum“ und nur die Hutbildung als Morphogenese zu bezeichnen (z. B. DE VITRY 1962). Die Stielbildung wird bei den Acetabularien beendet, wenn dieser morphogenetische Prozeß durch einen

anderen, die Hutbildung, abgelöst wird. Diese beiden morphogenetischen Prozesse werden bei den Kinetinkonzentrationen 10^{-4} — 10^{-5} M/l gegeneinander zugunsten der Hutbildung verschoben.

Die genaue Lage der Maxima ist bei den einzelnen Nachzuchten verschieden und schwankt zwischen den angegebenen Konzentrationen. Auch innerhalb einer Versuchsserie können im Verlaufe der Versuchsdauer die Förderungsmaxima zwischen den angegebenen Konzentrationen wechseln. Bei 10^{-6} M/l ist die Hutbildung oft geringer als bei der Kontrolle. In vier Wiederholungen wurden prinzipiell die gleichen Ergebnisse erzielt. Jedoch ist die Höhe der Förderung bzw. Hemmung bei den einzelnen Nachzuchten sehr unterschiedlich. So schwankt die Hemmung der Stielbildung bei 10^{-4} — 10^{-5} M/l in vier Versuchen zwischen 22—30%, die Förderung der Stielbildung bei 10^{-7} — 10^{-8} M/l zwischen 8—19%, die Förderung der Hutbildung bei 10^{-4} — 10^{-5} M/l zwischen 40 bis 170% und die Förderung der Hutbildung bei 10^{-7} — 10^{-8} zwischen 12—82%.

Abb. 2 zeigt den Einfluß von Kinetin auf regenerierende, rhizoidhaltige Hinterstücke von *A. mediterranea*. Die Ergebnisse entsprechen denen mit ganzen Pflanzen. In vier Wiederholungen wurden prinzipiell die gleichen Ergebnisse erhalten. Die Hemmung des Stielwachstums bei 10^{-4} M/l beträgt 16—71%, die Förderung bei 10^{-7} bis 10^{-8} M/l 6—20%. Die Hutbildung wird bei 10^{-4} — 10^{-5} M/l zwischen 40—240% und bei 10^{-7} — 10^{-8} M/l zwischen 24 bis 44% gefördert.

THIMANN und BETH erzielten bei ihren Auxinversuchen mit *A. mediterranea* besonders ausgeprägte Wirkungen, wenn sie die Pflanzen in Schreiber-Lösung kultivierten. In Erdschreiber-Lösung, die ein wesentlich besseres Nährmedium darstellt, traten die Förderungen weniger stark hervor. Bei unseren Kinetinversuchen sind die Verhältnisse umgekehrt. Wir erhalten ausgeprägtere Effekte, wenn die Pflanzen in Erdschreiber-Lösung kultiviert werden.

2. *Kernlose Vorderteile*. Durch Abschneiden des Rhizoides wird bei den Acetabularien der Zellkern entfernt. Die morphogenetischen Substanzen, deren Vorhandensein Voraussetzung für Stiel-, Wirtel- und Hutbildung ist, sind in den Pflanzen in einem apikal-basalen Gefälle

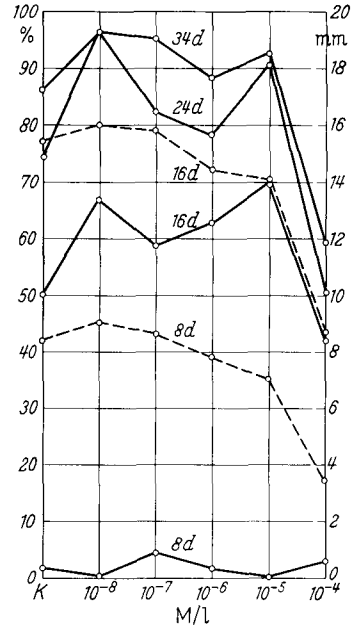


Abb. 2. Der Einfluß von Kinetin auf Hinterstücke mit Rhizoid von *A. mediterranea*. Die Ausgangslänge der Stücke betrug 10,0 mm. Sie wurden aus 30—35 mm langen hutlosen Pflanzen hergestellt. Abszisse: Kinetinkonzentration in M/l. K Kontrolle. Ordinate links: % Hutpflanzen. Ordinate rechts: mm Stielzuwachs/Stück. —○— Hutpflanzen; ○- - - -○ Stielzuwachs/Stück. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

angeordnet. Die größte Regenerationsfähigkeit besitzen demnach Spitzenteile. Hinterstücke regenerieren nur geringfügig oder gar nicht

(HÄMMERLING 1934, HÄMMERLING u. Mitarb. 1959).

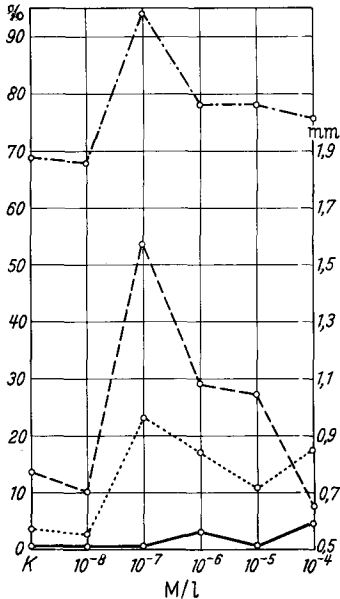


Abb. 3. Der Einfluß von Kinetin auf kernlose „Vorderstücke“ von *A. mediterranea*. Die Vorderstücke wurden aus hutlosen Pflanzen von 30,0 bis 35,0 mm Länge hergestellt. Vorn wurden außerdem 5 mm der Wuchszone entfernt. Die durchschnittliche Ausgangslänge der Stücke betrug 20,0 mm. Auswertung des Versuches nach 11 Tagen Versuchsdauer. Abszisse: Kinetinkonzentration in M/l. K Kontrolle. Ordinate links: %. Ordinate rechts: mm Stielzuwachs/Stück. —○— % Hutpflanzen; - - - - - Stielzuwachs/Stück; % Pflanzen mit Wirtel; - · - · - % regenerierter Pflanzen

schiedliche Förderung erfuhren. Da aber diese Förderung bei allen durchgeführten Kinetinversuchen (13 Versuchsserien) gleichsinnig auftrat, möchten wir sie doch als real ansehen.

Das hier Gesagte gilt auch für die Förderung der Stielwachstums-Rate durch Gibberellin in den nachfolgend beschriebenen Gibberellinversuchen (11 Serien).

3. *Kernlose Hinterstücke*. Die Anzahl der „regenerierenden“ Pflanzen wird durch 10⁻⁵—10⁻⁸ M/l gefördert mit Maxima bei 10⁻⁸ M/l (35%; Kontr. 9%) und 10⁻⁶ M/l (31%). Die Konzentration 10⁻⁴ M/l wirkt hemmend. Die Förderung der Regenerationsleistung ist aber jeweils nur sehr gering und beschränkt sich im wesentlichen auf die Ausbildung

Abb. 3 zeigt den Einfluß von Kinetin auf kernlose 2 cm lange „Vorderstücke“, denen vorn auch 5 mm der Wuchszone entfernt worden waren. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß Kinetin bei kernlosen Teilen prinzipiell die gleichen Wirkungen ergibt, wie bei ganzen Pflanzen oder kernhaltigen Teilen. Die Förderung ist relativ zur Kontrolle ebenso groß wie bei ganzen Pflanzen. Auch der Prozentsatz der Teile, die überhaupt regenerieren, wird durch 10⁻⁷—10⁻⁸ M/l Kinetin offensichtlich gefördert. In insgesamt vier Versuchsserien wurden prinzipiell die gleichen Resultate erhalten. Die Hemmung des Stielwachstums bei 10⁻⁴ M/l beträgt 16—71%, die Förderung bei 10⁻⁷ bis 10⁻⁸ M/l 25—104%, die Förderung der Hutbildung bei 10⁻⁷—10⁻⁸ M/l liegt bei 16—225%, die Förderung der Wirtelbildung bei 10⁻⁴—10⁻⁸ M/l zwischen 36—470% und bei 10⁻⁷—10⁻⁸ M/l zwischen 50—670%.

Die Förderung der Stielwachstums-Rate durch 10⁻⁷—10⁻⁸ M/l Kinetin läßt sich bei allen Versuchen statistisch nur mit dem zweifachen, aber nicht mit dem dreifachen mittleren Fehler sichern. Die Ursache liegt darin, daß die einzelnen Pflanzen in den jeweiligen Versuchsnummern eine sehr unter-

einer kleinen Regenerationsspitze. Kinetin ist daher weder mit den morphogenetischen Substanzen identisch, noch vermag es ihre Wirkung zu ersetzen. THIMANN und BETH kamen bei ihren Versuchen mit Auxinen zu der gleichen Feststellung, ohne allerdings den methodisch eindeutigen Versuch mit den kernlosen Hinterstücken durchzuführen.

II. Der Einfluß von Gibberellin

1. Versuche mit ganzen Pflanzen und kernhaltigen Teilen. Die Wirkung verschiedener Konzentrationen von Gibberellin auf ganze Pflanzen von *A. mediterranea* ist in Abb. 4 dargestellt. Die Stielbildung wird durch die verwendeten Konzentrationen von 10^{-8} — 10^{-4} M/l beschleunigt. Das Förderungsmaximum liegt im allgemeinen bei 10^{-6} — 10^{-7} M/l. Die Größe der Förderung schwankt bei den verschiedenen Nachzuchten zwischen 46—73%.

Die Hutbildung zeigt zeitlich gesehen zwei Förderungsmaxima. Das eine Maximum liegt bei 10^{-4} — 10^{-5} M/l, das andere bei 10^{-6} — 10^{-7} M/l Gibberellin (bei einem Versuch bei 10^{-8} M/l). Die genaue Lage der Maxima ist von Nachzucht zu Nachzucht etwas verschieden, ebenso ihre Höhe. Die Förderung beträgt bei 10^{-4} M/l 110—275%, bei 10^{-6} — 10^{-8} M/l 12—300%. In vier Wiederholungen wurden grundsätzlich die gleichen Ergebnisse erhalten. Bei 10^{-4} wird die Hutbildung mehr als die Stielbildung beschleunigt, so daß sie nicht nur zeitlich früher als bei den Kontrollpflanzen einsetzt, sondern auch bei kürzeren Stiel­längen. Dagegen wird bei 10^{-6} — 10^{-7} M/l Gibberellin die Stielbildung mehr gefördert als die Hutbildung. Wiederum setzt zwar die Hutbildung zeitlich früher als bei den Kontrollpflanzen ein, der Hut wird aber erst bei etwas längeren Stielen angelegt.

Hinterstücke mit Rhizoid verhalten sich ähnlich wie ganze Pflanzen (Abb. 5), jedoch sind die Förderungen meist weniger stark ausgeprägt

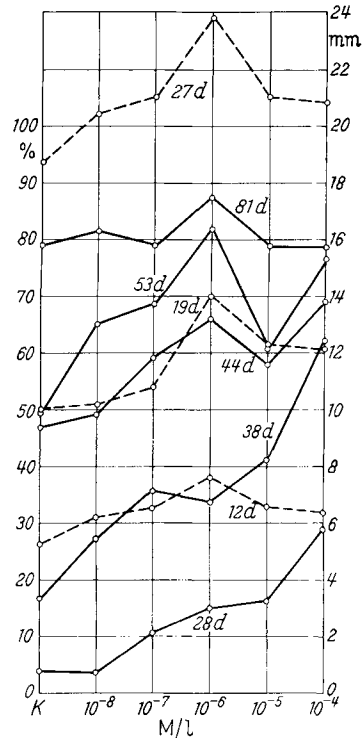


Abb. 4. Der Einfluß von Gibberellin auf ganze Pflanzen von *A. mediterranea*. Die durchschnittliche Ausgangslänge der Pflanzen betrug 18,5 mm. Abszisse: Gibberellinkonzentration in M/l. K Kontrolle; Ordinate links: % Hutpflanzen; Ordinate rechts: mm Stielzuwachs/Stück. ○—○ % Hutpflanzen; ○—○ Stielzuwachs/Stück. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

(Stielbildung 14—23%, Hutbildung bei 10^{-5} M/l 21—136%; Hutbildung bei 10^{-7} — 10^{-8} M/l 21—88%) und die Hutbildungsmaxima zu niedrigeren Konzentrationen (10^{-5} M/l und 10^{-7} — 10^{-8} M/l) verschoben.

Pflanzen, die vom Zusatz des Gibberellins an in Schreiber-Lösung versetzt wurden, zeigen bei 10^{-4}

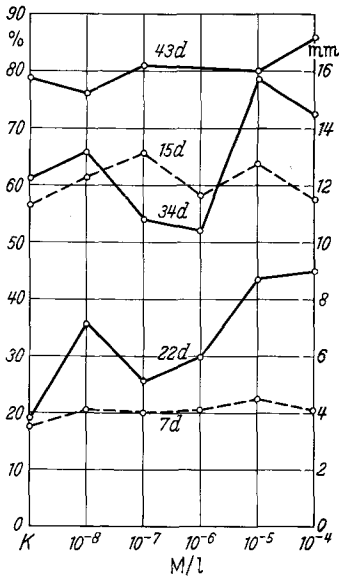


Abb. 5

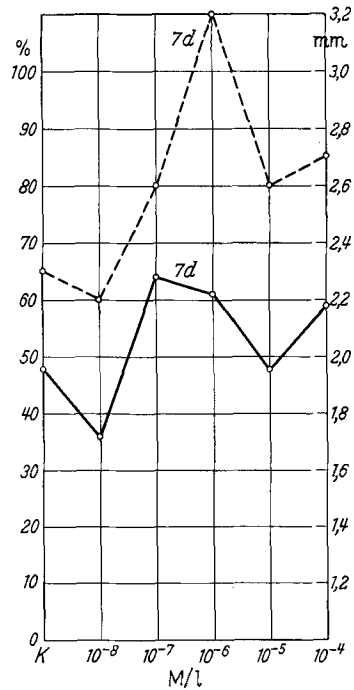


Abb. 6

Abb. 5. Der Einfluß von Gibberellin auf Hinterstücke mit Rhizoid von *A. mediterranea*. Die Ausgangslänge der Stücke betrug 10,8 mm (Ausgangspflanzen 40—50 mm lang mit kleinen Hüten von 2—4 mm Durchmesser). Abszisse: Gibberellinkonzentration in M/l. *K* Kontrolle. Ordinate links: % Hutpflanzen. Ordinate rechts: mm Stielzuwachs/Stück. ○—○ Hutpflanzen; ○—○ Stielzuwachs/Stück. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

Abb. 6. Der Einfluß von Gibberellin auf kernlose Vorderstücke von *A. mediterranea*. Durchschnittliche Ausgangslänge der Vorderstücke 20,0 mm (Ausgangspflanzen 35—45 mm, kurz vor der Hutbildung stehend). Abszisse: Gibberellinkonzentration in M/l. *K* Kontrolle. Ordinate links: % Hutpflanzen. Ordinate rechts: Stielzuwachs in mm/Stück. ○—○ Hutpflanzen; ○—○ Stielzuwachs/Stück. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

bis 10^{-5} M/l Gibberellin eine leichte Hemmung von Stiel- und Hutbildung. Bei 10^{-6} bzw. 10^{-7} M/l werden wie bei anderen Versuchen Stiel- und Hutbildung gefördert, allerdings in geringerem Maße als dort.

2. *Kernlose Vorderstücke*. Die Morphogenese kernloser Teile wird durch Gibberellin in gleicher Weise gefördert, wie die ganzer Pflanzen. Das gilt sowohl für kernlose Vorderstücke, denen die Wuchszone belassen wurde (Abb. 6), wie auch für kernlose „Vorderstücke“, bei denen die Wuchszone entfernt wurde (Abb. 7). Die Förderung ist relativ zur

Kontrolle nicht geringer als bei den kernhaltigen Pflanzen. Sie beträgt in vier Versuchen bei der Stielbildung 42—56%, bei der Hutbildung 23—63%, bei 10^{-4} — 10^{-5} M/l 43—128%, bei 10^{-7} — 10^{-8} M/l. Die Wirtelbildung wird bei 10^{-7} — 10^{-8} M/l um 24 bis 370% gefördert.

3. *Kernlose Hinterstücke*. Die Förderung der Regeneration kernloser Hinterstücke beschränkt sich auch bei Gibberellin auf die Ausbildung kleiner Regenerationsspitzen. Bei 10^{-8} , 10^{-5} und 10^{-4} M/l beträgt die Förderung rund 8%, bei 10^{-7} M/l 27%, bei 10^{-6} fehlt sie. Ebensowenig wie Kinetin ersetzt also Gibberellin die Wirkung der morphogenetischen Substanzen.

Diskussion

Stiel-, Wirtel- und Hutbildung werden bei den *Acetabularien* durch „morphogenetische Substanzen“ gesteuert, die aus dem Kern der Alge, der im Rhizoid liegt, abgegeben werden. Diese Substanzen sind in einem apikal-basalen Gefälle angeordnet, wobei die Konzentration dieser Stoffe in der Stielspitze offensichtlich einen wesentlichen Einfluß auf die morphogenetische Leistung hat, welche die Pflanze vollbringt (HÄMMERLING 1934, HÄMMERLING u. Mitarb. 1959).

Daraus ergeben sich als Angriffspunkte für die von uns geprüften Pflanzenwuchsstoffe vor allem zwei Möglichkeiten: 1. Die beiden Verbindungen greifen im Zellkern an und beeinflussen die Produktion und Abgabe der morphogenetischen Substanzen. 2. Kinetin und Gibberellin beeinflussen direkt oder indirekt die durch die morphogenetischen Substanzen ausgelösten cytoplasmatischen Prozesse, die im Endeffekt zu Stiel- und Hutbildung führen.

Durch die Versuchsergebnisse mit kernlosen *Acetabularien* wird die erste Möglichkeit eindeutig ausgeschlossen, da ja die kernlosen Vorder-

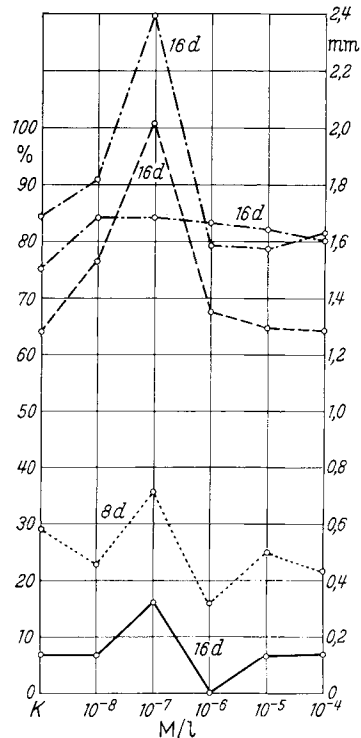


Abb. 7. Der Einfluß von Gibberellin auf kernlose Vorderstücke von *A. mediterranea*. Die Vorderstücke wurden aus 35—45 mm langen Pflanzen mit kleinen Hüten (Durchmesser 5 bis 20 mm) hergestellt. Vorn wurden 5 mm Stiel entfernt. Die Ausgangslänge der Stücke betrug 20,0 mm. Abszisse: Gibberellinkonzentration in M/l.

K Kontrolle. Ordinate links: %. Ordinate rechts: mm Stielzuwachs/Stück. ○—○ % Hutpflanzen; ○.....○ % Stücke mit Wirtel; ○- - - - ○ mm Stielzuwachs/Stück; ○- - - - ○ % Pflanzen, die regenerierten; ○- - - ○ mm Stielzuwachs/regeneriertes Stück. Zahlen an den Kurven Tage nach Versuchsbeginn

stücke in gleicher Weise wie kernhaltige Pflanzen beeinflußt werden. Da andererseits in den nicht wachsenden Hinterstücken keine wesentliche Regenerationsleistung induziert wird, ersetzen die geprüften Verbindungen auch nicht die morphogenetischen Stoffe. Zu dem gleichen Ergebnis kamen THIMANN und BETH bei der Verwendung von Auxinen. Demnach wirken die drei bisher untersuchten Pflanzenwuchsstoffe bei den Acetabularien auf cytoplasmatische Prozesse ein.

Interessant ist, daß durch Kinetinkonzentrationen von 10^{-4} — 10^{-5} M/l Stiel- und Hutbildung unterschiedlich beeinflußt werden, was auch für Gibberellin bei 10^{-4} M/l gilt. Während die Stielbildung zum Teil erheblich gehemmt ist, wird die Hutbildung gefördert, und zwar so, daß die Hutbildung bei kürzeren Stiellängen eintritt. Diese Tatsachen bestätigen, daß die Prozesse, die zu Stiel- und Hutbildung führen, bis zu einem gewissen Grade unabhängig voneinander verlaufen. Die Auxinversuche THIMANNs und BETHs (1959) führten zu der gleichen Feststellung. Eine unterschiedliche Beeinflussung dieser beiden Prozesse ist auch durch andere Faktoren möglich. So fand BETH (1955), daß Starklicht die Stielbildungsrate erhöht, die zur Hutbildung führenden Prozesse werden aber noch stärker beschleunigt, so daß wiederum die Hutbildung bei kürzeren Stiellängen eintritt. Bei Schwachlicht wurde bei *A. crenulata* sogar eine vollständige Entkopplung der Hutbildung von der Stielbildung gefunden: es wurde kontinuierlich Stiel, aber kein Hut gebildet (BETH 1953). Das gleiche ist nach RICHTER (1962) bei Rotlicht der Fall.

Die Tatsache, daß bei den Kinetin- und Gibberellinversuchen jeweils zwei Förderungsmaxima der Hutbildung auftreten, könnten bedeuten, daß diese Verbindungen bei Acetabularien an verschiedenen Orten in die Prozesse eingreifen, die zur Hutbildung führen.

Die Beeinflussung von Wachstums- bzw. morphogenetischen Prozessen bei *Acetabularia* durch Kinetin, Gibberellin und Auxine wirft naturgemäß die Frage auf, ob diese Pflanzenwuchsstoffe auch bei den Acetabularien und allgemein bei den Algen als native Wachstumsregulatoren anzusprechen sind. Über das Vorkommen von Auxinen in Algen ist verschiedentlich berichtet worden (ältere Literatur bei BLINKS 1951; BENTLEY 1958). Neuerdings hat TANDLER (1962) das Vorkommen von verschiedenen gebundenen Indolverbindungen in Acetabularien nachgewiesen. Stoffe mit Gibberellinaktivität wurden von RADLEY (1961) in *Fucus vesiculosus* gefunden. Das Vorkommen von Kinetin ist bisher in Pflanzen nicht nachgewiesen worden. Doch wurden in höheren Pflanzen eine Reihe von Stoffen gefunden, die in den geprüften Systemen gleiche oder ähnliche Wirkungen wie Kinetin hervorrufen. Diese Stoffe werden Kinine genannt (MILLER 1961).

Förderung von Wachstums- und morphogenetischen Prozessen durch exogen gebotene Verbindungen und Nachweis dieser Verbindungen in den Pflanzen würden aber noch nicht genügen, diese Stoffe als native Wachstumsregulatoren anzusprechen. Dazu muß als drittes Kriterium ein Zusammenhang zwischen Verteilung bzw. Konzentration dieser Verbindungen und Ablauf der Wachstums- bzw. morphogenetischen Prozesse nachgewiesen werden. Das ist aber bisher bei Algen noch in keinem Falle einwandfrei geschehen. Eine weitere Frage ist die, ob die exogen gebotenen Substanzen eventuell Umsetzungen in der Acetabularienzelle erfahren, ehe sie auf die morphogenetischen Prozesse einwirken. Sicher ist, daß es sich nicht um einen unspezifischen Ernährungseffekt handelt. Das geht aus der unterschiedlichen Wirkung auf die Stiel- und Hutbildung bei bestimmten Konzentrationen hervor, ebenso aus den geringen Konzentrationen, bei denen Förderungen erfolgen.

Zusammenfassung

1. Die Stielbildung von *A. mediterranea* wird durch Kinetinkonzentrationen von 10^{-4} — 10^{-5} M/l gehemmt, durch Konzentrationen von 10^{-7} — 10^{-8} M/l gefördert.

2. Die Hutbildung wird durch 10^{-4} — 10^{-5} M/l und 10^{-7} — 10^{-8} M/l gefördert. Bei 10^{-4} — 10^{-5} M/l erfolgt eine starke Förderung trotz gehemmter Stielbildung, so daß die Hüte bereits bei kürzeren Stiehlängen angelegt werden.

3. Kernlose wachsende Vorderstücke werden durch Kinetin in gleicher Weise beeinflußt wie ganze Pflanzen oder kernhaltige Teile. Demnach greift das Kinetin bei *Acetabularia* nicht im Zellkern an, sondern wirkt auf cytoplasmatische Prozesse ein.

4. Kernlose nichtwachsende Hinterstücke werden durch Kinetin nicht zu nennenswerten Formbildungsleistungen induziert. Kinetin vermag also die Wirkung der kernabhängigen morphogenetischen Substanzen nicht zu ersetzen.

5. Die Stielbildung wird durch 10^{-4} — 10^{-8} M/l Gibberellin gefördert, mit einem Maximum bei 10^{-6} — 10^{-7} M/l.

6. Die Hutbildung wird durch Konzentrationen von 10^{-4} M/l und 10^{-6} — 10^{-7} M/l Gibberellin gefördert, bei 10^{-4} ist diese Förderung größer als die der Stielbildung, so daß die Hutbildung bereits bei kürzeren Stiehlängen erfolgt.

7. Kernlose Teile sprechen in gleicher Weise wie ganze Pflanzen oder kernhaltige Teile auf Gibberellin an. Daraus ergeben sich hinsichtlich des Angriffspunktes von Gibberellin die gleichen Folgerungen wie für das Kinetin.

Literatur

- BENTLEY, J. A.: Role of plant hormones in algal metabolism and ecology. *Nature* (Lond.) **181**, 1499 (1958).
- BETH, K.: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes auf die Formbildung von kernhaltigen und kernlosen *Acetabularia*-Zellen. *Z. Naturforsch.* **8b**, 334—342 (1953).
- Unterschiedliche Beeinflussung von Wachstum und Teilung durch Veränderung von Licht und Temperatur. *Z. Naturforsch.* **10b**, 276—281 (1955).
- BLINKS, L. R.: Physiology and biochemistry of algae. *Manual of phycology*. Ed.: M. SMITH. Waltham, Mass. U.S.A. 1951.
- BRACHET, J.: New observations on biochemical interactions between nucleus and cytoplasm in *Amoeba* and *Acetabularia*. *Exp. Cell Res., Suppl.* **6**, 78—96 (1959).
- HÄMMERLING, J.: Über formbildende Substanzen bei *Acetabularia mediterranea*, ihre räumliche und zeitliche Verteilung und ihre Herkunft. *Wilhelm Roux' Arch. Entwickl.-Mech. Org.* **131**, 1—81 (1934).
- Zur Lebensweise, Fortpflanzung und Entwicklung verschiedener Dasycladaceen. *Arch. Protistenk.* **97**, 7—56 (1944).
- H. CLAUSS, K. KECK, G. RICHTER and G. WERZ: Growth and protein synthesis in nucleated and enucleated cells. *Exp. Cell Res., Suppl.* **6**, 210—226 (1959).
- MILLER, C. O.: Kinetin and related compounds in plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **12** (1961).
- PHINNEY, O., and A. WEST: Gibberellins and plant growth. In: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Bd. XIV, S. 1208. Hrsg. W. RUHLAND. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1961.
- PROVASOLI, L.: Effect of plant hormones on *Ulva*. *Biol. Bull.* **114**, 375 (1958).
- RADLEY, M.: Gibberellin-like substances in plants. *Nature* (Lond.) **191**, 684 (1961).
- RICHTER, G.: Die Wirkung von blauer und roter Strahlung auf die Morphogenese von *Acetabularia*. *Naturwissenschaften* **49**, 238 (1962).
- TANDLER, C. J.: Bound indoles in *Acetabularia*. *Planta* (Berl.) **59**, 91—107 (1962).
- THIMANN, K. v., and K. BETH: Action of auxins on *Acetabularia* and the effect of enucleation. *Nature* (Lond.) **183**, 946—948 (1959).
- VITRY, F. DE: Action de métabolites et antimétabolites sur la croissance et al morphogenese d'*Acetabularia mediterranea*. *Protoplasma* (Wien) **55**, 313—319 (1962).

Dr. KLAUS ZETSCHKE, Max-Planck-Institut für Meeresbiologie,
Abteilung Hämmerling,
294 Wilhelmshaven, Anton-Dohrn-Weg