

BARBARA GÓRA

WPLYW SUBSTANCJI AKTYWNYCH TYPU GIBERELINY NA WZROST I ROZWÓJ ROŚLIN

Artykuł niniejszy stanowi przegląd ostatnich prac, dotyczących roli substancji aktywnych typu gibereliny jako stymulatorów wzrostu i rozwoju roślin oraz mechanizmu ich działania.

Poznane stosunkowo niedawno substancje biologicznie aktywne — gibereliny (patrz «Wiadomości Botaniczne» 1958 r., tom II, zeszyt 1) stanowią niewątpliwie jedną z najciekawszych grup tego typu związków, zarówno ze względu na specyfikę i szeroki zakres działania, jak też na powiązanie z bardzo istotnymi procesami w życiu roślin. Ostatnie badania w tej dziedzinie wzbogaciły naszą wiedzę o giberelinach całym szeregiem faktów, które pozwoliły spojrzeć głębiej na zjawiska zachodzące pod ich wpływem, a nawet zbudować pewne hipotezy odnośnie mechanizmu niektórych funkcji organizmu roślinnego.

Giberelina i wzrost roślin

Z większości prac wynika, że gibereliny są przede wszystkim potężnym stymulatorem wydłużającego wzrostu roślin. Marth, Audia i Mitchell (1956), stosując kwas giberelinowy w postaci 1-procentowej pasty lanolinowej zewnętrznie na rosnące tkanki łodygi, uzyskali w niektórych wypadkach podwojenie lub potrojenie wysokości roślin fasoli, soi, orzecha ziemnego, kukurydzy, jęczmienia i słonecznika. W podobny sposób wywoływali oni wydłużenie łodyg bodziszka, róży, szalwii, petunii i astrów, a także zwiększenie przyrostów młodych drzewek tulipanowca (*Liriodendron tulipifera*), klonu i niektórych innych.

Giberelina na ogół nie zmienia liczby międzywęźli, powoduje jedynie ich wydłużenie, nie naruszając istotnych cech morfologicznych rośliny. Przyspieszenie wzrostu ma często charakter okresowy, co wykazały m. in. doświadczenia Knappa z *Agrostemma githago* i *Galinsoga parviflora*. Bezpośrednio po jednorazowym zastosowaniu gibereliny roślina wytwarza silnie wydłużone międzywęźla, dalsze międzywęźla natomiast bywają często krótsze niż u roślin kontrolnych. Rośliny jakby wyrównują powstałe zmiany i wpływ

gibereliny w samym końcu rozwoju jest już mało uchwytne. Dlatego też traktuje się nią rośliny zazwyczaj kilkakrotnie.

Wysoce specyficzne i szczególnie efektywne jest działanie gibereliny jako stymulatora wzrostu karłowatych mutantów grochu, fasoli i kukurydzy, wykorzystywane szeroko w postaci testów biologicznych na tę substancję. Należy zaznaczyć, że żadne auksyny wzrostu matantów nie pobudzają.

Na podstawie wyników swoich badań Knapp (1956) zwraca uwagę na względnie małą zależność reakcji wzrostowej na giberelinę od temperatury. Wyraża się ona w tym, że w niższych temperaturach okres wzmoczonego wzrostu trwa na ogół dłużej, w wyższych — krócej. Znacznie wyraźniej występuje zależność wspomnianej reakcji od długości oświetlenia w ciągu doby. U *Agrostemma githago* i *Galinsoga parviflora* oświetlenie ciągle widocznie wzmaga reakcję na giberelinę. Maksymalne przyśpieszenie wzrostu następuje w tych warunkach szybciej, po czym ma miejsce szybki zanik reakcji. Na krótkim dniu zwiększona szybkość wzrostu utrzymuje się w ciągu dłuższego czasu, nie oznacza to jednak zwiększenia ostatecznego efektu zastosowania gibereliny. Podczas gdy w warunkach ciągłego oświetlenia maksymalne przyśpieszenie dziennych przyrostów u *Galinsoga parviflora* wynosiło przy wszystkich badanych temperaturach około 350%, na krótkim dniu nie przekraczało ono 275%. Na krótkim dniu natomiast nie było widać zupełnie szkodliwych objawów działania gibereliny w postaci zwijania liści i zmniejszenia zawartości chlorofilu w roślinie, obserwowanych niekiedy na długim dniu. Występowanie tych objawów jest zresztą w dużym stopniu uzależnione od warunków odżywiania i wymagań glebowych roślin. Tak np. *Galinsoga parviflora*, która wymaga dobrej gleby, a zwłaszcza dużo azotu, już na małe dozy kwasu giberelinowego reaguje chlorozą, wtedy gdy wymagająca mniejszej ilości azotu *Agrostemma githago* wytwarza w tych samych warunkach normalne zielone liście.

Giberelina a auksyny

Doświadczenia Briana i in. (1955) przeprowadzone na odcinkach koleoptile pszenicy i łodygi etiolowanego grochu dostarczyły danych o różnicach w działaniu substancji typu gibereliny i substancji typu auksyny. W doświadczeniach tych efektywne dozy kwasu indoliloctowego wywoływały słabszą reakcję wzrostową w porównaniu z takimi samymi lub nawet mniejszymi dozami gibereliny. Efektywne granice koncentracji gibereliny są bardzo szerokie. Tylko bardzo wysokie koncentracje działają hamująco. W granicach od 0,1 do 100 mg/l reakcja prawie się nie zmienia.

Według danych tychże autorów kwas giberelinowy w przeciwieństwie do kwasu indoliloctowego nie hamuje wzrostu korzeni, nie bierze udziału w korelatywnym hamowaniu rozwoju pąków bocznych w obecności wierz-

chołka, nie zapobiega opadaniu liści, nie wywołuje epinastii oraz nie ułatwia ukorzeniania się sadzonek. Według Kato (1953, 1958a) giberelina nie okazuje również wpływu na tworzenie się tkanki przyrannej na powierzchni ściętej łodygi słonecznika i pomidora. Nie wykazuje ona też polarnego przemieszczenia w roślinie, tak charakterystycznego dla auksyny, wobec czego nie można jej wykryć z pomocą testu owsianego Wenta. Z drugiej strony, jak już wspomniano, w przeciwieństwie do substancji giberelinowych auksyny pozbawione są zupełnie zdolności specyficznego oddziaływania na karłowate formy roślin.

Badając współdziałanie gibereliny i auksyny przy równoczesnym stosowaniu obu tych substancji, Kato (1958b) stwierdził, że przy stężeniach auksyny przyspieszających wzrost działanie ich jest addytywne. Przy większych stężeniach auksyny giberelina przeciwdziała jej hamującemu wpływowi. Nie dotyczy to jednak hamowania wzrostu korzeni. Powyższe dane świadczą o istnieniu antagonizmu między działaniem gibereliny i auksyny na niektóre procesy. Jako bezpośredni dowód tego antagonizmu można przytoczyć doświadczenie Graya (1958), który, stosując mieszaninę kwasu giberelinowego i indolilomasłowego w stosunku 10:1, całkowicie wyeliminował stymulujący wpływ tego ostatniego na tworzenie się korzeni u sadzonek liściowych fiołka afrykańskiego i sadzonek łodygowych chińskiej ketmii (*Hibiscus*).

Brian i Hemming (1958) w jednej z ostatnich swych prac wskazują na to, że w zakresie oddziaływania na wzrost międzywęźli zielonych roślin grochu na świetle giberelina i auksyny uzupełniają się wzajemnie. W związku z tym osiągnięcie maksymalnego przyrostu jest możliwe tylko przy współdziałaniu obu tych substancji. Opierając się na tych faktach, Brian objaśnia przyczynę stosunkowo małego wpływu gibereliny na odcinki międzywęźli w porównaniu z wysoką efektywnością jej działania na całe rośliny. U tych ostatnich ważną rolę przypisuje Brian wierzchołkowi pędu, wytwarzającemu auksyny. Stwierdzono bowiem, że na rośliny pozbawione wierzchołka sama giberelina ma niewielki wpływ. Silna reakcja ma miejsce dopiero na mieszaninę gibereliny z auksyną. Przy pomocy kwasu giberelinowego uzyskiwano zwiększenie długości pojedynczego międzywęźla nietkniętej rośliny do około 300% w stosunku do nietraktowanej kontroli, podczas gdy obserwowane zwiększenie długości izolowanego odcinka takiego samego międzywęźla wynosiło maksymalnie 45%. Zdaniem Briana i Hemminga tu właśnie leży klucz do poznania istoty mechanizmu działania gibereliny. Autorzy zakładają, że w nietkniętej roślinie istnieją prócz auksyn liczne ich inhibitory. Pod wpływem tych inhibitorów potencjalna szybkość wzrostu związana z działalnością substancji auksynowych zmniejsza się do obserwowanej zazwyczaj u roślin w naturze. Giberelina nie działałaby tu bezpośrednio na wzrost, tylko miałaby neutralizować hamujące działanie inhibitorów, przez co wyzwalałaby pełny potencjał obecnych w roślinie auksyn. Odcinki międzywęźli

izolowane od innych tkanek, wytwarzających zarówno auksyny, jak i ich inhibitory, nie mogą w związku z tym dawać tak silnej reakcji, jak takie same części pędu pozostające w łączności z całą rośliną.

Wpływ gibereliny na podziały komórkowe

Dla dalszego wyjaśnienia mechanizmu działania gibereliny należało zwrócić się do badań anatomicznych. Mogą one rozstrzygnąć zagadnienie, czy substancja ta działa tylko na wydłużenie się, czy też i na podział komórek. Początkowo sądzono, że wpływ gibereliny ogranicza się jedynie do stymulacji wydłużania się komórek. Jako dowód tego, że nie działa ona na podziały komórkowe, przytaczano fakty omówione wyżej w związku z wpływem jej na procesy zależne od działalności kambium, a także doświadczenia uczonego japońskiego Wada (1948), który, traktując nici pręcików trzykrotnie różnymi koncentracjami gibereliny, nie obserwował stymulacji przebiegu mitozy. Kato (1953) stwierdził, że przy wysokich koncentracjach gibereliny (100 mg/l) mitozy ulegają nawet zahamowaniu.

Roy, Sachs i Lang (1957), badając przekroje strefy wierzchołkowej pędu *Hyoscyamus niger*, poddanego uprzednio działaniu kwasu giberelinowego, doszli do wniosku, że giberelina wywołuje przede wszystkim powiększenie długości komórek, pośrednio wpływa jednak również na zwiększenie ich liczby. Podziały komórkowe są więc w tym wypadku jakby zjawiskiem wtórnym, obserwowanym zresztą głównie w strefie podwierzchołkowej.

W ostatnich pracach wykazano znacznie większą rolę gibereliny w stymulacji podziałów komórkowych. Greulach i Haesloop (1958a), badając wpływ kwasu giberelinowego na międzywęźla fasoli, nie zauważyli istotnych zmian w rozmiarach komórek i przestrzeni międzykomórkowych, mimo że objętość traktowanych odcinków międzywęźli zwiększyła się o około 70%. Stąd wysnuli oni wniosek, że stymulacja podziałów komórkowych jest jednym z podstawowych czynników reakcji wzrostowej na giberelinę. Na tym samym materiale zwiększenie liczby komórek rdzenia pod wpływem gibereliny stwierdzili eksperymentalnie Feucht i Watson (1958). W obu tych wypadkach nastąpiło prawdopodobnie jedynie zwiększenie liczby podziałów w merystemach pędu. W dalszym ciągu jednak nie rozporządzamy faktami, które świadczyłyby o możliwości zainicjowania z pomocą gibereliny podziałów komórkowych w tkankach niemerystematycznych.

Wpływ gibereliny na rozwój roślin. Hipoteza Czajłachiana

Zasięg fizjologicznej aktywności substancji giberelinowych nie ogranicza się do procesów wzrostu. Działanie gibereliny na rozwój roślin przedstawia bez wątpienia największą atrakcję dla pracowni fizjologicznych.

W chwili obecnej znane są już takie formy reakcji roślin na giberelinę, jak:

a) stymulacja wytwarzania pędów generatywnych w pierwszym roku u dwuletnich i ozimych form roślin bez przechodzenia jarowizacji. (Rośliny traktowane gibereliną trzymano stale w temperaturze przewyższającej próg jarowizacji);

b) stymulacja kwitnienia u roślin długiego dnia rosnących w warunkach krótkiego dnia.

W obu przytoczonych wypadkach stwierdzono, że giberelina wywołuje w procesach rozwojowych zmiany analogiczne do zmian wywoływanych działaniem niskich temperatur, względnie indukcją fotoperiodyczną. Tego typu reakcje uzyskał Lang (1956) w znanych doświadczeniach z *Hyoscyamus niger*, *Samolus parviflorus* i *Crepis tectorum*. Czajłachian (1958) opisał to samo dla ozimego rzepaku, fasoli ozdobnej, tytoniu (*Nicotiana glauca*) i rudbekii. Mało wrażliwe na giberelinę okazały się według danych obu autorów zboża: żyto i owies. Rappaport i in. (1958), porównując traktowane gibereliną niejarowizowane rośliny endywii na krótkim dniu z roślinami kontrolnymi jarowizowanymi na długim dniu, stwierdzili, że zakwitają one w podobnym terminie i po wytworzeniu tej samej liczby liści, przy czym rośliny traktowane gibereliną osiągają blisko dwukrotnie większą wysokość. Zdaniem autorów nie może być jednak pełnej analogii pomiędzy jarowizacją i indukcją fotoperiodyczną z jednej strony, a działaniem gibereliny z drugiej strony. Giberelina zastępuje wspomniane procesy raczej ilościowo. Za tym punktem widzenia przemawiają również wyniki doświadczeń Greulacha i Haesloopa (1958b) z rośliną krótkiego dnia, *Xanthium pensylvanicum*.

Mann (1940), Salisbury (1955) i Naylor (1941) wykazali, że dla indukcji kwitnienia u tego gatunku wystarcza zazwyczaj 1 krótki fotoperiod, a następne zwiększają jedynie tempo rozwoju generatywnego. Według danych Greulacha i Haesloopa (1958b) giberelina może w tym wypadku tylko przyspieszyć kwitnienie. Pod jej wpływem nie następuje jednak inicjacja rozwoju generatywnego *Xanthium* bez indukcji krótkim dniem. Działanie gibereliny na ogół nie zastępuje indukcji fotoperiodycznej u roślin krótkiego dnia. Wykazał to Lang (1956) na przykładzie *Xanthium saccharatum*. Według Czajłachiana (1958) rozwój generatywny roślin krótkiego dnia, takich jak tytoń Mamonut, pachnotka czerwona (*Perilla nankinensis*), soja i proso nie ulega zmianie pod wpływem gibereliny ani na długim, ani na krótkim dniu, z tendencją do zahamowania w ostatnim wypadku. Według Lincoln i Hamnera (1958) kwas giberelinowy sprzyja wzmożonemu kwitnieniu *Xanthium saccharatum* tylko wtedy, gdy rośliny pozbawione są pąków.

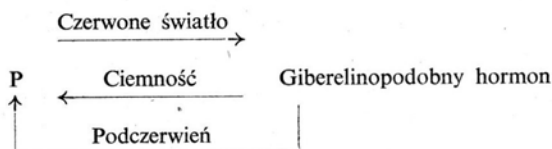
Zasadnicze różnice w działaniu gibereliny na rośliny długiego i krótkiego dnia, a także fakty otrzymywania pod wpływem tej substancji zmian w rozwoju roślin długiego dnia, różniących się niekiedy znacznie ilościowo, wskazują

na to, że gibereliny nie są, jak by się mogło wydawać, hormonami kwitnienia w ścisłym znaczeniu tego słowa. Jedynie w pewnych wypadkach mogą one współdziałać z tego typu substancjami.

Czajłachian (1958) przypuszcza, że obecność substancji giberelinowych w roślinie nie zależy od obecności hormonów kwitnienia, a rola ich w rozwoju roślin sprowadza się do stymulacji wzrostu pędów kwiatowych. W tkankach roślin długiego dnia — na krótkim dniu i w tkankach niejarowizowanych dwuletnich i ozimych form roślin — w warunkach niesprzyjających jarowizacji, w myśl założeń Czajłachiana brak właśnie gibereliny. Natomiast zdolność roślin długiego dnia do zakwitania pod wpływem kwasu giberelinowego na krótkim dniu świadczy o tym, że substancje konieczne do kwitnienia wytwarzane są w ich liściach także i na krótkim dniu. Działanie ich w tych warunkach nie ujawnia się jednak w naturze ze względu na to, że z brakiem gibereliny lub substancji giberelinopodobnych wiąże się osłabiony wzrost pędów generatywnych. Wszystkie rośliny krótkiego dnia, niezależnie od długości fotoperiodu, nigdy nie tworzą rozetek. Stąd wniosek, że nie brak im nigdy substancji mających wpływ na formowanie pędów. Potwierdza ten wniosek fakt niskiej efektywności kwasu giberelinowego w zastosowaniu do tych roślin nawet przy sprzyjającej kwitnieniu długości fotoperiodu. Na długim dniu indukcja kwitnienia jest u nich niemożliwa z tego względu, że wtedy brak im substancji mających bezpośredni wpływ na inicjację kwitnienia, których gibereliny nie są w stanie zastąpić. Tak więc kwitnienie wymaga równoczesnej obecności obydwu grup substancji: giberelin i hormonów kwitnienia.

Hipoteza Briana. Giberelina i światło

Brian (1958) objaśnia związek pomiędzy fotoperiodyczną wrażliwością roślin i ich reakcją na otrzymywany z zewnątrz kwas giberelinowy nieco inaczej. Opracowany przez niego schemat zakłada, że na świetle, zwłaszcza pod wpływem czerwonej części widma, liście produkują giberelinopodobny hormon. W ciemności natomiast, a tym bardziej przy naświetlaniu podczerwienią, wspomniany hormon przechodzi w fizjologicznie nieaktywny lub mało aktywny prekursor.



Ponieważ światło sprzyja produkcji hormonu, w warunkach długiego dnia możliwa jest akumulacja jego aktywnej formy w roślinie, natomiast

w warunkach krótkiego dnia koncentracja jego poważnie się zmniejsza. Wystarczy więc przyjąć, że stymulacja kwitnienia u roślin długiego dnia wymaga wysokiej koncentracji giberelinopodobnego hormonu, a niska koncentracja jego stwarza warunki dla kwitnienia roślin krótkiego dnia, by otrzymać logiczne wytłumaczenie obserwowanych reakcji. Powyższy schemat objaśnia również fakt, że u roślin długiego dnia kwitnieniu towarzyszy wydłużenie pędów, co wiąże się z działalnością ich naturalnej gibereliny. Rośliny krótkiego dnia natomiast charakteryzuje bujny wzrost w wegetatywnej fazie rozwoju i skrócona forma pędów generatywnych, która występuje wtedy, gdy koncentracja danego hormonu jest niska.

Za punkt wyjścia do hipotezy Briana posłużyło podobieństwo działania gibereliny i światła, jej aktywność w procesach, przebiegających z maksymalną efektywnością pod wpływem czerwonej części widma. Wiadomo na przykład z prac Klesznina (1954), że u typowych roślin długiego dnia stadium świetlne ulega przyspieszeniu pod wpływem promieni pomarańczowoczerwonych. Można więc przypuszczać, że giberelina, stymulując kwitnienie roślin długiego dnia, zastępuje właśnie te promienie.

Do wyjaśnienia mechanizmu działania gibereliny mogą przyczynić się w tym wypadku badania nad zachowaniem się nasion wrażliwych na światło. Przy pomocy gibereliny udało się pobudzić do kiełkowania w ciemności, oprócz nasion sałaty, nasiona niektórych form *Arabidopsis thaliana* (*Cruciferae*), kiełkujące zazwyczaj tylko na świetle. Z badań Bünsowa i Bredowa (1958) wynika, że kwas giberelinowy nie wywołuje wprawdzie kiełkowania nasion *Calanchoe* w ciemności, lecz sprzyja mu, zniżając krytyczną długość dnia niezbędną dla kiełkowania i podwyższając procent skielkowanych nasion przy danej ilości godzin oświetlenia. Evenari, Neumann i Klein (1955), badając wpływ różnych promieni na wrażliwe na światło nasiona sałaty, stwierdzili, że czerwień przyspiesza, a podczerwień hamuje ich kiełkowanie. Czerwone światło stymuluje przy tym oddychanie nasion. Według danych Nielsena i Berquista (1958) kwas giberelinowy również stymuluje oddychanie nasion niektórych roślin. Wpływ gibereliny i oświetlenia na kiełkowanie nasion wrażliwych na światło można więc objaśnić, jeśli przyjąć, że w okresie dojrzewania nasion giberelinopodobny hormon przechodzi w prekursor. Poddanie nasion działaniu czerwonego światła powoduje resyntezę hormonu — stymulatora kiełkowania. Działanie to można uczynić zbędnym, podając kwas giberelinowy z zewnątrz.

Istnieją liczne dowody na to, że reakcje roślin związane z wpływem światła charakteryzuje antagonizm czerwonej i podczerwonej części widma. Ponieważ giberelina, jak wynika z przytoczonych wyżej danych, w szeregu wypadków działa na rośliny w sposób przypominający działanie czerwonego światła, to należałoby oczekiwać, że w tych wypadkach można z jej pomocą przeciwdziałać wpływowi podczerwieni. Schemat Briana zakłada taką możli-

wość, jednak dane eksperymentalne na ten temat są często sprzeczne lub niekompletne.

Tak na przykład w doświadczeniach Lony i Bocchi (1956) z pachnotką kwas giberelinowy działał tak jak podczerwień, a mianowicie przeciwdziałał hamowaniu kwitnienia przez światło czerwone. Analogiczne zachowanie się giberelin zaobserwowali Curry i Wassink (1956). Uzyskali oni z jej pomocą kwitnienie *Hyoscyamus niger* na czerwonym i zielonym świetle, podczas gdy rośliny kontrolne nie traktowane gibereliną i poddane równolegle działaniu światła monochromatycznego o różnej długości fal kwitły tylko na niebieskim świetle i przy zmieszaniu czerwieni i podczerwieni. Tutaj więc giberelina zastępowała jakby promienie podczerwone lub niebieskie, tj. skrajne odcinki widma przeciwstawiane jego środkowej czerwono-żółto-zielonej części w ostatnich pracach dotyczących wpływu światła na morfogenezę roślin. Pozytywne wyniki z punktu widzenia hipotezy Briana uzyskali natomiast Johnson i Liverman (1957). Stwierdzili oni, że giberelina usuwa hamujący wpływ wysokich temperatur lub promieni podczerwonych na wzrost pomidorów. Warto zaznaczyć przy okazji, że giberelina jest jednym z czynników pobudzających partenokarpiczny rozwój owoców pomidorów (Person i Rappaport 1958).

Podobieństwo wpływu czerwonego światła i gibereliny nie wyklucza istnienia różnic w działaniu tych czynników. Światło na przykład nie eliminuje karłowatości uwarunkowanej genetycznie, a giberelina nie zastępuje czerwonego światła w funkcji hamowania wzrostu. W tym miejscu można przytoczyć prace Lockharta (1956, 1958) dotyczące współdziałania światła i kwasu giberelinowego w odniesieniu do reakcji wzrostowych niektórych gatunków roślin. W doświadczeniach tego autora giberelina przeciwdziałała zahamowaniu wzrostu siewek grochu przy przeniesieniu ich z ciemności do czerwonego światła, przy czym rośliny karłowatych odmian osiągały na świetle szybkość wzrostu identyczną z szybkością wzrostu pod wpływem gibereliny w ciemności. Rośliny normalnych odmian były nieco niższe. W odróżnieniu od karłowatego grochu, odznaczającego się wrażliwością na giberelinę również w ciemności, fasola, słonecznik i zwykły groch reagowały na tę substancję bez oświetlenia w minimalnym stopniu. U tych roślin wystąpiło wyraźne współdziałanie (synergizm) czerwonego światła i gibereliny w procesach wzrostowych. Zainteresowanie może wzbudzić fakt, że karłowate i normalne odmiany fasoli zachowywały się pod tym względem prawie zupełnie tak samo. W przeciwieństwie do fasoli, słonecznika i grochu rośliny ogórków i dyni traktowane gibereliną nie osiągały na świetle wysokości równej wysokości roślin w ciemności. Lockhart przypuszcza, że u tych gatunków zastosowany kwas giberelinowy różni się od naturalnego hormonu.

Przy naświetlaniu roślin fasoli promieniami podczerwonymi bezpośrednio po 5-minutowej ekspozycji na czerwonym świetle reakcja na giberelinę jest

taka jak w ciemności. Jeśli natomiast działanie podczerwieni miało miejsce dopiero w 24 godz. po ekspozycji, nie obserwowano żadnego wpływu jej na reakcję. W doświadczeniach Lockharta promienie podczerwone nie wpłynęły w ogóle na wzrost karłowatego grochu.

Giberelina nie okazała wpływu na zahamowanie wzrostu spowodowane działaniem promieni nadfioletowych.

Substancje giberelinopodobne

Wielostronna aktywność fizjologiczna substancji typu gibereliny nasunęła uczonym myśl o tym, że winny być one szerzej reprezentowane w przyrodzie. Wszystkie wspomniane wyżej schematy zakładają obecność ich w tkankach roślin wyższych.

W 1951 roku Mitchell i in. opisali związek tego typu otrzymany z eterowych ekstraktów niedojrzałych nasion fasoli. Związek ten w zastosowaniu do roślin tego samego gatunku powodował wydłużenie międzywęźli, zwiększał szybkość wzrostu liści i ich ostateczne rozmiary, przyspieszał kwitnienie i usuwał zahamowanie wzrostu na świetle. Nasiona fasoli produkowały go tylko w pierwszym okresie swego rozwoju. Phinney i Neely (1958) wyodrębnili z podobnych ekstraktów 2 krystaliczne substancje: «czynnik fasolowy I» i «czynnik fasolowy II». Czynnik fasolowy I przypomina giberelinę A_1 , natomiast czynnik fasolowy II różni się od związków izolowanych z kultury grzyba *Giberella fujikuroi*. Własności podobne do czynnika fasolowego II posiada ponadto czynnik wyprodukowany z grochu.

Lang, Sandoval i Bedri (1957) otrzymali ciekawe wyniki, używając jako źródła substancji giberelinopodobnych endospermu niedojrzałych nasion *Echinocystis macrocarpa* (*Cucurbitaceae*). Stosując preparaty endospermu na środek rozetki lub na strefę wzrostu łodygi *Samolus parviflorus* i dwuletniej formy *Hyoscyamus niger*, uzyskali oni w warunkach niesprzyjających, a mianowicie: dla *Samolus parviflorus* — na krótkim dniu, dla *Hyoscyamus niger* — przy wysokiej temperaturze, przyspieszenie kwitnienia takie, jak pod wpływem kwasu giberelinowego. Doza 0,1—0,2 ml endospermu okazała w tym wypadku wpływ indukujący podobny do działania 20 mg czystej gibereliny. Phinneyowi i współpracownikom (1957) udało się ponadto wykryć substancje giberelinopodobne w endospermie nasion kasztanowca i awokado, a także w ekstraktach eterowych lub acetonowych nasion łubinu, kukurydzy, śliwy, moreli, migdałów i tytoniu. Reakcja wzrostowa wywołana przy pomocy tych ekstraktów u poszczególnych różniących się genetycznie mutantów kukurydzy całkowicie pokrywała się z rezultatami uzyskanymi z pomocą autentycznej gibereliny.

W 1956 roku Radley podała fakt otrzymania substancji giberelinopodobnej z oczyszczonych ekstraktów młodych pędów grochu. Ostatnio Mac

Millan i Suter (1958) zidentyfikowali krystaliczną substancję izolowaną z wyciągów alkoholowych nasion fasoli ozdobnej (*Phaseolus multiflorus*) jako giberelinę A₁, taką samą jak wyodrębniona z kultury *Giberella fujikuroi*. W doświadczeniach Bünsowa i in. (1958) analogiczne wyciągi przyspieszyły kwitnienie *Bryophyllum crenatum*.

Substancje giberelinopodobne stwierdzono również w koleoptile pszenicy, w młodych kwiatostanach rzepaku oraz w mlecisku, endospermie i zarodku orzechów kokosowych. Mikrobiolodzy radzieccy wyodrębnili tego typu substancje z kultury 2 gatunków promieniowców, z drożdży grupy *Torulopsis* oraz z 4 gatunków grzyba *Fusarium*. Spośród zbadanych do chwili obecnej największą aktywność wykazał preparat otrzymany z grzyba *Fusarium* sp. izolowanego z winnej latorośli. Pod wpływem roztworu tego preparatu roślina długiego dnia *Rudbeckia bicolor* wytworzyła na krótkim dniu pędy generatywne i zakwitła. Analiza chromatograficzna wykazała identyczną naturę kwasu giberelinowego i nazwanego preparatu.

Badania nad giberelinami i substancjami giberelinopodobnymi prowadzone są w ośrodkach naukowych coraz większej liczby krajów. Badania te przyczynią się być może do wyjaśnienia m. in. mechanizmu działania różnej barwy światła na wzrost i rozwój roślin, biochemicznych podstaw zróżnicowania ich pod względem wrażliwości na długość dnia oraz zasad współdziałania różnych systemów substancji aktywnych w roślinie.

Wyjaśnienie tych problemów pozwoli na opracowanie metod skutecznej ingerencji w zakresie wzrostu i rozwoju roślin, które znajdą zastosowanie praktyczne w hodowli roślin i w produkcji ogrodniczej.

Laboratorium Fizjologii Rozwoju Roślin IHAR

LITERATURA

- Brian P. W., 1958. Role of gibberellin-like hormones in regulation of plant growth and flowering. *Nature* 181: 1122—1123.
- and Hemming H. G., 1958. Complementary action of gibberellic acid and auxins in pea internode extension. *Ann. of Bot.* 22: 1—17.
- Hemming H. G. and Radley M., 1955. A physiological comparison of gibberellic acid with some auxins. *Physiol. Plant.* 8 (4): 899—912.
- Bünsow R. und Bredow K. V., 1958. Einfluss der Gibberelline auf die Tageslängabhängigkeit der Samenkeimung von Kalanchoë. *Naturwissenschaften* 45 (4): 95—96.
- Penner J. und Harder R., 1958. Blütenbildung bei *Bryophyllum* durch Extrakt aus Bohnen-samen. *Naturwissenschaften* 45 (2): 46—47.
- Curry G. M. and Wassink E. C., 1956. Photoperiodic and formative effects of various wavelenght regions in *Hyoscyamus niger* as influenced by gibberellic acid. *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen* 56/14: 1—8.
- Czajłachian M. Ch., 1958. Wlijanije gibberellinow na rost i razwitiye rastenii. *Bot. Žurn.* 43 (7): 927—952.

- Evenari M., Neumann G. and Klein G., 1955. The influence of red and infrared light on the respiration of photoblastic seeds. *Physiol. Plant.* 8 (1): 33—47.
- Feucht J. R., and Watson D. P., 1958. The effect of gibberellins on internodal tissues of *Phaseolus vulgaris* L. *Am. J. Bot.* 45 (7): 520—522.
- Gray R. A., 1958. The anti-auxin effect of gibberellic acid in the rooting of cuttings. *Plant Physiol.* 33, Suppl.: 40.
- Greulach V. A. and Haesloop J. G., 1958a. The influence of gibberellic acid in cell division and cell elongation in *Phaseolus vulgaris*. *Am. J. Bot.* 45 (7): 566—570.
- 1958b. Influence of gibberellin on *Xanthium* flowering as related to number of photoinductive cycles. *Sci.* 127: 646—647.
- Johnston J. L. and Liverman S. P., 1957. Control of arrested fruit growth in tomato by gibberellins. *Sci.* 125: 1086—1087.
- Kato J., 1953. *Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ.*, 20 (3): 189—193 (cyt. przez Stowe B. B. and Yamaki T., 1957. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 8: 181—216).
- 1958a. Nonpolar transport of gibberelin through pea stem and a method for its determination, *Sci.* 128: 1008—1009.
- 1958b. Studies on the physiological effect of gibberellin. II. On the interaction of gibberellin with auxins and growth inhibitors, *Physiol. Plant.* 11 (1): 10—15.
- Klesznin A. F., 1954. *Rastienije i swiet.* Moskwa.
- Knapp R., 1956. Über die Wirkung von Gibberellin auf Wachstum und Blütenbildung bei verschiedenen Temperatur- und Licht-Verhältnissen. *Z. Naturforsch.* 11b (12): 698—704.
- 1958. Die Gibberelline und ihre Bedeutung für die Pflanzenphysiologie. *Naturwissenschaften* 45(17): 408—413.
- Krasilnikow N. A., 1958. Sowjetskij gibberellin. *Priroda* 7: 81—84.
- Czajłachian M. Ch., Skriabin G. K., Chochłowa J. M., Uleżło Z. W. i Konstantinowa G. N., 1958. O stimulujującym diejstwie gibberellinów różniczowo proischożdzenia. *Dokł. Akad. Nauk. S. S. S. R.* 121 (4): 755—758.
- Lang A., 1956. Gibberellin and flower formation. *Naturwissenschaften* 43 (23): 544.
- Sandoval J. A. and Bedri A., 1957. Induction of bolting and flowering in *Hyoscyamus* and *Samolus* by a gibberellin-like material from a seed plant. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* 43 (11): 960—964.
- Lincoln R. G. and Hamner K. C., 1958. An effect of gibberellic acid on the flowering of *Xanthium* a short day plant. *Plant Physiol.* 33 (2): 101—104.
- Lockhart J. A., 1956. The effect of light and the gibberellins on stem elongation in dwarf and normal pea seedlings. *Plant Physiol.* 31, Suppl.: 12.
- 1958a. The influence of red and far-red radiation on the response of *Phaseolus vulgaris* to gibberellic acid. *Physiol. Plant.* 11 (3): 487—492.
- 1958b. The response of various species of higher plants to light and gibberellic acid. *Physiol. Plant.* 11 (3): 478—486.
- and Gottschall V., 1958. Growth responses of *Pisum* in relation to light and gibberellic acid. *Plant. Physiol.* 33, Suppl.: 40.
- Lona F., Bocchi A., 1956. *Ateneo parmense* 27 (4): 645—649 (cyt. przez Stowe B. B. and Yamaki T., 1957. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 8: 181—216).
- Mac Millan J. and Suter P. J., 1958. The occurrence of gibberellin A₁ in higher plants. Isolation from the seed of runner bean *Phaseolus multiflorus*). *Naturwissenschaften* 45 (2): 46.
- Maciejewska-Potapczykowa W., 1958. Gibberelliny — nowe czynniki wzrostowe roślin. *Wiad. Bot.* II (1): 21—24.
- Mann L. K., 1940. *Botan. Gaz.* 102: 339 (cyt. przez Greulach V. A. and Haesloop J. G., 1958. *Sci.* 127: 646—647).

- Marth P. C., Audia W. V. and Mitchell J. W., 1956. Effect of gibberellic acid on growth and development of various species of plants. *Plant Physiol.* 31, Suppl.: 43.
- Mitchell J. W., Skaggs D. P. and Andersson W. P., 1951. Plant growth-stimulating hormones in immature bean seeds. *Sci.* 114: 159—161.
- Naylor F. L., 1941. *Botan. Gaz.* 103: 146 (cyt. przez Greulach V. A. and Haesloop J. G., 1958, *Sci.* 127: 646—647).
- Nielsen N. and Bergquist G., 1958. The stimulation of the respiration of seeds with gibberellic acid and its analytical application, *Physiol. Plant.* 11 (2): 329—331.
- Persson A. and Rappaport L., 1958. Gibberellin-induced systemic fruit set in a male sterile tomato. *Sci.* 127: 816.
- Phinney B. O. and Neely P. M., 1958. Differential biological properties of gibberellin-like factors isolated from beans and peas. *Plant Physiol.* 33, Suppl.: 28.
- West C. A., Ritzel M. and Neely P. M., 1957. Evidence for gibberellin-like substances from flowering plants. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* 43 (5): 398—404.
- Radley M., 1956. Occurrence of substances similar to gibberellic acid in higher plants. *Nature* 178: 1070—1071.
- and Dear E., 1958. Occurrence of gibberellin-like substances in the coconut. *Nature* 182: 1098.
- Rappaport L. and Bonner J., 1958. Quantitative plant responses to gibberellin and some climatic factors. *Plant Physiol.* 33, Suppl. : 43.
- Roy W. C., Sachs M. and Lang A., 1957. Effect of gibberellin on cell division in *Hyoscyamus* *Sci.* 125: 1143—1144.
- Salisbury F. B., 1955. The dual role of auxin in flowering. *Plant Physiol.* 30 (4): 327—334.
- Simpson G. M., 1958. A colorimetric test for gibberellic acid and evidence from a dwarf pea assay for the occurrence of a gibberellin-like substance in wheat seedlings. *Nature* 182: 528—529.
- Stowe B. B. and Yamaki T., 1957. The history and physiological action of the gibberellins. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 8: 181—216.
- Wada B., 1948. *Japan J. Genetics Supplement* 2: 24—28 (cyt. przez Stowe B. B. and Yamaki T., 1957. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 8: 181—216).