Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern

Band: 15 (1957)

Artikel: Experimentelle Untersuchungen über die kombinierte Wirkung eines pflanzlichen Hormons (-Indolessigsäure) und eines Antibioticums (Streptomycin) auf Pisumwurzeln und auf einige Gewebe

Autor: Bandi, Peter

Kapitel: I: Einleitung

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319491

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

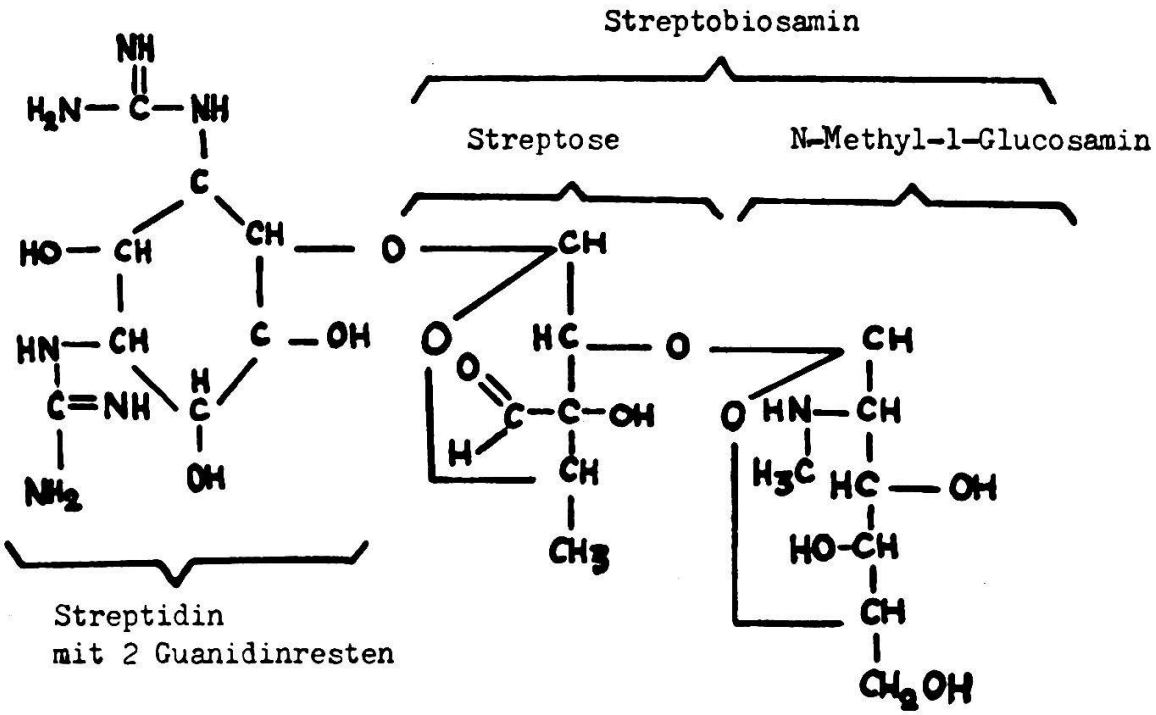
2. Wirkung von Indolessigsäure und Streptomycin allein und in Kombination auf den Anthozyanaustritt aus Zellen der roten Rübe (*Beta vulgaris*) 138
3. Streptomycinwirkung auf die Deplasmolysegeschwindigkeit von Zellen der roten Rübe in Harnstoff 142
III. Diskussion 147
IV. Zusammenfassung 153
V. Literaturverzeichnis 155

I. EINLEITUNG

Als erstes Antibioticum entdeckte FLEMING (1929) das Penicillin. In rascher Folge wurden weitere Substanzen isoliert, welche das Wachstum gewisser Bakterien zu hemmen vermögen. Erst in den letzten Jahren erkannte man jedoch, daß einige Antibiotica auch auf die Entwicklung der höheren Pflanzen Einfluß haben. Die Untersuchung der Antibiotica, im Zusammenhang mit dem pflanzlichen Wachstum, setzte deshalb so spät ein, weil vorerst ihre Verwendbarkeit bei der praktischen Bekämpfung der Infektionserreger das Hauptproblem der Forschung darstellte.

Das Streptomycin, welches Gegenstand der Versuche in der vorliegenden Arbeit ist, wurde 1943 erstmals von WAKSMAN (1953) aus *Strepto-*

Streptomycin



myces griseus gewonnen. Es ist ein Glykosid, das die Base Streptidin mit der Struktur des Inosits (einer Komponente im Vitamin B-Komplex), Streptose (eine Methylpentose) und Glucosamin (ein Dextrose Derivat) enthält.

Seit 1947 wird der Wirkungsmechanismus des Streptomycins auf Bakterien diskutiert, der sich in einer starken Wachstumshemmung der gramnegativen und säurefesten Organismen äußert. COHEN (1947) konnte in diesem Zusammenhang eine große Affinität der Nukleinsäuren für das Antibioticum in vitro nachweisen. Im Anschluß daran vermuteten GROS und MACHEBOEUF (1948), daß die bakteriostatische Wirkung des Streptomycins auf *Clostridium sporogenes* durch eine Störung des Nukleinsäurestoffwechsels bedingt sei.

Die ersten Versuche mit Streptomycin an der Pflanze wurden von BEIN (1951) im botanischen Institut Bern ausgeführt. Mit der Methode der sterilen Organkultur konnte er nachweisen, daß das Antibioticum auf die Embryonalzellen der Wurzelmeristeme von *Pisum sativum* einwirkt. Eine Dosis von 12,5 γ Streptomycin/ccm-Nährlösung (nach BONNER mit Aneurin) hemmt das Längenwachstum der Wurzeln um 50 %. SCHOPFER (1952) berichtet, daß Streptomycin in höherer Konzentration auch die Entwicklung von Pisumpflanzen, steril kultiviert auf dem Milieu nach KNOP, beeinflußt. Als erster sichtbarer Ausdruck einer Antibioticumwirkung stellte er eine vollständige Unterdrückung des Nebenwurzelwachstums fest, wenn die Pflanzen während 8 Tagen in Anwesenheit von 50 mg Streptomycin gezüchtet wurden. Bei einer nur fünfminütigen Einwirkungsdauer derselben Antibioticumkonzentration und anschließender Überführung der Pflanzen in das unveränderte Milieu nach KNOP, zeigte sich nach 8 Tagen eine Erniedrigung des Trockengewichts der Nebenwurzeln um 50 %. Je länger die Wurzel der Pisumpflanzen mit dem Antibioticum in Kontakt bleibt, umso stärker gehemmt erscheint das Trockengewicht der Nebenwurzeln nach 8 Tagen im Normalmilieu. Die Konzentration von 200 mg Streptomycin bewirkt schon nach fünfminütiger Einwirkung, daß überhaupt keine Nebenwurzeln entstehen können. SCHOPFER nimmt auf Grund der Kontaktversuche an, daß die Vegetationspunkte der Pisumwurzeln eine große Affinität für das Streptomycin haben, und daß das Antibioticum auch hier den Nukleinsäurestoffwechsel stört, wie dies GROS und MACHEBOEUF (1948) für Bakterien angenommen haben. Die Wirkung auf die Nukleinsäuren, welche die Lebensvorgänge der Zelle entscheidend beeinflussen, könnte einmal für die beobachtete Wachstumshemmung der Haupt- und Ne-

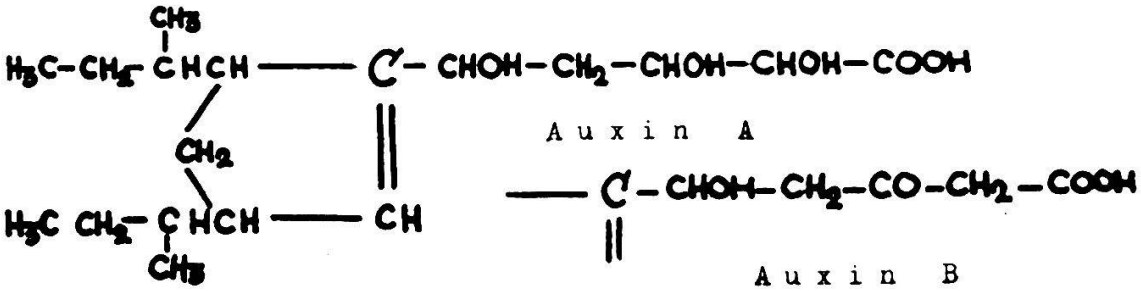
benwurzeln und für weitere unter Streptomycineinfluß an der Pflanze entstehende Veränderungen verantwortlich gemacht werden. Das Antibioticum hemmt nämlich auch die Bildung des Chlorophylls (EULER 1947) und beeinträchtigt zudem die Biosynthese der Carotinoide, wie SCHOPFER (1951) bei *Pisum*, *Avena* und *Phycomyces* (1952) nachweisen konnte.

Weitere Wirkstoffe, welche in bezug auf Beeinflussung der pflanzlichen Gestaltung schon lange vor den Antibiotica diskutiert wurden, sind die Wuchsstoffe, auch Auxine genannt.

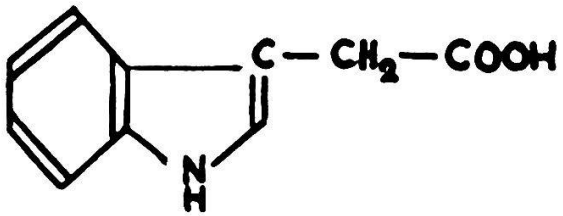
Der Beginn der Wuchsstofforschung geht auf die Versuche WENTs aus dem Jahre 1928 zurück, indem es ihm damals gelang, die stoffliche Natur der Auxine eindeutig nachzuweisen und damit die Grundlagen zu ihrer Identifizierung zu schaffen. Bereits bevor die Anwesenheit von speziellen Wuchsstoffen bekannt war, beschäftigte sich die biologische Forschung eingehend mit den Problemen des Wachstums und der Organbildung, wie auch mit den Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Organen (Korrelationen), aus denen die typische Gestalt der Pflanzen hervorgeht. So machte zum Beispiel DUHAMEL DU MONCEAU 1785 einen von der Wurzel aufsteigenden Saftstrom für die Sproß- und Blattbildung, einen absteigenden Saftstrom für die Wurzelbildung verantwortlich. Als Erklärung für die Ausbildung der Pflanzenform wurde in dieser Zeit hauptsächlich eine unterschiedliche Verteilung von Nährstoffen im Organismus herangezogen. Jedoch vermuteten einzelne Forscher die Mitwirkung von speziellen organbildenden Substanzen (SACHS) oder von Wachstumsenzymen (BEYERINCK). Grundlegend für die spätere Entdekkung des Wuchsstoffes zeigte sich eine Beobachtung von DARWIN im Jahre 1880. Er stellte fest, daß durch einseitige Belichtung eine *Phalaris*koleoptila nach der lichtzugewandten Seite hin gebogen wird und erkannte in diesem Phototropismus eine spezielle Korrelationserscheinung. WENT hat aus diesem und ähnlichen Ergebnissen von FITTING, BOYSEN-JENSEN, PAAL, SOEDING die Schlußfolgerung gezogen, daß durch den Lichtreiz ein wachstumsfördernder Stoff zerstört wird, der auf der lichtgeschützten Seite seine Wirkung weiter entfalten kann und so eine Krümmung des Organs herbeiführt. Er konnte ihn in Agarblöckchen auffangen und mit ihm experimentieren. Damit war das Vorhandensein eines speziellen Wuchsstoffes bewiesen. Man bezeichnet ihn heute mehrheitlich als Wuchshormon, weil der von WENT postulierte Wirkstoff alle Bedingungen erfüllt, welche mit diesem Begriff verknüpft sind: Er wird in einem bestimmten Pflanzenteil (Koleoptilspitze) synthetisiert, nach

einem Erfolgsorgan (Koleoptilbasis) geleitet und wirkt in kleinsten Mengen spezifisch morphogenetisch.

WENT erkannte den chemischen Aufbau des Hormons noch nicht, da es ihm aus den Koleoptilspitzen nur in kleinsten Mengen zur Verfügung stand. Da entdeckte KOEGL 1932 den Wuchsstoff als Bestandteil des Harns und isolierte ihn daraus. Die beiden Ausdrucksformen dieser Wuchsstoffe wurden von KOEGL Auxin A und Auxin B genannt und besitzen nach seiner Ansicht folgende Konstitution:



Bei der Aufarbeitung des Harns stieß KOEGL auf eine weitere Fraktion im Wuchsstoffcharakter, die er Heteroauxin nannte. Diese Fraktion erwies sich als identisch mit der schon bekannten β-Indolessigsäure [1]. Sie besteht aus einem Indolkern, der aus einem Benzol- und einem Pyrrolring zusammengesetzt ist und einer Seitenkette, die der Essigsäure entspricht.



Indolessigsäure

Die Auxine A und B zeigen nach KOEGL qualitativ die gleiche physiologische Wirksamkeit wie die IES. VON GUTTENBERG (1942) lehnte diese Behauptung auf Grund des großen chemischen Unterschiedes zwischen den beiden Stoffen ab und nahm an, IES sei ein Reizstoff, der die Bildung von Auxin A und B in der Pflanze erst anrege, was indessen nicht genau bewiesen werden konnte. Seit der Entdeckung KOEGLs sind die Auxine A und B nie mehr isoliert worden und besitzen heute nur mehr historisches Interesse, während die IES im Mittelpunkt der Wuchsstoffforschung steht. Ihr Vorkommen konnte in *Rhizopus suinus*, Hefe, andern Mikroorganismen und in höheren Pflanzen (zum Beispiel in Weizenkeimlingen) nachgewiesen werden. IES wird aus Pflanzenmaterial

[1] β-Indolessigsäure wird in dieser Arbeit abgekürzt als IES aufgeführt.

mit Äther extrahiert, kann aber auch leicht synthetisch hergestellt werden. Die Möglichkeit mit künstlichem Wuchsstoff zu experimentieren, führte zu einer großen Zahl neuer Untersuchungen mit dem Ziel, den Mechanismus des pflanzlichen Wachstums zu ergründen. Anfänglich wurde dabei die IES in unkontrollierbaren, unphysiologisch hohen Mengen angewendet, da noch nicht bekannt war, daß ihre Wirkung weitgehend von der Konzentration abhängig ist. Auch wußte man noch nicht, daß die einzelnen Organe der Pflanzen eine verschiedene Auxinempfindlichkeit aufweisen können. Die Unkenntnis dieser grundlegenden Tatsachen führte in dieser Zeit zu widersprechenden Ansichten über die Auxinwirkung. Erste genaue Angaben brachten die Konzentrationsversuche von GEIGER-HUBER und BURLET (1936). Diese Autoren zeigten, daß eine Verdünnung von 3×10^{-11} mol IES das Wachstum von Maiswurzeln in steriler Organkultur (BONNERmilieu) gegenüber den Kontrollwurzeln fördert, während stärkere Konzentrationen von 10^{-8} mol aufwärts zunehmend hemmen. Damit war eine Konzentrationsabhängigkeit der IES-Wirkung eindeutig nachgewiesen. BEIN (1951) konnte diese Ergebnisse anhand eigener Experimente an *Zea Mays* bestätigen. GEIGER-HUBER und BURLET (1936) zeigten auch, daß IES-Konzentrationen, welche das Koleoptilwachstum fördern, die Wurzel noch hemmen, während viel schwächere Konzentrationen die Wurzel ebenfalls fördern. Diese Erscheinung läßt sich nur durch eine unterschiedliche IES-Empfindlichkeit der Organe erklären. Über den eigentlichen Mechanismus der pflanzlichen Wachstumsvorgänge sagen jedoch diese Beobachtungen nicht viel aus.

KOEPFLI, THIMANN und WENT (1938) versprachen sich neue Erkenntnisse über Wuchsstoffmechanismen durch Untersuchung der Zusammenhänge zwischen chemischer Struktur und Auxinwirkung. Sie gingen aus von der Beobachtung, daß neben IES auch α-Naphtylessigsäure, cis-Zimtsäure, Indol-3-Propionsäure und Phenylessigsäure Wuchsstoffcharakter aufweisen. Aus der Ähnlichkeit dieser Stoffe stellten sie folgende Strukturbedingung für einen aktiven Wachstumsregulator auf: Ungesättigtes, lipophiles Ringsystem mit einer Seitenkette, die eine Karboxylgruppe trägt. Die physiologischen Eigenschaften dieser Stoffe ergeben sich, nach den erwähnten Autoren, aus der Adsorption an ein aktives Substrat, wie dies die Plasmagrenzschichten und das Cytoplasma der lebenden Pflanzenzelle darstellen. Der Verlust der Wuchsstoffwirkung tritt dann ein, wenn der Wachstumsregulator nicht mehr an zwei Punkten seines Moleküls, nämlich der Karboxylgruppe und der ortho-Stel-

lung zur Karboxylgruppe, mit zwei vorbestimmten Substratorten reagieren kann (sog. two point attachment). Ein Hemmstoff des Wachstums wäre demnach in der Lage, diese Zweipunktbindung und damit die Aktivität des Wuchsstoffes zu unterbinden. Nach Mc Rae und Bonner (1953) kann aus einem der obgenannten Wuchsstoffe selbst ein Hemmstoff (Antiauxin) entstehen, wenn aktives Auxin derart umgeformt wird, daß es an Stelle der zur Wachstumsförderung notwendigen Zweipunktbindung nur eine Einpunktbindung mit dem Substrat (auxin receptive entity within the plant) eingehen kann. Rae und Bonner machen folgende Veränderungen des Wuchsstoffmoleküls dafür verantwortlich:

1. Fehlen der Karboxylgruppe (zum Beispiel 2,4-Dichloranisol)
2. Blockierung der beiden ortho-Stellungen zur Karboxylgruppe (zum Beispiel 2,6-Dichlorphenoxyessigsäure)
3. Die räumliche Beziehung zwischen Karboxylgruppe und aktiver ortho-Gruppe läßt keine Zweipunktbindung zu, wegen Anwesenheit einer unförmigen Seitenkette am α-C. (zum Beispiel Dichlorphenoxyisobuttersäure).

Die Wirkung der Antiauxine beruht also auf einem kompetitiven Antagonismus. Indem ihre umgeformten Moleküle nur Einpunktbindungen mit dem Substrat eingehen, versperren sie den aktiven Auxinmolekülen den Platz, so daß diese ihre wachstumsfördernde Wirkung nicht entfalten können. Die Theorien von Koepfli, Thimann, Went, sowie von Rae und Bonner, gehen von der Annahme aus, daß die Wachstumsförderung durch Auxine mit ihrer Zweipunktbindung an ein aktives Substrat in der Pflanzenzelle verknüpft sei. E. Sutter (1944) konnte diese Auffassung durch eigene Messungen unterstützen. Sie berechnete, daß die für maximale Wachstumsförderung von Hypokotylen der *Cucumis sativus* pro wachsende Zelle aufgenommene Anzahl von IES-Molekülen ($5{,}5 \times 10^9$) nicht genügt, um eine monomolekulare Schicht über die ganze Zelloberfläche zu bilden und schließt daraus, daß der wirkende Wuchsstoff in der Zelle nicht frei gelöst, sondern an bestimmte Zellorte gebunden sei. In wachstumshemmender, starker Konzentration hingegen wird die Zelloberfläche von Auxinmolekülen überschwemmt, die einander beim Eingehen der Zweipunktbindungen stören und damit zu einer sichtbaren Wachstumshemmung führen könnten.

Bis jetzt haben wir den Einfluß der IES auf das Wachstum besprochen. 1938 entdeckte Reinders (1938), daß sie in wachstumsfördernder Konzentration auch den Wasseraustausch von Parenchymgeweben erhöht. Brauner (1949) stellte ergänzend fest, daß IES den Wasseraus-

tausch in Konzentrationen über 10^{-4} mol hemmt und in Konzentrationen unter 10^{-5} mol fördert. Daraus ergibt sich eine ähnliche Konzentrationsabhängigkeit der Wirkung auf den Wasseraustausch wie auf das Wachstum. Auf Grund seiner Versuche erklärte sich BRAUNER die Erscheinung in einer gegensätzlichen Beeinflussung des Durchlässigkeitsvermögens der Plasmagrenzschichten und der Dehnbarkeit der Membran durch stark und schwach konzentrierte IES. Er sah in der Erhöhung der Wasserpermeabilität der Zelle durch geeignete IES-Konzentrationen einen Sondereffekt, der die Hauptwirkung des Wuchsstoffes auf die Zellstreckung unterstützt, oder sogar erst ermöglicht. Die Dehnbarkeit der Membran ist nach BRAUNER viel stärker unter aeroben als unter anaeroben Verhältnissen. BOUILLENNE (1943) stellte zudem eine Steigerung der Atmung bei Maiskeimlingen fest, unter Anwendung von wachstumsfördernden IES-Konzentrationen. Es besteht demnach zwischen den Effekten des Auxins auf die Wachstumsvorgänge eine Beziehung, indem die dazu benötigte Energie hauptsächlich aus der Atmung herstammt.

Problemstellung

SCHOPFER (1952) beobachtete bei Kontaktversuchen mit Streptomycin eine starke Erniedrigung des Trockengewichts und der Zahl der Nebenwurzeln an Pisumpflanzen. Mit diesem «Nebenwurzeltest» ist es möglich, die Einwirkung von schwachen Dosen hemmender Substanzen einwandfrei festzustellen. BEIN (1951) konnte auch eine Hemmung des Längenwachstums der isolierten Pisumwurzeln (Organkultur in synthetischer Nährlösung) durch das Antibioticum nachweisen. SCHOPFER schloß aus diesen Ergebnissen, daß die Vegetationspunkte der Pflanzen eine starke Affinität für Streptomycin haben müssen. Im Anschluß an die Resultate EULERS (1947), der eine Koagulation der Nukleinsäuren in vitro durch Streptomycin festgestellt hatte, nahm SCHOPFER an, daß die Wachstumshemmung durch eine Störung des Nukleinsäurestoffwechsels hervorgerufen werde, die zu einer Verlangsamung oder gar Blockierung der Zellteilungen führt. Die Vegetationspunkte, von denen primär die Gestaltung der Pflanze ausgeht, sind aber auch die Hauptwirkungsorte der IES. Der Wuchsstoff entfaltet besonders an diesen Stellen in noch weitgehend ungeklärter Weise seinen Einfluß auf die Zellstreckung und das Wachstum, wenn die Beziehungen der Auxinmoleküle zum Wirksubstrat in der von RAE und BONNER (1953) angegebenen Weise erfüllt sind. Die Tätigkeit des Streptomycins und der IES am sel-

ben Ort im pflanzlichen Organismus, die zu den erwähnten Erscheinungen führt, gab Anlaß zum Grundproblem der vorliegenden Arbeit. Es sollte erstmals eine Wechselwirkung zwischen Streptomycin und IES auf das Pflanzenwachstum in vitro untersucht werden. Dabei vermuteten wir, daß sich ein antagonistischer Effekt zwischen diesen Stoffen ergeben werde. Anhaltspunkte dafür liefert auch die natürliche Wachstumsregulation, der die Pflanzenwurzel im Boden unterworfen ist. Man weiß, daß an dieser Steuerung die IES, welche in den oberirdischen Pflanzenteilen gebildet und in die Wurzel geleitet wird, als endogener Faktor beteiligt sein muß. Sie ist dafür verantwortlich, daß die Länge der Wurzel stets in einem korrelativen Verhältnis zur Größe der ganzen Pflanze steht. Es ist aber auch anzunehmen, daß Substanzen, die im Boden vorhanden sind und von anderen Organismen gebildet werden, als exogene Faktoren das Wurzelwachstum beeinflussen. Es handelt sich hier um Spurenelemente, Vitamine, Aminosäuren, Hormone und die für das vorliegende Problem wichtigen Antibiotica. Letztere sind als Ausscheidungsprodukte von Pilzen und Bakterien in jedem Boden vorhanden und besitzen hier nach WINTER und WILLEKE (1951) eine große Stabilität. BEIN (1951) konnte tatsächlich nachweisen, daß Bodenextrakte (0,2 g Erde/ccm), besonders aus Walderde, das Längenwachstum der Pisumwurzeln in vitro sehr stark hemmen. Er vermutete, daß die Wirkung der Bodenextrakte durch ihren Gehalt an Antibiotica, aber auch anderen Hemmstoffen des Wachstums, bedingt sei. Die Antibiotica beeinflussen sehr wahrscheinlich auch hier die Zellteilungen über die Nukleinsäuren, wie dies zum Beispiel für die Hemmung des Wurzelwachstums in vitro mit reinem Streptomycin angenommen wird. Es darf aber nicht übersehen werden, daß alle exogenen Faktoren in der Natur auch indirekt auf die Wachstumsverhältnisse einwirken können, indem sie andere Organismen (Bakterien, Pilze oder Wurzeln anderer Pflanzen) fördern oder hemmen und damit den qualitativen und quantitativen Wirkstoffgehalt des Bodens verändern. So wäre zum Beispiel eine Unterdrückung der luftstickstoffbindenden (*Rhizobium radicicola*) und nitratbildenden (*Nitrosomonas, Nitrobacter*) Bodenorganismen von größtem Einfluß auf die Stickstoffernährung und damit das Wachstum der Pflanzen. KOEHLER (1955) gibt an, daß der Gehalt an einem bestimmten Antibioticum (Gliotoxin), das stark hemmend auf die Mykorrhizapilze einwirkt, dafür verantwortlich zu machen ist, daß im Boden von Wareham (USA) Koniferen nicht zu wachsen vermögen. Der Mykorrhizapilz stellt den Waldbäumen lebensnotwendige Stoffe u. a. Vitamine zur Verfügung. Bei un-

seren Untersuchungen wollten wir, unter Ausschaltung der soeben besprochenen indirekten Wirkung, einen möglichen direkten Einfluß des Streptomycins als exogener Wachstumshemmstoff auf die Tätigkeit der IES aufdecken. Um das zu erreichen entschlossen wir uns, die beiden Stoffe vorerst in verschiedenen Konzentrationen einzeln auf das Längenwachstum der isolierten Pisumwurzel und auf das Nebenwurzelwachstum in steriler Kultur unter unseren Versuchsbedingungen zu testen. Aus dem Kombinationsversuch bei gleichzeitiger Einwirkung von Streptomycin und IES, erwarteten wir als Resultat einen Antagonismus, der uns die Grundlagen für weitere Experimente liefern sollte, möglicherweise unter Anwendung anderer Methoden. Die vollständige oder auch nur teilweise Aufklärung eines derartigen Antagonismus kann einen Beitrag leisten zur besseren Erfassung des Wuchshormonenmechanismus in den Pflanzen.

II. EXPERIMENTELLER TEIL

A. WIRKUNG VON INDOLESSIGSÄURE UND STREPTOMYCIN ALLEIN UND IN KOMBINATION AUF WURZELKULTUREN

(*Pisum sativum*)

Zur Methodik der Kultur isolierter Pflanzenteile unter sterilen Bedingungen

Als Testobjekt zur Ermittlung des direkten Einflusses von Wirkstoffen auf das Wachstum, haben wir die isolierten Wurzeln von *Pisum sativum* (Sorte Maikönigin) gewählt, welche in folgender Weise präpariert wurden: Das Samenmaterial, welches für eine Versuchsreihe aus derselben Ernte stammen muß, wurde sorgfältig ausgelesen und durch Einlegen in 35 ‰ Chlorkalklösung während 1 h. desinfiziert. Die vorbehandelten Samen werden dann zur Keimung gebracht, indem man sie (10—20 Stück) in sterile Petrischalen überträgt welche feuchte Watte mit Filterpapier bedeckt enthalten. Während 4—5 Tagen bleiben nun die Schalen im Dunkeln bei 23 ° C. Nach dieser Zeit werden die Samen und ihre Keimwurzeln mit der Lupe genau durchgemustert, um eventuelle Infektionen zu erkennen und die betreffenden Petrischalen auszuscheiden. Hierauf erfolgt das Auswählen der Wurzeln für den Versuch, die in ihrer Länge nicht allzusehr voneinander differieren sollen, um die ohnehin große Variationsbreite im Längenwachstum etwas zu reduzieren. Mit einem ab-