

MARIAN MICHNIEWICZ

## O AKTYWNOŚCI BIOLOGICZNEJ GIBERELIN $A_1$ — $A_9$ \*

Badania nad giberelinami zapoczątkowane zostały w Japonii jeszcze przed ostatnią wojną światową, a najistotniejszym osiągnięciem tego okresu było niewątpliwie wyodrębnienie z produktów przemiany materii grzyba *Gibberella fujikuroi* dwóch biologicznie aktywnych substancji: gibereliny A i gibereliny B. Dokonali tego Yabuta i Sumiki w r. 1938 (Phinney, West 1960).

Prace nad tym zagadnieniem ograniczały się przez długi czas prawie wyłącznie do laboratoriów japońskich. Dopiero od r. 1952 problem ten wzbudza szersze zainteresowanie w innych krajach, zwłaszcza w USA i w Anglii.

Przełomowym momentem w tej dziedzinie badań było wyizolowanie z metabolitów *Gibberella fujikuroi* czystej gibereliny. Osiągnęli to angielscy badacze Curtis i Cross (1954) oraz Stodola i współpracownicy w USA (1955). Pierwsi z nich uzyskaną przez siebie substancję nazwali kwasem giberelinowym, drudzy gibereliną X. Poznano także strukturę chemiczną tego związku oraz opracowano metody otrzymywania.

Osiągnięcie to spowodowało ogromne zainteresowanie fizjologów tymi substancjami, czego wyrazem jest ogromna liczba publikacji, jaka od tego czasu ukazała się na ten temat.

Odkrycia anglosaskie skłoniły biochemików japońskich do ponownego przebadania metabolitów grzyba *Gibberella fujikuroi* produkowanych przez kultury przez nich hodowane. Wynikiem tego było wyodrębnienie w stanie czystym trzech różnych substancji — gibereliny  $A_1$ ,  $A_2$  i  $A_3$ , z których ta ostatnia okazała się identyczna z kwasem giberelinowym uzyskanym przez Curtisa i z gibereliną X, jaką otrzymał Stodola (Takahashi i in. 1955).

W dwa lata później Takahashi i współpracownicy (1957) wyodrębnili następny związek biologicznie aktywny — giberelinę  $A_4$  (Stowe i Yamaki 1959).

Tak więc w r. 1957 na pierwszym sympozjum, poświęconym tym substancjom wzrostowym, znano już cztery różne gibereliny. Wyjaśniono także, że gibereliny

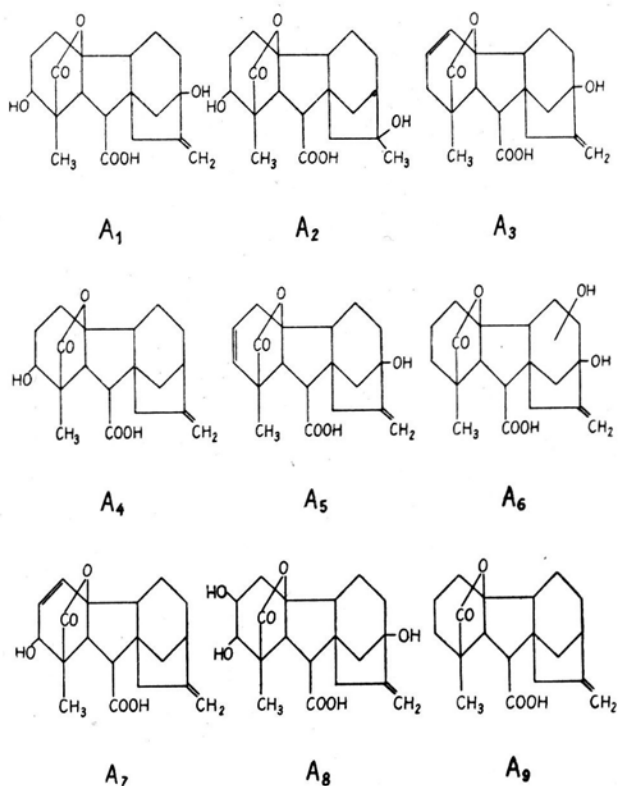
---

\* Referat wygłoszony na dorocznym zebraniu Waszyngtońskiego Okręgu Amerykańskiego Towarzystwa Fizjologii Roślin w «University of Maryland», 1 czerwca 1962. Tytuł oryginalny «Comparative studies on the biological activity of  $GA_{1-9}$ ».

A i B wyizolowane przez Yabutę i Sumiki, były mieszaniną, w skład której wchodziły zarówno związki biologicznie aktywne jak i substancje nieczynne (Cross 1954, Takahashi i in. 1955, Stodola 1956 oraz Brian i in. 1958, wg Phinneya i Westa 1960).

W ciągu trzech następnych lat wyizolowano w Anglii pod kierunkiem MacMillana dalsze pięć giberelin, które oznaczono kolejno symbolami  $A_5$ — $A_9$ . Tak więc na sympozjum poświęconym tym stymulatorom wzrostu, odbytym w Nowym Yorku w r. 1960 znano już dziewięć różnych giberelin. Gibereliny  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_7$  i  $A_9$  wyizolowane zostały z produktów przemiany materii grzyba *Gibberella fujikuroi* (Cross i współautorzy 1961), a gibereliny  $A_5$ ,  $A_6$  i  $A_8$  z niedojrzałych nasion *Phaseolus multiflorus* (MacMillan i współautorzy 1961). Giberelinę  $A_1$  uzyskano z obu tych źródeł. Ponadto West i Phinney (1959) wyizolowali ją z nasion *Phaseolus vulgaris*, a Kawarada i Sumiki (1959) z pędów *Citrus Unshiu*.

Wszystkie dotąd poznane gibereliny są związkami cyklicznymi o charakterze kwasów, a zasadnicze różnice strukturalne leżą w liczbie i położeniu grup hydroksylowych w pierścieniach A i C oraz w obecności lub braku podwójnego wiązania w pierścieniu A (rys. 1).



Ryc. 1. Struktura chemiczna giberelin  $A_1$ — $A_9$ .

Olbrzymia większość prac z giberelinami ograniczała się w zasadzie do kwasu giberelinowego ( $GA_3$ ), który jest związkiem bardzo aktywnym, a przy tym łatwo osiągalnym. Bardzo mało wiemy natomiast o właściwościach biologicznych pozostałych giberelin, zwłaszcza wyizolowanych w latach ostatnich.

Dane, którymi rozporządzamy, wskazują jednak, że własności fizjologiczne poszczególnych giberelin są bardzo różne.

Tak więc według Catheya i współautorów (1961) giberelina  $A_4$  wpływa dodatnio na ukorzenie sadzonek chryzantemy, w przeciwieństwie do giberelin  $A_1$  i  $A_3$ , które wyraźnie hamowały rozwój korzeni. W doświadczeniach z karłowatą kukurydzą, grochem Meteor, sałata i hortensją, największy efekt wzrostowy uzyskano stosując giberelinę  $A_3$ . Aktywność pozostałych giberelin układa się w następującej kolejności:  $A_1 > A_4 > A_2$ .

Także Brian i współautorzy (1962) wykazali, że giberelina  $A_9$  działa silnie na wzrost blaszki liściowej karłowatego mutantu kukurydzy d-3, mniej silnie działa na mutantu d-5, a w przypadku mutantu d-1 wywołany efekt jest bardzo słaby. Podobne rezultaty uzyskali autorzy w doświadczeniach z karłowatym mutantem grochu, w których badali wpływ gibereliny na wzrost pędu.

Znamy również przykłady świadczące, że inne gibereliny mogą być bardziej aktywne aniżeli powszechnie stosowany kwas giberelinowy. Stwierdzono to z całą pewnością w przypadku ogórka, który znacznie silniej reaguje na giberelinę  $A_4$  (Cathey 1958, Lockhart i Deal 1960, Brian i Hemming 1961, Bukovac i Wittwer 1961, Helevy i Cathey 1961) oraz na giberelinę  $A_7$  i  $A_9$  (Brian i Hemming 1961, Brian i in. 1962) niż na kwas giberelinowy.

Hashimoto i Yamaki (1959) donoszą także, że giberelina  $A_4$  silniej stymuluje kiełkowanie nasion tytoniu w ciemności oraz w większym stopniu wpływa na wydłużanie liści fasoli i rzodkiewki aniżeli gibereliny  $A_1$  i  $A_3$ .

Badania nad aktywnością fizjologiczną różnych giberelin prowadził także autor. Porównywał on działanie wszystkich dziewięciu giberelin stosując test pierwszego liścia owsa (Michniewicz 1961). Doświadczenia przeprowadzono w fitotronie w Pasadena (Earhart Laboratory, California Institute of Technology); ich wyniki streszcza tabela 1.

Widzimy tu, że najbardziej aktywnymi okazały się gibereliny  $A_3$  i  $A_5$  stymulujące w sposób istotny wzrost liścia owsa nawet w stężeniu 0,001 ppm. Giberelina  $A_8$  okazała się zupełnie pozbawiona aktywności. Substancja ta stosowana nawet w stężeniach wyższych niż 10 ppm. nie wywierała stymulującego wpływu na wzrost liści.

Aktywność biologiczną poszczególnych giberelin można przedstawić w sposób następujący:

$$A_3 = A_5 > A_1 = A_4 = A_7 = A_9 > A_6 > A_2 > A_8$$

Znacznie mniej wiemy o wpływie poszczególnych giberelin na zakwitanie. Pewne dane na ten temat podają Bukovac i Wittwer (1958, 1961). W pierwszej publikacji wykazali oni, że gibereliny  $A_1$  i  $A_3$  w silniejszym stopniu wpływają na

Wpływ giberelin na wzrost pierwszego liścia owsa  
(przyrost po 20 godz. w mm)

Stężenie GA w ppm.	Rodzaj gibereliny								
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>
0,001	13,0	13,4	15,4	13,6	15,5	13,5	13,8	13,6	13,7
0,01	15,4	14,1	17,0	15,5	17,7	13,9	15,6	13,0	15,4
0,1	18,5	14,2	23,9	16,7	23,3	15,4	21,2	13,3	19,6
1,0	24,8	17,3	24,6	21,2	24,5	16,3	25,3	14,0	23,8
10,0	24,7	23,8	25,9	24,6	25,8	22,2	24,9	13,8	23,9

Kontrola 13,4

Najmniejsza różnica udowodniona (P = 0,1) 1,58

(P = 0,05) 1,91

(P = 0,01) 2,52

zakwitania sałaty i kopru aniżeli giberelina A<sub>2</sub>. W późniejszej pracy autorzy ci donoszą, że również giberelina A<sub>4</sub> wywiera mniejszy wpływ na zakwitanie sałaty aniżeli gibereliny A<sub>1</sub> i A<sub>3</sub>.

Poznanie aktywności, z jaką różne gibereliny wpływają na proces zakwitania, ma szczególne znaczenie. Wiemy bowiem, że kwas giberelinowy wywołuje zakwitanie szeregu gatunków w warunkach, w których rośliny kontrolne pozostają w stanie wegetatywnym oraz przyspiesza zakwitanie takich roślin, które w tych warunkach zakwitają ze znacznym opóźnieniem. Odnosi się to zwłaszcza do roślin rozetkowych, których zakwitanie uwarunkowane jest uprzednim działaniem chłodu lub długiego dnia (Lang 1961, Lang i Reinhard 1961). Nie wszystkie jednak gatunki, mające takie wymagania, w jednakowym stopniu reagują na giberelinę. Niekiedy efektem działania tej substancji może być tylko wydłużenie pędu, a rośliny te pozostają nadal w stanie wegetatywnym.

W doświadczeniach tych stosowano jednakże niemal wyłącznie kwas giberelinowy, a tylko wyjątkowo używano go łącznie z gibereliną A<sub>1</sub>.

Wyizolowanie «nowych» giberelin oraz wyniki doświadczeń nad ich aktywnością biologiczną rzucają więc na to zagadnienie zupełnie nowe światło. Być może negatywne rezultaty, jakie uzyskano w tego rodzaju eksperymentach, tłumaczyć można użyciem «nieodpowiedniej» gibereliny.

Doświadczenia mające na celu przyczynić się do wyjaśnienia tego zagadnienia przeprowadzono w fitotronie w Pasadenie (Michniewicz i Lang 1962).

Do eksperymentów użyto pięciu następujących gatunków:

1) *Centaureum minus* Moench — roślinę dwuletnią, zakwitającą po uprzednim poddaniu jej działaniu chłodu i silnie reagującą na giberelinę,

2) *Myosotis alpestris* L., mającą podobne wymagania, jednak nie reagującą na kwas giberelinowy,

3) *Crepis parviflora* Desf., roślinę dnia długiego, łatwo zakwitającą pod wpływem gibereliny na dniu krótkim,

4) *Silene armeria* L., również roślinę wymagającą dnia długiego, jednakże bardzo słabo reagującą na giberelinę (zakwita w nieodpowiednich warunkach świetlnych tylko po dłuższym stosowaniu tej substancji i w stosunkowo dużych dawkach),

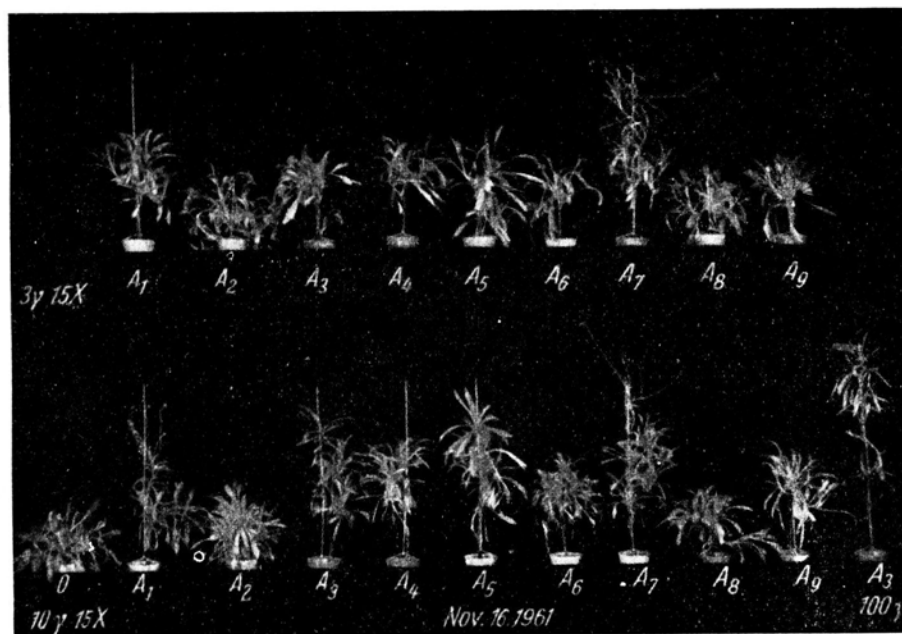
5) *Bryophyllum crenatum* Bak., która do zakwitania wymaga początkowo dnia długiego, a następnie krótkiego. Pod wpływem gibereliny zakwita na dniukrótkim.

*Crepis* i *Myosotis* uprawiano na dniu długim (16 godz.) bez uprzedniego poddawania działaniu niskiej temperatury, pozostałe zaś rośliny rosły w warunkach dnia krótkiego (8 godz.).

Gibereliny wprowadzano w postaci roztworów wodnych na wierzchołki wzrostu, każdorazowo w ilości po 0,3; 1,0; 3,0 i 10  $\mu\text{g}$  na roślinę. Tylko kwas giberelinowy stosowano w większych ilościach — 30 i 100  $\mu\text{g}$ .

W przypadku *Bryophyllum*, rośliny bardzo silnie reagującej na gibereliny, substancję wzrostową wprowadzano pięciokrotnie. Inne gatunki traktowano gibereliną 10–15 razy.

Na rysunku 2 przedstawiono dla przykładu wyniki uzyskane w doświadczeniu z *Myosotis alpestris*. Widzimy tu, że tylko gibereliny  $A_7$  i  $A_1$  wywołały zakwitanie



Ryc. 2. Wpływ giberelin  $A_1$ — $A_9$  na zakwitanie *Myosotis alpestris* L. Substancje wprowadzano 15-krotnie, każdorazowo po 3  $\mu\text{g}$  (rzęd górny) i 10  $\mu\text{g}$  (rzęd dolny) na roślinę. W rzędzie dolnym najbardziej na lewo roślina kontrolna, najbardziej na prawo roślina poddana działaniu gibereliny  $A_3$ , każdorazowo po 100  $\mu\text{g}$  (łącznie wprowadzono 1500  $\mu\text{g}$ ). Wg Michniewicza i Langa 1962

rośliny, przy czym bardziej aktywna okazała się giberelina  $A_7$ . W tym przypadku rośliny zakwitły po wprowadzeniu 45  $\mu\text{g}$  substancji. Aby wywołać ten skutek przy pomocy gibereliny  $A_1$ , trzeba było użyć trzykrotnie większej ilości tego preparatu.

Na uwagę zasługuje fakt, że kwas giberelinowy ( $A_3$ ) wprowadzony nawet w ilości 1500  $\mu\text{g}$  nie wywołał zakwitania roślin.

Całość wyników uzyskanych w doświadczeniach z wszystkimi pięcioma gatunkami, zebrana jest w formie skróconej w tabeli 2. Dołączono tu także dane

Tabela 2

Intensywność oddziaływania poszczególnych giberelin na zakwitanie

Stopień aktywności	<i>Myosotis</i>	<i>Centaurium</i>	<i>Silene</i>	<i>Crepis</i>	<i>Bryophyllum</i>	<i>Lactuca</i>
najwyższy	$A_7$	$A_3$	$A_7$	$A_4, A_7$	$A_3, A_4, A_7$	$A_1, A_3$
średni	$A_1$	$A_1, A_4, A_5$		$A_1, A_3$	$A_1, A_2, A_5, A_9$	$A_7$
najniższy		$A_6$		$A_2, A_5, A_9$	$A_6$	$A_2, A_4, A_5, A_9$
nieaktywny	$A_2-A_6$ $A_8, A_9$	$A_2, A_8$	$A_1-A_6$ $A_8, A_9$	$A_6, A_8$	$A_8$	$A_6, A_8$

Wittwera i Bukovaca (1962), otrzymane w doświadczeniach z sałatą. W tabeli tej poszczególne gibereliny zgrupowane są według ich aktywności, z jaką wpływają na zakwitanie.

Z zestawienia tego widać, że najbardziej aktywna jest niewątpliwie giberelina  $A_7$ ; giberelina  $A_1$  zajmuje miejsce pośrednie, natomiast giberelina  $A_8$  jest zupełnie nieaktywna.

Na uwagę zasługuje zwłaszcza fakt, że w przypadku *Silene* — rośliny dnia długiego, tylko giberelina  $A_7$  zdolna była wywołać zakwitanie na dniu krótkim.

Wyniki tych doświadczeń prowadzą niewątpliwie do dwóch zasadniczych wniosków:

1) Poszczególne gibereliny wywierają niejednakowy wpływ na zakwitanie roślin uprawianych w nieodpowiednich dla nich warunkach świetlnych czy też termicznych.

2) Aktywność tych giberelin jest w stosunku do różnych roślin różna.

Biorąc pod uwagę dane eksperymentalne przytoczone w pierwszej części niniejszego artykułu, stwierdzenie to można rozszerzyć także na inne procesy fizjologiczne.

Przytoczone powyżej wyniki wskazują wyraźnie, że wszystkie dotychczasowe dane uzyskane w doświadczeniach, w których stosowano jedną tylko giberelinę, albo w których działano tylko na jeden gatunek roślin, nie upoważniają do wysuwania wniosków ogólnych odnośnie do wpływu gibereliny.

W świetle tych danych należy przede wszystkim poddać rewizji panujący wśród fizjologów pogląd, że dodatni wpływ gibereliny na zakwitanie ogranicza się tylko do pewnej części gatunków; natomiast część roślin, zwłaszcza roślin dnia krótkiego, na związek ten nie reaguje.

Można by przypuszczać, że przyczyną niejednakowej reakcji roślin na gibereliny mogą być różnice we wrażliwości tych roślin na fotoindukcję. Przeczy temu jednak fakt, że reakcja na giberelinę *Silene* i *Crepis* dwóch gatunków, wymagających do zakwitania w przybliżeniu jednakowego fotoperiodu, jest bardzo różna. Pierwszy z nich reaguje na giberelinę w bardzo małym stopniu, drugi zaś bardzo silnie.

Trudno się także doszukać korelacji między aktywnością biologiczną poszczególnych giberelin a ich strukturą chemiczną. Jak widzieliśmy, różnice te polegają głównie na ilości i położeniu grup hydroksylowych w pierścieniach A lub C i na obecności lub braku podwójnego wiązania w pierścieniu. A. Brian i Hemming (1961) wskazywali, że wszystkie trzy gibereliny —  $A_4$ ,  $A_7$  i  $A_9$ , które okazały się najbardziej aktywne w stosunku do ogórka, charakteryzuje brak grupy hydroksylowej w pozycji siódmej w pierścieniu C. Nie jest to jednak zgodne z wynikami przedstawionymi powyżej, które wskazują, że giberelina  $A_7$  bardzo silnie stymuluje proces zakwitania, giberelina  $A_4$  jest mniej aktywna, a aktywność gibereliny  $A_9$  jest w ogóle niska.

Wpływ gibereliny na zakwitanie łączy się niewątpliwie z wpływem, jaki związek ten wywiera na wydłużanie łodygi. Widać to wyraźnie w doświadczeniach z *Myosotis*, *Centaureum* i *Silene*. Można to także obserwować u *Bryophyllum*, gdzie pod wpływem gibereliny dochodzi do znacznego wydłużenia górnych międzywęzli.

Korelacja ta nie jest jednak bardzo wysoka. Tak więc gibereliny  $A_3$ ,  $A_4$  i  $A_5$  wywierają ten sam efekt wzrostowy co gibereliny  $A_7$ , nie wywołują jednak zakwitania rośliny. Świadczy o tym także fakt, że kwas giberelinowy użyty w stężeniach bardzo wysokich (450 i 1500  $\mu\text{g}$  na roślinę), wpływał w silniejszym stopniu na wzrost łodygi aniżeli giberelina  $A_7$  stosowana w ilości 45 i 150  $\mu\text{g}$ , a jednak nie wywołał przejścia roślin do fazy generatywnej.

Mimo więc istnienia niewątpliwego związku pomiędzy wpływem giberelin na zakwitanie, a oddziaływaniem ich na wydłużanie łodygi, nie można zakładać, że zakwitanie roślin następuje «automatycznie», o ile pęd kwiatowy osiągnie odpowiednią wielkość.

Jak wynika z danych przedstawionych na wstępie (MacMillan i współautorzy 1961) ta sama roślina produkuje szereg różnych związków giberelinowych. Wyłania się więc zagadnienie współdziałania poszczególnych giberelin w procesach fizjologicznych rośliny.

Doświadczenia na ten temat przeprowadzono w fitotronie w Pasadenie. Na rośliny działano jednocześnie różnymi giberelinami, stosując szereg różnorodnych wariantów pod względem doboru giberelin i koncentracji. Stosując tę metodę zbadano wpływ gibereliny zarówno na procesy wzrostu (organa testowe: pierwszy liść owsa, hypokotyle ogórka i pęd karłowatego mutantu kukurydzy) jak i na zakwitanie (*Bryophyllum*).

Wyniki jednego z doświadczeń przedstawiono przykładowo w tabeli 3. Rośliną testową były siewki owsa odmiany Zwycięzca. Do eksperymentów użyto zarówno gibereliny najbardziej aktywne w stosunku do tego testu —  $A_3$  i  $A_5$  jak i giber-



liny bardzo mało aktywne —  $A_2$  i  $A_6$ , a także giberelinę  $A_8$ , która okazała się zupełnie nieaktywna.

Otrzymane wyniki są zgodne z danymi uzyskanymi w doświadczeniach z innymi roślinami. Wskazują one, że efekty wywołane poszczególnymi giberelinami «na-

Tabela 3

Wpływ różnych giberelin stosowanych oddzielnie i łącznie, na wzrost pierwszego liścia owsa  
(Przyrost po 20 godz. w mm)

Rodzaj GA	Stężenie w ppm.	$A_2$				$A_6$				$A_8$	
		0	0,01	0,1	1,0	0,01	0,1	1,0	0,01	0,1	1,0
	0	13,0	12,8	13,4	16,1	13,2	13,5	16,3	12,9	13,0	12,8
$A_3$	0,001	13,5	13,3	14,3	16,3	13,4	13,8	16,5	13,3	13,2	12,9
	0,01	16,5	—	16,4	18,2	—	16,5	18,1	—	16,3	16,4
$A_5$	0,001	13,6	13,4	14,0	16,5	13,2	14,3	16,6	13,1	13,2	13,0
	0,01	16,2	—	16,6	18,4	—	16,5	18,3	—	16,0	16,1

Najmniejsza różnica udowodniona ( $P = 0,1$ ) 1,32

( $P = 0,05$ ) 1,57

( $P = 0,01$ ) 2,04

kładają się», i że żaden z tych związków nie wykazuje działania o charakterze inhibitora w stosunku do związku drugiego.

Reasumując należy stwierdzić, że rozwój badań nad giberelinami przebiega w niezwykle szybkim tempie, a każdy rok przynosi coraz to nowe osiągnięcia w tej dziedzinie.

Wyizolowanie dziewięciu różnych giberelin, a zwłaszcza wyodrębnienie ich z roślin wyższych oraz stwierdzenie zasadniczych różnic w ich aktywności biologicznej rzuca nowe światło na rolę tych związków w procesach fizjologicznych rośliny.

Rewizji wymagają zwłaszcza poglądy o roli gibereliny w procesach prowadzących do zakwitania. Wśród nowo wyizolowanych giberelin znamy bowiem takie, których wpływ na zakwitanie jest znacznie silniejszy niż wpływ powszechnie dotąd używanego kwasu giberelinowego. Niektóre z nich mogą nawet wywoływać zakwitanie bez uprzedniej termo- lub fotoindukcji u takich gatunków, które dotąd uważane były za niereagujące na gibereliny.

Konieczne są niewątpliwie dalsze badania, zwłaszcza nad możliwością wywoływania przy pomocy tych związków zakwitania roślin dnia krótkiego — na dniu długim.

Nie wydaje się, aby te dziewięć dotychczas znanych giberelin stanowiło pełny komplet tych substancji wzrostowych, jakie są produkowane przez rośliny. Najbliższa przyszłość przyniesie zapewne nowe osiągnięcia w tej dziedzinie, tak ważnej dla poznania procesów prowadzących do zakwitania i ontogenezy.



## LITERATURA

- Brian P. W., Hemming H. G., 1961. Promotion of cucumber hypocotyl growth by two new gibberellins. *Nature*, 189, 74.
- Brian P. W., Hemming H. G., Lowe D., 1962. Relative activity of the gibberellins. *Nature*, 193, 946—948.
- Bukovac M. J., Wittwer S. H., 1958. Comparative biological effectiveness of the gibberellins. *Nature*, 181, 1484.
- Bukovac M. J., Wittwer S. H., 1961. Biological evaluation of gibberellins A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> and A<sub>4</sub> and some of their derivatives. *Plant Growth Regulation*, str. 505—520, Ames, Iowa, State Univ. Press.
- Cathey H. M., 1958. Growth evaluation of four gibberellins and several derivatives. *Plant Physiol.* 33, suppl., XLIII.
- Cathey H. M., Stuart N. W., Toole V. K., Sam Asen, 1961. Enhancement of gibberellin-induced phenomena. *Adv. in Chem.*, 28, 135—141.
- Cross B. E., Grove J. F., MacCloskey P., MacMillan J., Moffatt J. S., 1961. The structures of the fungal gibberellins. *Adv. in Chem.*, 28, 3—17.
- Curtis P. J., Cross B. E., 1954. Gibberellic acid. A new metabolite from the culture filtrates of *Gibberella fujikuroi*. *Chemistry and Industry*, 1066.
- Halevy A. M., Cathey H. M., 1961. Effects of structure and concentration of gibberellins on the growth of cucumber seedlings. *Bot. Gaz.*, 122, 63—67.
- Hashimoto Y., Yamaki T., 1959. On the physiological effects of gibberellins A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> and A<sub>4</sub>. *Bot. Mag. (Tokyo)*, 72, 178—179.
- Kawarada A., Sumiki Y., 1959. The occurrence of gibberellin A<sub>1</sub> in water sprouts of Citrus. *Bull. Agr. Chem. Soc. Jap.*, 43, 343—344.
- Lang A., 1961. *Entwicklungsphysiologie*. *Fortschr. Bot.*, 23, 312—345.
- Lang A., Reinhard E., 1961. Gibberellins and flower formation. *Adv. in Chem.*, 28, 71—79.
- Lockhart J. A., Deal P. H., 1960. Prevention of red light inhibition of stem growth in the Cucurbitaceae by gibberellin A<sub>4</sub>. *Naturwiss.*, 47, 141—142.
- MacMillan J., Seaton J. C., Suter P. J., 1961. Isolation and structures of gibberellins from higher plants. *Adv. in Chem.*, 28, 18—25.
- Michniewicz M., 1961. Biologiczna metoda ilościowego oznaczania kwasu giberelinowego testem pierwszego liścia owsa. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 30, 553—568.
- Michniewicz M., Lang A., 1962. Effect of gibberellins A<sub>1</sub> through A<sub>9</sub> on flower formation in *Myosotis alpestris* L. *Naturwiss.*, 49, 211—212.
- Michniewicz M., Lang A., 1962. Effect of nine different gibberellins on stem elongation and flower formation in cold-requiring and photoperiodic plants grown under non-inductive conditions. *Planta*, 58, 549—563.
- Phinney B. O., West Ch. A., 1960. Gibberellins as native plant growth regulators. *Ann. Rev. of Plant Physiol.* 11, 411—436.
- Stodola F. H., Raper K. B., Fennell D. I., Conway H. S., Sohns W. E., Langford C. T., Jackson R. W., 1955. The microbiological production of gibberellins A and X. *Arch. Bioch. Biophys.*, 54, 240—245.
- Stowe B. B., Yamaki T., 1959. Gibberellins: Stimulants of plant growth. *Science (USA)*, 129, 807—816.
- Takahashi N., Kitamura H., Kawarada A., Seta Y., Takai M., Tamura S., Sumiki Y., 1955. Biochemistry of Bakanae fungus XXXIV. Isolation of gibberellins and their properties. *Bull. Agric. Chem. Soc. Japan*, 19, 267—277.
- West Ch. A., Phinney B. O., 1959. Gibberellins from flowering plants. I. Isolation and properties of a gibberellin from *Phaseolus vulgaris* L. *J. Amer. Chem. Soc.*, 81, 2424—2427.
- Wittwer S. H., Bukovac M. J., 1962. Quantitative and qualitative differences in plant response to the gibberellins. *Amer. J. Bot.*, 49, 5, 524—529.