Über die Wirkung von Gibberellin auf Wachstum und Blütenbildung bei verschiedenen Temperatur- und Licht-Verhältnissen

Von RÜDIGER KNAPP

(Z. Naturforschg. 11 b, 698—704 [1956]; eingegangen am 23. Mai 1956)

* Aus der Division of Biology, Earhart Plant Research Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California

Die Gibberelline sind erst seit relativ kurzer Zeit bekannt. Sie können in geeigneten Konzentrationen insbesondere das Längenwachstum der Sprosse in sehr starkem Maße beschleunigen. Ihre Wirkung wurde unter dem Einfluß verschiedener Temperatur- und Lichtverhältnisse an *Agrostemma githago* und *Galinsoga parviflora* untersucht. Bei beiden Arten ist die Dauer der täglichen Belichtung von wesentlich stärkerem Einfluß auf die Wirkung von Gibberellin als Unterschiede in der Temperatur. *Galinsoga parviflora* wird von Gibberellin stärker beeinflusst als *Agrostemma githago*. Bei *Galinsoga* wird außer dem Längenwachstum der Sprosse und dem Beginn der Blüte, die auch bei *Agrostemma* gefördert werden, die Form und anfangs die Größe der Blätter, im Dauerlicht ferner die Zahl der fertilen Früchte in bestimmter Hinsicht verändert.

Die Gibberelline sind zuerst von japanischer Seite bearbeitet worden (Zusammenstellungen der japanischen Literatur in den Arbeiten von Stoll¹, Stodola und Mitarbb.²). Sie werden von dem Pilz *Gibberella fujikuroi* (Saw.) Woll. gebildet. Eine Reihe von Bearbeitern sehen *Fusarium moniliforme* Sheld. als dessen imperfektes Stadium an (Brierley³). *Gibberella* verursacht eine Pflanzenkrankheit, die in Reisplantagen auftritt (Bakanaë-Krankheit). Über den Stoffwechsel, einige Wachstumsbedingungen und biologisch wirksame Stoffe dieses Pilzes führte außer den japanischen Bearbeitern Stoll¹ Untersuchungen durch. Neuerdings haben sich auch Cross⁴, Curtis und Cross⁵, Mulholland und Ward⁶, Borrow, Brian und Mitarbb.⁷, Stodola und Mitarbb.² mit der chemischen Struktur und Isolation dieser Verbindungen beschäftigt. Brian und Mitarbb. (Brian, Elson, Hemming und Radley⁸, Brian und Hemming⁹) führten Untersuchungen über die wuchsfördernden Eigenschaften der Gibberellinsäure durch.

Die Untersuchungen, über deren Ergebnisse hier berichtet wird, mögen zur Kenntnis der Wirkung der Gibberelline auf das Wachstum und die Blüten-

bildung unter dem Einfluß verschiedener Temperatur- und Lichtbedingungen beitragen. Die Versuche wurden im Earhart Plant Research Laboratory, das hierfür besonders gute Möglichkeiten bot (Went¹⁰), mit *Agrostemma githago* L. und *Galinsoga parviflora* Cav. durchgeführt.

Arbeitsmethoden

Das verwendete Präparat der Gibberelline A und X stammt von der Firma Merck u. Co., Inc., Rahway N. J. Die Gibberelline A (C₂₂H₂₆O₇) und X (C₁₉H₂₂O₆) unterscheiden sich zwar trotz Verwandtschaft in ihrem chemischen Aufbau. Jedoch ist ihre physiologische Wirkung nach Stodola und Mitarbb.² ungefähr gleichartig. Gibberellin X ist identisch mit Gibberellinsäure.

Die Gibberelline wurden in einer kleinen Menge Äthylalkohol gelöst. Dann erfolgte eine starke Verdünnung mit Wasser. Die so gewonnenen Lösungen hatten einen Gehalt von 2% Äthylalkohol. Ein solcher Alkoholgehalt hat bei den applizierten Mengen und Methoden keinen Einfluß auf das Wachstum, wie durch ergänzende Untersuchungen festgestellt wurde. Jedoch wurden vorsichtshalber auch die Kontrollpflanzen mit der gleichen Menge Lösung von Äthylalkohol in Wasser (2%) ohne Gibberellin wie die anderen Serien behandelt. Die Lösungen wurden auf die jüngsten, voll entwickelten Blätter aufgetragen. Die Behandlung erfolgte dreimal an drei aufeinanderfolgenden Tagen. Jeden Tag erhielt je eine

¹ C. Stoll, *Phytopathol. Z.* **22**, 233 [1954].

² F. H. Stodola, K. B. Raper, D. I. Fennell, H. F. Conway, V. E. Sohns, C. T. Langford u. R. W. Jackson, *Arch. Biochem. Biophysics* **54**, 240 [1955].

³ W. B. Brierley, Appendix in E. Gäumann, *Principles of plant infection*, S. 498, London 1950.

⁴ B. E. Cross, *J. chem. Soc.* **1954**, 4670.

⁵ P. J. Curtis u. B. E. Cross, *Chem. and Ind.* **1954**, 1066.

⁶ T. P. C. Mulholland u. G. Ward, *J. chem. Soc.* **1954**, 4676.

⁷ A. Borrow, P. W. Brian, V. E. Chester, P. J. Curtis, H. G. Hemming, C. Hennehan, E. G. Jefferys, P. B. Lloyd, I. S. Nixon, G. L. F. Norris u. M. Radley, *J. Sci. Food Agric.* **6**, 340 [1955].

⁸ P. W. Brian, G. W. Elson, H. G. Hemming u. M. Radley, *J. Sci. Food Agric.* **5**, 602 [1954].

⁹ P. W. Brian u. H. G. Hemming, *Physiol. Plantarum* **8**, 669 [1955].

¹⁰ F. W. Went, *Chronica Botanica* **12**, 89 [1950].

Pflanze 0,05 ccm. Die Lösungen waren so hergestellt worden, daß mit 0,15 ccm die betreffenden Mengen von Gibberellin (3 und 9 μg pro Pflanze) auf die Pflanzen gelangten. Das Gibberellin wurde offensichtlich gut von den Blättern aufgenommen und rasch in die wachsenden Teile der Pflanzen transportiert, wie die schnell einsetzende Wirkung zeigte. Die Mengen von Gibberellin pro Pflanze wurden auf Grund der Erfahrungen von Brian und Hemming⁹ bei Erbsen so gewählt, daß ein nachhaltiger Effekt erwartet werden konnte.

Die Anzucht der Pflanzen und die Durchführung der Versuche erfolgte in Klimakammern mit konstanten Temperaturen, 75% relativer Luftfeuchtigkeit und in einer Lichtintensität von 7700 ± 200 Lux. Es wurde der Einfluß von drei verschiedenen Temperaturen, 26°, 17° und 10° C, untersucht. Die Lichtverhältnisse wurden dadurch variiert, daß bei jeder dieser Temperaturen eine Serie täglich 16-stdg. Dunkelheit ausgesetzt war (Kurztag-Bedingungen). Die Pflanzen der anderen Serien wuchsen im Dauerlicht. Die Pflanzen wurden während des gesamten Versuches und der Anzucht in Vermiculite kultiviert, der ständig gleichmäßig mit einer Nährlösung feucht gehalten wurde, die in 1 l Wasser neben Spurenelementen nach Hoagland folgende Verbindungen enthielt: 0,91 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 0,544 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; 0,1552 g KH_2PO_4 ; 0,5532 g KNO_3 ; 0,05845 g NaCl . Die Arbeitsmethoden entsprachen also denen, die sich bereits bei anderen Experimenten für das Wachstum von *Agrostemma githago* als günstig erwiesen hatten (Knapp¹¹).

Die Pflanzen stammen von Saatgut, das im Earhart Plant Research Laboratory geerntet wurde. Die Elternpflanzen waren selektioniert und wuchsen in den Gewächshäusern mit kontrollierten Temperaturen und natürlichem Licht (Elternpflanzen von *Agrostemma* bei 23° von 8—16 Uhr und 17° von 16—8 Uhr; Elternpflanzen von *Galinsoga parviflora* bei 20° von 8—16 Uhr und 14° von 16—8 Uhr).

Die Aussaat und Jugendentwicklung erfolgte im Dauerlicht, wobei *Agrostemma* Temperaturen von 7°, *Galinsoga* von 23° ausgesetzt waren. 24 Stdn. vor der ersten Applizierung der Gibberellin-Lösung wurden die Pflanzen in die Klimakammern mit den Temperatur- und Lichtverhältnissen umgestellt, in denen die betreffenden Experimente durchgeführt wurden. Tab. 1 enthält Angaben über die Größe der Pflanzen zu diesem Zeitpunkt. Der mittlere Fehler zeigt hierbei die Variabilität des Materiales. Er wurde für je 50 Pflanzen berechnet.

Wirkung auf das Sproßwachstum

Am deutlichsten ist der Einfluß auf das Wachstum des Sprosses. Die mit Gibberellin in wirksamen Konzentrationen behandelten Pflanzen haben ein rasches Höhenwachstum als die anderen Individuen. Erst nach einem bestimmten Zeitraum klingt die Wirkung ab. Untersuchungen in kurzfristigeren Abständen erlauben eine nähere Analyse der Wachstumsförderung unter den einzelnen Temperatur- und Lichtbedingungen. Für die beiden untersuchten Ar-

	Höhe des Sprosses [mm]	Länge des längsten Blattes [mm]
<i>Agrostemma githago</i>	$34,0 \pm 0,57$	$91,2 \pm 1,23$
<i>Galinsoga parviflora</i>	$59,5 \pm 0,98$	$34,1 \pm 0,65$

Tab. 1. Angaben über die Größe der Pflanzen.

ten zeigt je eine Abbildung die Höhe der Kontrollpflanzen (nicht mit Gibberellin behandelt) zu den verschiedenen Zeitpunkten und die Förderung des täglichen Zuwachses durch Gibberellinegaben. Bei den Messungen wurde als Sproßhöhe der Zwischenraum zwischen dem Cotyledonarknoten und dem höchsten zu den einzelnen Zeitpunkten jeweils entwickelten Knoten berücksichtigt. Die Länge des Hypokotyles wurde nicht eingeschlossen, da diese zu sehr von den Pflanzbedingungen beeinflusst war.

Bei *Agrostemma githago* (Abb. 1 und 2) setzt die Wirkung im Dauerlicht rasch ein. In den ersten Tagen erfolgt hier die Hauptwirkung des Gibberellins. Danach tritt ein rascher Abfall der Förderung des Höhenwachstums ein. Nach etwa 8 Tagen wachsen daher die mit Gibberellin behandelten Pflanzen im allgemeinen nur wenig schneller oder gar langsamer als die Kontrollen. Im Kurztag ist die Wirkung des Gibberellins bei *Agrostemma* in den ersten Tagen nach der Behandlung relativ gering. Um den 5. Tag herum erfolgt unter diesen Bedingungen die maximale Förderung des Sproßwachstums. Im allgemeinen ist die Beschleunigung des täglichen Zuwachses in diesem Zeitraum höher als im Dauerlicht. Die Wirkung des Gibberellins hält bei 8-stdg. täglicher Belichtung länger an. Der Gegensatz zwischen dem Einfluß im Dauerlicht und im Kurztag ist bei *Agrostemma githago* viel größer als derjenige zwischen den einzelnen Temperaturen. Der letztere ist erstaunlich gering. Sowohl bei hohen als auch bei tiefen Temperaturen hat Gibberellin eine starke Wirkung. Im Dauerlicht liegt die Zeit der Förderung durch Gibberellin vor der Periode des größten Streckungswachstums der Kontrollen. Im Kurztag ist das Wachstum der unbehandelten Pflanzen während des Untersuchungs-Zeitraumes ziemlich gleichmäßig (Abb. 2).

Bei *Galinsoga parviflora* (Abb. 3 und 4) setzt die Wirkung des Gibberellins im Dauerlicht ziemlich rasch ein, ohne allerdings so stark auf die ersten Tage nach der Applizierung konzentriert zu sein wie bei *Agrostemma*. Am 4. bis 7. Tage nach Beginn der Behandlung ist der Zuwachs bei 26° und 17°, am 7.

¹¹ R. Knapp, Naturwissenschaften 43, 115 [1956].

bis 9. Tage bei 10° im Dauerlicht am meisten gefördert. Auch das Abklingen der Wirkung erfolgt in hohen Temperaturen sehr viel rascher als bei ge-

Abb. 1. Tageslicher Zuwachs von *Agrostemma githago* bei verschiedenen Temperaturen. Links Zuwachs im Dauerlicht, rechts bei 8-stdg. täglicher Belichtung. Abszisse: Tage nach Beginn der Behandlung mit Gibberellin. Ordinate: Relativer täglicher Zuwachs (Zuwachs der Kontrollen = 100). Dicke Kurven: 9 µg Gibberellin pro Pflanze. Dünne Kurven: 3 µg Gibberellin pro Pflanze.

Abb. 2. Wachstumsverlauf der Sprosse von *Agrostemma githago* (nicht mit Gibberellin behandelte Kontrollen) in 3 verschiedenen Temperaturen im Dauerlicht (links) und bei 8-stdg. täglicher Belichtung (rechts). Abszisse: Tage nach Beginn der Behandlung der anderen Serien mit Gibberellin. Ordinate: Höhe der Sprosse in cm. Dünne Kurven Wachstum bei 26°, dicke Kurven bei 17°, unterbrochene Kurven bei 10°.

ringerer Wärme. Etwa vom 14. Tage ab ist bei 26° der Zuwachs bereits geringer als bei den unbehandelten Pflanzen. Bei 10° hält dagegen die Wuchsförderung bis zum Abschluß der Messungen an. Dieser unterschiedliche Einfluß bei den einzelnen Tempe-

raturen stellt in gewissem Sinne eine Parallele zu den Ergebnissen der Untersuchungen von De Haan¹² an mit *Fusarium moniliforme* befallenen Reispflanzen dar, der ungleiche Wirkungen bei verschiedenen Bodentemperaturen fand.

Abb. 3. Tageslicher Zuwachs von *Galinsoga parviflora* bei verschiedenen Temperatur- und Lichtverhältnissen. Erläuterungen bei Abb. 1.

Abb. 4. Wachstumsverlauf der Sprosse bei *Galinsoga parviflora* (nicht mit Gibberellin behandelte Kontrollen) in verschiedenen Lichtverhältnissen und Temperaturen (obere Kurven bei 26°, mittlere Kurven bei 17°, untere Kurven bei 10°). Weitere Erläuterungen wie bei Abb. 2.

Im Kurztag setzt auch bei *Galinsoga parviflora* bei allen Temperaturen die Wirkung des Gibberellins im allgemeinen viel langsamer ein als im Dauerlicht und erreicht am 7. bis 12. Tage nach Beginn der Behandlung ihr Maximum. Die Wirkung hält auch länger an, erreicht jedoch nicht so hohe Werte in der Förderung des täglichen Zuwachses wie im Dauerlicht. Während im Dauerlicht diese Werte im Maximum bei allen Temperaturen über 350% liegen, überschreiten sie im Kurztag nicht 275 Prozent. Auch bei *Galinsoga* scheint für die Art der Wirkung des Gibberellins die tägliche Belichtungsdauer der Pflanzen von erheblich größerem Einfluß zu sein als die Höhe

¹² J. Th. de Haan, Phytopathol. Z. 10, 235 [1937].

Temperatur [°C]	Gibberellin pro Pflanze [µg]	Zahl der Seitensprosse 8 Tg.*	Länge des längsten Seitensprosses [cm]		
			8 Tg.*	13 Tg.*	32 Tg.*
26	—	4,0	1,4	4,0	13,3
	3	6,3	2,5	5,7	16,7
	9	7,0	3,5	6,7	20,0
17	—	2,5	0,6	2,6	11,1
	3	4,7	1,5	4,7	13,3
	9	5,3	2,3	5,3	14,7
10	—	1,3	0,3	1,0	4,6
	3	2,0	1,3	2,7	6,8
	9	2,6	1,8	3,9	9,2

* Tg. = Tage nach Beginn der Behandlung mit Gibberellin.

Tab. 2. Seitensproßbildung bei *Galinsoga parviflora* unter dem Einfluß von Gibberellin im Dauerlicht.

Temperatur [°C]	Licht pro Tag [Std.]	Gibberellin pro Pflanze [µg]	Internodien					
			2.	3.	4.	5.	6.	7.
26	24	3	123	194	164	136	89	72
		9	107	172	164	147	99	84
17	24	3	136	157	133	86	66	54
		9	118	166	156	93	82	60
10	24	3	117	161	169	114	90	85
		9	107	203	207	129	110	91
17	8	3	158	171	131	104	80	42
		9	119	146	152	123	85	56
10	8	3	150	161	110	85	76	—
		9	110	136	160	103	103	—

Tab. 3. Längen des 2.—7. Internodiums des Hauptsprosses von *Galinsoga parviflora* unter dem Einfluß von Gibberellin. Relative Werte (Längen bei unbehandelten Pflanzen = 100). Das 2. ist das tiefste, das 7. das höchste, zuletzt gebildete der in der Tabelle berücksichtigten Internodien.

der Temperatur. Die Intensität der Wirkung des Gibberellins ist bei *Galinsoga* unter allen untersuchten Bedingungen höher. Denn bei *Agrostemma* wurden nur maximale Förderungen zwischen 200 und 230% gefunden.

Bei *Galinsoga parviflora* wurde auch die Seitensproßbildung erheblich durch Gibberellin beschleunigt (Tab. 2). Sowohl deren Länge als auch deren Zahl nimmt anfangs mit wachsenden Gibberellin-Gaben zu. Der Gegensatz in der Länge der Seitensprosse zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen ist jedoch bereits am 13. Tage nach der ersten Applizierung erheblich kleiner als zu einem früheren Zeitpunkt (8 Tage nach der ersten Behandlung).

Es erhebt sich die Frage, ob die Förderung des Sproßwachstums mit Änderungen in den Größenverhältnissen der verschiedenen Internodien verbun-

den ist oder ob sich die ausgewachsenen Sprosse der mit Gibberellin behandelten Pflanzen in dieser Hinsicht in keiner Weise von den Kontrollen unterscheiden. Im letzten Falle würde also nur eine allgemeine Wachstumsbeschleunigung vorherrschend sein, ohne daß später am Sproß Spuren der Wirkung des Gibberellins erkennbar wären. Das ist tatsächlich bei *Agrostemma* der Fall. Die Analysen der Länge der einzelnen Internodien ergaben bei dieser Art keine Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen.

Dagegen zeigen bei *Galinsoga parviflora* die Internodien, die sich unmittelbar nach der Einwirkung des Gibberellins entwickelten, größere Länge als diejenigen der unbehandelten Pflanzen (Tab. 3). Unter jeder der berücksichtigten Temperatur- und Lichtverhältnisse ist zunächst die Förderung der Internodienlänge durch die schwächeren Gibberellin-

größer. Erst zwischen den höheren Knoten erreichen die Internodien der mit den stärksten Mengen von Gibberellin behandelten Pflanzen die größten Längen. Die später entwickelten Internodien sind dagegen bei den unter dem Einfluß der Gibberellin-Lösungen beider Konzentrationen stehenden Pflanzen kürzer als bei den Kontrollpflanzen. Bei den mit $3 \mu\text{g}$ behandelten Pflanzen ist die Verminderung der Längen zunächst stärker und tritt oft auch bei früheren Internodien ein als bei den mit $9 \mu\text{g}$ behandelten Individuen. Die maximalen Internodien-Verlängerungen betragen zwischen 150 und 210 Prozent. Sie sind also geringer als die Zuwachsförderungen (Abb. 3). Eine größere Förderung der Länge der Internodien ist aus den Ergebnissen der Experimente von Brian und Hemming⁹ mit Erbsen (Meteor) unter Gibberellinsäure-Einfluß zu erschließen.

Bei Pflanzen, die ihre Entwicklung abgeschlossen haben, konnte weder bei *Agrostemma githago* noch bei *Galinsoga parviflora* ein wesentlicher Unterschied in der Höhe des Sproß-Systemes zwischen den Kontrollen und den mit Gibberellin behandelten Serien festgestellt werden. Auch in der Anzahl und Länge der Seitensprosse bei *Galinsoga* waren keine deutlichen Verschiedenheiten zwischen den unbehandelten Pflanzen und den früher der Einwirkung des Gibberellins ausgesetzten Serien in diesem Entwicklungsstadium zu ermitteln. Das gleiche gilt für die Gesamtgewichte der Pflanzen.

Wirkung auf die Blätter

Die Blattform und Blattlänge wird bei *Agrostemma githago* kaum durch Gibberellin beeinflusst. Selbst in Zeiten stärkster Wirkung des Gibberellins auf das Höhenwachstum der Sproßachse konnten bei den Blättern keine wesentlichen Vergrößerungen der Länge festgestellt werden. Auch die Unterschiede im Chlorophyllgehalt, soweit sie aus der Intensität der Grünfärbung geschätzt werden können, waren nicht deutlich.

Die Unterschiede in der Zahl der entwickelten Blattpaare 8 Tage nach Beginn der Gibberellin-Behandlung bei *Agrostemma githago* zeigt Tab. 4 (relative Werte, Mittel aller Temperaturen):

Gibberellinmenge pro Pflanze (<i>Agrostemma</i>) [μg]	Dauerlicht	8 Stdn. Licht täglich
—	100	100
3	105	102
9	110	105

Tab. 4. (Erläuterung im Text).

Es ergibt sich also eine schwache Förderung der Geschwindigkeit der Bildung der Blätter.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei *Galinsoga parviflora*. Hier bewirkt Gibberellin zunächst ein rascheres Längenwachstum der Blätter, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist. Dieser Einfluß ist aber nicht von Dauer. Am 32. Tage nach Einsetzen der Gibberellin-Gaben waren bei den Bedingungen, die raschen Wuchs ermöglichen (Dauerlicht bei 26° und 17° ,

Abb. 5. Blattlängen von *Galinsoga parviflora* (Ordinate) an verschiedenen Tagen nach Beginn der Behandlung mit Gibberellin im Dauerlicht (links) und bei 8-stdg. täglicher Belichtung (rechts) bei 3 verschiedenen Temperaturen. Obere Kurven $9 \mu\text{g}$ Gibberellin pro Pflanze; mittlere Kurven $3 \mu\text{g}$ Gibberellin pro Pflanze; untere Kurven Kontrollen (unbehandelte Pflanzen).

Kurztag bei 26°), die längsten Blätter bei den Kontrollen und den behandelten Pflanzen bereits gleich. Insbesondere wird aber die Form der Blätter durch die Verbindung wesentlich beeinflusst. Unter der Wirkung des Gibberellins wurden die Blattspreiten viel schmaler. Bei 8-stdg. täglichem Licht bei 10° ergaben sich folgende Quotienten für die Länge der Blattspreiten durch deren Breiten (erstes Blattpaar unter der am frühesten entwickelten Blüte):

Unbehandelte Pflanzen	$2,3 \pm 0,03$,
$3 \mu\text{g}$ Gibberellin pro Pflanze	$3,5 \pm 0,09$,
$9 \mu\text{g}$ Gibberellin pro Pflanze	$4,4 \pm 0,05$.

Bei 17° ergaben sich unter gleichen Lichtverhältnissen bei unbehandelten Pflanzen ein entsprechender Quotient von ebenfalls 2,3, bei den mit $9 \mu\text{g}$ Gibberellin versetzten Pflanzen von 4,3.

Im Dauerlicht kommt es während der Hauptwirkungszeit des Gibberellins bei *Galinsoga parviflora* sogar zu einer Aufrollung der Blätter. Das Gibberellin hat also hier eine stark schädigende Wirkung auf die Pflanzen. Dieser nachteilige Einfluß ist jedoch bei nur 8-stdg. täglicher Belichtung nicht zu beobachten. Gleichfalls nur im Dauerlicht wird eine Abnahme der Intensität der Grünfärbung der Blätter unter dem Einfluß des Gibberellins während seiner Hauptwirkungszeit deutlich, die wohl auf einem geringeren Chlorophyllgehalt beruhen dürfte. Eine hellere Färbung der Blätter wird auch als Symptom der durch den Pilz *Gibberella fujikuroi* verursachten Krankheit genannt (Stodola und Mitarbb.²). Die Aufrollung und die hellere Färbung der Blätter treten bei *Galinsoga parviflora* sowohl bei Gaben von 3 μg als auch von 9 μg Gibberellin pro Pflanze auf. Die Blätter, die sich sehr spät nach der Gibberellinwirkung entwickeln, zeigen keine Aufrollung mehr.

Die Zahl der zu den einzelnen Zeitpunkten entwickelten Blattpaare ist bei *Galinsoga parviflora* durch Gibberellin etwas deutlicher gefördert als bei *Agrostemma*. Immerhin ist dieser Einfluß auch hier ziemlich schwach. Es ergaben sich 8 Tage nach Beginn der Gibberellin-Gaben folgende relative Werte (Tab. 5):

Gibberellinmenge pro Pflanze (Galinsoga) [μg]	Dauerlicht	8 Stdn. Licht täglich
—	100	100
3	110	103
9	116	111

Tab. 5. (Erläuterung im Text).

Wirkung auf die Blüten und Infloreszenzen

Die Blüten und Knospen erscheinen unter der Gibberellin-Einwirkung früher als bei den unbehandelten Pflanzen. Die Gibberellin-Gaben verursachen

bei *Agrostemma githago* im Dauerlicht folgende Beschleunigung des Erscheinens der Knospen:

Bei 26°: 1 Tag,
bei 17°: 3 Tage,
bei 10°: 4 Tage.

Bei *Galinsoga parviflora* beträgt die entsprechende Beschleunigung:

Bei 26°: 1 Tag,
bei 17°: 3 Tage.

Gaben von 3 und 9 μg Gibberellin pro Pflanze bewirken bei beiden Arten die gleiche Beschleunigung des Erscheinens der Knospen gegenüber den Kontrollen.

Bei 26° waren am 20. Tage nach Beginn der Behandlung bei *Galinsoga* bei den Kontrollen im Durchschnitt 0,5 Blütenstände bei einer Pflanze vorhanden. Bei Einwirkung von 3 μg Gibberellin hatten sich bereits 1,7 und bei einer Gabe von 9 μg Gibberellin 2,7 Blütenstände pro Pflanze entwickelt. Es ist also auch eine Differenzierung in der Zahl der Blütenstände zu bestimmten Zeitpunkten bei verschiedenen Gibberellin Gaben festzustellen.

Wie lange nach der Gibberellin-Behandlung bei *Galinsoga* unter Bedingungen, bei denen ein langsames Wachstum erfolgt, noch Unterschiede in der Zahl der Infloreszenzen einer Pflanze festzustellen sind, geht aus Tab. 6 hervor. Allerdings zeigt es sich auch hier, daß sich mit der Zeit die Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen ausgleichen.

Die Beschleunigung des Erscheinens der Knospen und Blüten ist im wesentlichen nur ein Ausdruck der raschen allgemeinen Entwicklung der Pflanzen unter dem Einfluß des Gibberellins. Die Zahl der Internodien und Knoten, über denen die ersten Blüten und Infloreszenzen erscheinen, ist bei beiden Arten bei den Kontrollen und den mit Gibberellin behandelten Pflanzen die gleiche.

Ein Einfluß des Gibberellins auf die Länge der Blütenblätter, Kelchblätter und die Anzahl der fertilen Samen in einer Frucht ist bei *Agrostemma gi-*

Tage nach Beginn der Behandlung mit Gibberellin	Temperatur [°C]	Licht pro Tag	Anzahl der Blütenstände pro Pflanze		
			Kontrollen	Gibberellin pro Pflanze	
				3 μg	9 μg
71	17	8 Stdn.	24	45	76
112	10	8 Stdn.	5	9	14

Tab. 6 (Erläuterung im Text).

Gibberellin pro Pflanze [μ g]	Temperatur		
	26°	17°	10°
—	42,3	32,2	32,0
3	41,5	23,1	25,2
9	43,0	21,9	21,7

Tab. 7. Zahl der Blüten in einem Blütenstand bei *Calinsoga parviflora* im Dauerlicht (bei 26° Anzahl der sterilen Blüten; bei 17° und 10° Anzahl der fertilen Blüten; weitere Erläuterungen im Text).

thago nicht festzustellen. Bei *Galinsoga parviflora* ergibt sich dagegen im Dauerlicht eine deutliche Erniedrigung der Anzahl der fertilen Früchte in einem Blütenstand bei den mit Gibberellin behandelten Pflanzen (Tab. 7). Die Gesamtzahl der Blüten in einem Körbchen bleibt dagegen die gleiche. Das ist

aus den in Tab. 7 angeführten Zahlen für die Versuchsserien bei 26° zu ersehen. In dieser Temperatur werden nur sterile Blüten gebildet. Bei 17° und 10° wird dagegen der bei den Kontrollen hohe Anteil der fertilen Blüten durch Gibberellin-Gaben erniedrigt. Bei 8-stdg. täglicher Belichtung ist eine derartige Erniedrigung nicht festzustellen. Das entspricht der Erniedrigung der Assimilationsflächen und der Schädigung der Blätter, die nur im Dauerlicht bei den mit Gibberellin behandelten Pflanzen zu beobachten ist.

Herrn Prof. Dr. F. W. Went möchte ich auch an dieser Stelle besonders dafür danken, daß er mir die Durchführung der Arbeiten im Earhart Plant Research Laboratory ermöglichte.

Untersuchungen zur lichtabhängigen Phosphorylierung III

Die CO₂-Abhängigkeit der ³²P-Einlagerung in *Ankistrodesmus*

Von W. SIMONIS und H. KATING

Aus dem Botanischen Institut der Tierärztlichen Hochschule Hannover

(Z. Naturforsch. **11 b**, 704—708 [1956]; eingegangen am 19. Juli 1956)

Die kurzfristige (5 Min.), unter Ausschluß von CO₂ während der stationären Phase der Photosynthese, durchgeführte Einlagerung von mit ³²P markierter Orthophosphorsäure in die einzellige Grünalge *Ankistrodesmus* wird unter den hier gewählten Versuchsbedingungen trotz der fast völligen Ausschaltung der CO₂-Assimilation nicht verändert. Hoher CO₂-Gehalt in der Gasphase setzt die festgestellte Phosphorylierung dagegen herab. Die Befunde werden unter Berücksichtigung der Photosynthese-Phosphorylierung (Arnon) und einer besonderen, bei Belichtung wahrscheinlich auftretenden photo-sensibilisierten Phosphorylierung diskutiert.

Für die Aufklärung des Zusammenhanges der lichtabhängigen Phosphorylierung der Pflanzen mit der Photosynthese¹⁻³ erschien es erforderlich, die Abhängigkeit der Phosphorylierungs-Prozesse von der CO₂-Assimilation und vom CO₂-Gehalt der umgebenden Gasphase zu prüfen. Die bei Belichtung gefundene erhöhte Phosphorylierung^{1,4} könnte nämlich ihren Energiebedarf ganz oder teilweise aus dem Abbau von Intermediärprodukten der CO₂-Assimilation entnehmen; vgl. die Zusammenstellung der theoretisch zunächst denkbaren Möglichkeiten des Ener-

giegewinns für die lichtabhängige Phosphorylierung durch Kandler⁵ sowie Warburg und Krip-pahl⁶. Außerdem hängt die Entstehung der nach Calvin⁷ bei der CO₂-Reduktion gebildeten phosphorylierten Zwischenprodukte selbstverständlich vom CO₂-Gehalt ab. Wintermans⁸ hat nun kürzlich aber in Versuchen, die sich über mehrere Stdn. erstreckten, bei *Chlorella* gefunden, daß die Umwandlung von Orthophosphat in zelleigene Phosphate im Licht in Gegenwart von einem 5% CO₂ enthaltenden Gasgemisch sogar langsamer abläuft als

pahl, Z. angew. Chem. **66**, 493 [1954].

⁷ M. Calvin, Conférences et Rapports, 3ème Congrès Internat. de Biochimie Bruxelles 1955, S. 211—224, Liège 1956.

⁸ J. F. G. M. Wintermans, Proc. Kon. nederl. Akad. v. Wetensch. Ser. C, **57**, 574 [1954]; Meded. Landbouwhogeschool te Wageningen/Nederland **55**, 69 [1955].

⁹ D. I. Arnon, M. B. Allen, F. R. Whatley, J. B. Capindale u. L. L. Rosenberg, Conférences et Rapports, 3ème Congrès Intern. de Biochimie Bruxelles 1955, S. 277, Liège 1956.

¹ W. Simonis, Z. f. Naturforsch. **11 b**, 354 [1956].

² W. Simonis u. H. Kating, Z. Naturforsch. **11 b**, 165 [1956].

³ W. Simonis u. E. Quensell, Naturwissenschaften **43**, 204 [1956].

⁴ W. Simonis u. K. H. Grube, Z. Naturforsch. **7 b**, 194 [1953].

⁵ O. Kandler, Z. Naturforsch. **5 b**, 423 [1950]; **10 b**, 38 [1955].

⁶ O. Warburg, Z. Elektrochem. angew. physik. Chem. **55**, 447 [1951]; O. Warburg u. G. Krip-