

ANIELA KAMIENSKA

ZAGADNIENIE DETERMINACJI PŁCI U ROŚLIN

Zagadnienie determinacji płciowej roślin interesujące jest zarówno z punktu widzenia teoretycznego, jak też i praktycznego, ponieważ wśród roślin uprawnych istnieją gatunki rozdzielнопłciowe—jednopienne i dwupienne. W praktyce nieraz wyłania się konieczność uzyskania upraw roślin o jednej płci, czy też zwiększenie liczby roślin lub kwiatów danej płci. Do kierowania tymi problemami niewątpliwie konieczna jest znajomość podstaw teoretycznych i dróg, które prowadzą do wytworzenia kwiatów jedнопłciowych.

Istnieją dwa sposoby powstawania kwiatów jedнопłciowych (Heslop-Harrison 1957):

1. Przez wytworzenie elementów obu płci i późniejszy zanik organów męskich lub żeńskich,

2. Przez bezpośrednie wytworzenie elementów tylko jednej płci.

W pierwszym wypadku jedнопłciowość kwiatu spowodowana jest zahamowaniem rozwoju struktur słupekowych w kwiecie męskim i struktur pręcikowych w kwiecie żeńskim. U roślin tworzących kwiaty w ten właśnie sposób powrót do hermafrodytyzmu jest zjawiskiem pospolitym i w kwiecie męskim czy żeńskim spotyka się często szczątkowe elementy drugiej płci. Ten sposób tworzenia kwiatów jedнопłciowych charakterystyczny jest dla roślin rozdzielнопłciowych spośród *Ranales*, *Rosales*, *Umbellales*, *Centrospermae*, *Campanulatae*, *Liliiflorae*, *Tubiflorae*, *Rubiales* i in. Dla przykładu ogórek (*Cucumis sativus* L) ma trzy rodzaje kwiatów: żeńskie, męskie i hermafrodytyczne. Wykazano (Atsmon i Galun 1960), że wszystkie one w swym rozwoju przechodzą wspólne stadium dwupłciowości. W stadium tym płci pączków nie można rozróżnić, ponieważ mają zawiązki zarówno i pręcików jak i słupeków. W późniejszych etapach następuje rozwój jednych organów kwiatu, a zahamowanie rozwoju drugich; i tak zahamowanie rozwoju pręcików albo słupeków prowadzi do utworzenia kwiatów jedнопłciowych, rozwój natomiast i pręcików i słupeków prowadzi do wytworzenia kwiatów hermafrodytycznych. U ogórków więc tylko w bardzo wczesnym stadium rozwoju kwiaty wykazują dwupłciowość.

Bardzo wyraźnym przykładem jest tu *Asparagus* (Shoji i Nakamura 1928), u którego młode pączki kwiatowe są identyczne, a pręciki i słupek rozwijają się aż

do momentu mejozy. Teraz dopiero następuje zahamowanie rozwoju, mianowicie — w kwiatach, które będą żeńskie, nie wytwarza się pyłek, a woreczek zalążkowy nie wykształca się w tych, które będą męskie; w ten sposób dojrzałe kwiaty są funkcjonalnie jednopłciowe.

Drugi typ rozwoju kwiatów rozdzielнопłciowych charakteryzuje się tym, że jednopłciowość zaznacza się od najwcześniejszych etapów rozwoju kwiatu. Tu należą gatunki spośród *Pandanales*, *Salicales*, *Garryales*, *Myricales*, *Juglandales*, *Fagales*, *Urticales*, u których hermafrodyty są albo całkowicie nieznanne, albo bardzo rzadkie; kwiaty nie wykazują żadnych śladów mieszania płci i często kwiaty obu płci różnią się znacznie wielkością, ogólną morfologią, rozmieszczeniem na roślinie.

Zarówno kwiaty, jak i rośliny rozdzielнопłciowe wykazują znaczne różnice w zawartości substancji czynnych. Dla przykładu wyższą aktywność enzymów, zwłaszcza katalazy (Kozma i Polyak 1958), peroksydazy i polifenoksydazy (Gołodriga 1960, Martos 1962) stwierdzano zawsze u roślin żeńskich. Rośliny żeńskie charakteryzują się większą zawartością witaminy C (Kezeli i Dżaparidze 1949, Gołodriga 1960, Zemljanuchin i Šenšina 1961).

Na zróżnicowanie płciowe roślin duży wpływ wywierają zarówno czynniki środowiskowe, jak i czynniki natury hormonalnej.

I. WPLYW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH NA DYFERENCJACJĘ PŁCIOWĄ ROŚLIN

Najwcześniejsze badania (Heyer 1884, Hoffmann 1885, Giard 1898 wg Heslop-Harrisona 1957) dotyczyły zależności między płcią roślin a żyznością podłoża. Powstał ogólny pogląd, że gleba zawierająca wysoki procent łatwo przyswajalnych związków azotowych i wilgoci sprzyja rozwojowi płci żeńskiej, natomiast uboga i sucha gleba — rozwojowi płci męskiej. W 1936 r. Tibeau wykazał doświadczalnie, że wysoki poziom azotu powoduje zwiększenie liczby roślin żeńskich u konopi rosnących w kulturach wodnych, a obniżony poziom azotu — zwiększenie liczby roślin męskich (w pierwszym wypadku zastosowano pożywkę Knopa ze zwiększoną dawką azotanów, a drugim azotany w pożywce zastąpiono chlorkami). Podobnie Mukerji (1936) stwierdził u *Mercurialis perennis* przewagę roślin żeńskich na glebach leśnych o górnej warstwie próchnicy silnie rozłożonej i w warunkach zacienienia — a więc także na glebie bogatej. Na terenach wilgotnych zaobserwowano (Davy i Gibson 1917 wg Heslop-Harrisona 1957) przewagę żeńskich okazów *Myrica gale*. Być może przyczyną tego zjawiska są różnice w wymaganiach ekologicznych i wpływająca stąd selektywna eliminacja jednej z płci. Krańcowym przykładem jest osoka aloesowata — (*Stratiotes aloides*). Europejskie zasięgi geograficzne obu płci tego gatunku różnią się pomiędzy sobą. Zasięg roślin żeńskich wysunięty jest dalej na północ o 2° szerokości geograficznej (Geddes i Thompson 1889). Wyraźny wpływ odżywiania azotowego na płeć ogórków wykazali także inni badacze Tjedjens (1925) dla *Cucumis sativus* i Hall (1949) dla *Cucumis anguria*. I w jednym i w drugim wypadku porównywano liczby żeńskich i męskich

kwiatów u roślin uprawianych na podłożu o stosunkowo niskiej zawartości azotu i na podłożu o zwiększonej dawce azotanów w różnych warunkach świetlnych i stwierdzono, że duże dawki azotu zwiększały ogólną liczbę kwiatów obu płci, zwłaszcza na długim dniu, ale zawsze liczba kwiatów żeńskich wzrastała w większym stopniu. Najwięcej roślin żeńskich było na dniu krótkim przy bogatym odżywianiu azotowym.

Badano również różnice w zawartości azotu, fosforu i potasu u roślin obu płci. Według Erdelsky'ego i Hericha (1956) ilość fosforu, potasu i azotu w korzeniach, a azotu i fosforu w częściach nadziemnych konopi była wyższa u roślin żeńskich, natomiast potasu więcej było w częściach nadziemnych roślin męskich. Autorzy wnioskujeją stąd, że azot i fosfor ściśle związane są z dyferencjacją płci żeńskiej, a potas — męskiej. Dane dotyczące fosforu potwierdzają również i inni autorzy (Zemljanuchin i Šenšina 1961).

Na podstawie tych danych można wnioskować, że składniki pokarmowe gleby mogą w pewnych warunkach regulować płeć roślin kwiatowych. Ogólnie mówiąc gleby wilgotne i zawierające stosunkowo duże ilości łatwo przyswajalnego dla roślin azotu powodują zwiększenie liczby roślin czy kwiatów żeńskich w stosunku do męskich. Gleby natomiast suche, o niskiej zawartości azotu, sprzyjają rozwojowi płci męskiej. W obu wypadkach czynnikiem odgrywającym bardzo dużą rolę jest światło i to zarówno przez swój wpływ na metabolizm węglowodanowy, jak i przez specyficzny wpływ fotoperiodyczny (Heslop-Harrison 1957).

Niektórzy autorzy (Schaffner 1925) sugerują, że główną rolę w procesie seksualizacji odgrywa długość dnia, a składniki glebowe wywierają wpływ tylko dodatkowy.

Tournois (1911, 1914) zauważył przyspieszenie rozwoju, wcześniejsze kwitnienie i zwiększenie liczby okazów żeńskich u chmielu (*Humulus japonicus*) rosnącego w szklarni podczas miesięcy zimowych, a więc przy znacznie skróconej długości dnia. W późniejszych doświadczeniach (Tournois 1914), przeprowadzonych w warunkach regulowanej długości dnia, autor stwierdził, że u roślin, które rosły na dniu krótkim, kwiaty tworzyły się już na 3—4 węźle, u roślin rosnących na długim dniu dopiero na 9 węźle. Śledząc proporcje roślin męskich i żeńskich zaobserwował, że w warunkach dnia krótkiego wszystkie rośliny były żeńskie i wykształciły normalne żeńskie szyszki. Podobny, feminizujący wpływ wywiera krótki dzień na konopie (Łączyńska-Hulewiczowa 1957). Limberk (1959) wykazał, że żeńskie konopie kwitną tylko na dniu nie przekraczającym 15 godzin, męskie również i przy większej długości dnia. Obniżenie intensywności światła powoduje zwiększenie liczby roślin żeńskich.

Konopie i chmiel są roślinami dnia krótkiego. Jak wynika z cytowanych wyżej doświadczeń, skracanie dnia w pewnych warunkach powoduje u nich zwiększenie liczby roślin żeńskich. Inaczej jest u roślin dnia długiego. Thompson (1955) wykazał, że u szpinaku rosnącego w warunkach dnia krótkiego następuje przekształcenie kwiatów w obupłciowe.

U roślin neutralnych w stosunku do długości dnia stosunek liczby roślin męskich

i żeńskich zmienia się również zależnie od długości dnia (Saito 1961). Jak wykazano doświadczalnie (Edmond 1930), ogórki na dniu krótkim znacznie zwiększają liczbę kwiatów żeńskich. Podobne wyniki uzyskano i dla innych *Cucurbitaceae*.

Tak więc ogólnie powiedzieć można, że warunki, które przyspieszają rozwój rośliny tzn. u rośliny dnia długiego dzień długi, u roślin krótkodniowych i neutralnych dzień krótki, sprzyjają tworzeniu się kwiatów żeńskich.

Duży wpływ na płeć roślin wywiera również temperatura. Stwierdzono (Geddes i Thompson 1889 wg. Heslop-Harrisona 1957), że *Citrullus vulgaris* rosnący w temperaturze 43,5°C wytwarza tylko męskie kwiaty, podczas gdy trzymany w dużo niższej temperaturze — tylko kwiaty żeńskie. Podobnie Thompson (1955) wykazał, że niższe temperatury powodują zwiększenie liczby roślin żeńskich u szpinaku.

Bardzo istotne są wyniki otrzymane przez Nitscha, Kurtza, Livermanna i Wenta (1952). W doświadczeniach z dynią (*Cucurbita pepo*) rosnącą w warunkach różniących się długością dnia i temperaturą stwierdzili oni, że zarówno na dniu długim, jak i na krótkim niska temperatura okresu ciemnego zwiększa liczbę kwiatów żeńskich, wysoka — liczbę kwiatów męskich.

Tak więc czynniki środowiska zewnętrznego wywierają znaczny wpływ na kształtowanie się płci roślin, ale nie mniejszą rolę odgrywają czynniki natury wewnętrznej.

II. WPLYW REGULATORÓW WZROSTU ROŚLIN NA DYFERENCJACJĘ PŁCIOWĄ

Auksyny: Substancjami wzrostowymi typu auksyny traktowano ogórki w okresie kiedy pierwszy liść był w pełni rozwinięty (Laibach i Kribben 1950, 1951, Laibach 1951) i stwierdzono, że takie związki, jak NAA, IAA, 2, 4-D zwiększają liczbę kwiatów żeńskich, przy czym najsilniejsze działanie wykazuje IAA, najsłabsze 2, 4-D. Substancje te zwiększając liczbę kwiatów żeńskich powodują obniżenie ogólnej liczby kwiatów na roślinie (Nitsch 1952, Ito i Saito 1956, Heslop-Harrison 1956, 1959—60). Podobne wyniki uzyskał również Borkowski (1966) opryskując ogórki NAA. Autor uzyskał przekształcenie kwiatów męskich w obupłciowe, które nawet wykształciły zawiązek owocu. Wittwer i Hillyer (1954) przez oprysk ogórków NAA i TIBA w obu wypadkach otrzymali obniżenie liczby kwiatów męskich. TIBA zastosowany w doświadczeniach z konopiami takiego efektu nie wywołał (Heslop-Harrison et al. 1957a).

Jak wynika z tych przykładów, działanie auksyn ujawnia się zwiększeniem liczby kwiatów żeńskich przy jednoczesnym zmniejszeniu liczby kwiatów męskich. Są dane w literaturze (Heslop-Harrison loc. cit.) wskazujące, że NAA powoduje sterylność pręcików i w ten sposób roślina staje się fizjologicznie żeńska. Rehm (1952) stwierdził u *Citrullus edulis* i *C. vulgaris*, u których poszczególne rośliny mają kwiaty męskie i obupłciowe, że traktowanie 2, 4-D i TIBA stymuluje rozwój kwiatów obupłciowych i powoduje sterylność pręcików w obu typach kwiatów, zwłaszcza przy zastosowaniu dużych dawek. Pod wpływem 2, 4-D uzyskano w do-

świadczeniach z konopiami (Herich 1955) wyniki zależne od stężenia preparatu. W stężeniach niskich zwiększała się liczba roślin żeńskich, w wyższych liczba roślin męskich.

Galun (1959a) badając żeńskie i obupłciowe odmiany ogórka wykazał, że usunięcie młodych liści zwiększa tendencję męską roślin, jednocześnie zmniejsza wzrost łodygi i zwiększa krzewienie. Przez dodanie auksyn działanie to można zniwelować. Natomiast usunięcie dojrzałych liści wywoływało skutki odwrotne. Autor wyciąga stąd wniosek, że młode liście produkują auksyny, a dojrzałe — inhibitory wzrostu, antagonistycznie działające w stosunku do auksyn. Badacz ten nie stwierdził różnic w zawartości auksyn u roślin męskich i żeńskich. Conrad (1962) wykazał natomiast, że ilość substancji wzrostowych w łodygach żeńskich konopi była 10-krotnie wyższa niż w męskich. W liściach rośliny męskie zawierały początkowo mniej substancji wzrostowych niż żeńskie, ale w okresie żółknięcia ilość auksyn szybko u nich wzrastała.

Na ogół panuje zgodny pogląd co do tego, że czynniki hormonalne wywierają ogromny wpływ na determinację płciową roślin. Laibach i Kribben (1951) twierdzą, że płeć kwiatów ogórka zależy od stężenia auksyny w pąkach kątowych. Kwiaty żeńskie wymagają wyższej koncentracji tej substancji wzrostowej niż męskie (Hashizume 1960), tak więc np. u dyni po węźle z kwiatami żeńskimi nastąpił węzeł z męskimi, prawdopodobnie na skutek wyczerpania się auksyny na wytworzenie kwiatów żeńskich. Wskazywałyby na to również obserwacje Atsmona i Galuna (1962), którzy zauważyli, że u rośliny wykazującej silną tendencję do wytwarzania kwiatów żeńskich zawsze rozwijały się one w pobliżu młodych liści, które w porównaniu do starszych cechuje duża aktywność IAA. Odwrotnie było gdy obserwowano tendencję tworzenia kwiatów męskich. Autorzy ci uważają, że zarówno czynniki środowiska zewnętrznego, jak i czynniki genetyczne wywierają wpływ na płeć przez zmiany stosunku wieku liści do pączków kwiatowych, co z kolei wpływa na poziom hormonów w pobliżu rozwijającego się zawiązka kwiatu.

Jak wynika z doświadczeń przytoczonych wyżej, auksyny wykazują wyraźnie feminizujący wpływ na płeć roślin. Galun i wsp. w jednej z ostatnich prac (1965) dają sumaryczne ujęcie roli auksyn w determinacji płciowej ogórka. Autorzy opierają się na następujących przesłankach:

1. Hermafrodytyczne rośliny ogórka zawierają więcej auksyn niż rośliny mające kwiaty hermafrodytyczne i męskie. Górna część rośliny zawiera więcej auksyn niż leżąca pod nią. Prawdopodobnie ta występuje zarówno gdy porównuje się próbki jednakowe pod względem liczby liści jak i liczby kwiatów.

2. Na dniu krótkim i w niskiej temperaturze, które stymulują rozwój elementów żeńskich, pączki kwiatowe produkowane są w pobliżu młodych liści, które cechuje większa aktywność auksyn.

3. Działając auksyną zarówno na całą roślinę, jak i na izolowane pączki kwiatowe uzyskuje się przekształcenie wszystkich kwiatów w żeńskie.

Autorzy wyciągają stąd wniosek, że determinacja płciowa ogórka regulowana jest przez auksyny, oczywiście czynnikiem pośrednim jest czynnik genetyczny.

Gibereliny: Działanie giberelin przejawia się w zwiększeniu tendencji męskiej rośliny. Atal (1959) działał gibereliną na genetycznie żeńskie konopie. Pod wpływem tego związku prócz kwiatów żeńskich pojawiły się również obupłciowe i męskie z normalnymi pręcikami. Autor stwierdził, że zmiana płci wywołana przez giberelinę następuje w okresie różnicowania się kwiatu. Galun (1959b) wykazał, że giberelina wpływa stymulująco na liczbę kwiatów męskich, obniżając jednocześnie liczbę kwiatów żeńskich. Według danych Bucovaca i Wittwera (1961) giberelina A_3 zwiększa liczbę kwiatów męskich u jednopiennych ogórków, a u czysto żeńskiej linii ogórków powoduje tworzenie się kwiatów pręcikowych z pączków, które w normalnym rozwoju wykształciłyby kwiaty słupkowe. Według tych autorów giberelina A_4 jest w przybliżeniu 10 razy bardziej aktywna niż giberelina A_3 odnośnie tworzenia się kwiatów pręcikowych. Ci sami autorzy w późniejszej pracy (Wittwer i Bucovac 1962) zajmują się przebadaniem wpływu giberelin A_1 — A_9 na płęć ogórka. Stwierdzono, że wszystkie one stymulują tworzenie kwiatów męskich. W pracy tej autorzy wykazali, że jeszcze bardziej aktywna niż A_4 jest giberelina A_7 , następnie A_1 , A_2 , A_9 , najmniej aktywna jest A_8 . Gibereliny A_2 , A_4 , A_7 , A_9 mają podobną budowę strukturalną i na tej podstawie autorzy sugerują możliwość połączenia struktury chemicznej giberelin z ich aktywnością biologiczną. Podobny układ giberelin wg ich aktywności charakterystyczny jest również dla niektórych innych procesów np. wydłużania koleoptile ogórka.

Istnieją również dane świadczące, że giberelina może wywoływać feminizację roślin (Shifriss 1961). Herich R. (1960) i Herich V. (1961) uzyskali zwiększenie liczby roślin żeńskich wywołane przez hormonizację nasion konopi roztworami gibereliny. Japończycy — Schidei, Akai, Ichikawa (1959) stwierdzili, że giberelina nie wywiera żadnego wpływu na płęć kwiatów takich drzew jak *Cryptomeria japonica* i *Metasequoia glyptostroboides*. Zarówno kwiaty męskie, jak i żeńskie rozwijają się dobrze i to niezależnie od stężenia gibereliny. Przy bardzo dużych stężeniach obserwowano jedynie nienormalności w rozwoju łagiewki pyłkowej.

Są również prace wskazujące, że działanie gibereliny na płęć zależy od stężenia (Hashizume 1959a, b, Sato, Sudzaki, Singaj 1962). Resende i Viana (1959) wykazali, że działanie gibereliny na płęć rośliny zależy od gatunku i jest różne u różnych roślin, np. u *Hyoscyamus niger* powoduje feminizację, żeńskie rośliny *Bryophyllum* wytwarzają tylko kwiaty hermafrodytyczne i żeńskie pod wpływem gibereliny, a na *Alöe bulbilifera* nie ma wpływu.

Interakcja auksyny i gibereliny: Znane są również fakty dotyczące współdziałania auksyn i giberelin w procesie determinacji płciowej. Wymienić tu należy m. in. prace Galuna Jung i Langa (1962, 1963), którzy hodowali izolowane pączki kwiatowe ogórka. Zawiązki potencjalne męskich pączków kwiatowych w stadium dwupłciowości przenoszono na pożywki zawierające IAA i GA. Okazało się, że pączki hodowane na pożywce zawierającej IAA wykształciły załężnie. W obecności samego GA wszystkie pączki rozwinęły się w kwiaty męskie. Gdy działano gibereliną i auksyną łącznie, giberelina całkowicie znosiła efekt IAA i wszystkie zawiązki pączków dawały kwiaty wyraźnie męskie. Podobny niwelujący wpływ

gibereliny w stosunku do kwasu α -naftalenooctowego wykazał już wcześniej Galun (1959 b).

Badania własne: Doświadczenia nad wpływem auksyny i gibereliny na płęć roślin prowadzono również w Katedrze Fizjologii Roślin UMK w Toruniu. Materiałem doświadczalnym był ogórek — *Cucumis sativus* L. odm. Monastyrski i bniec — *Melandrium album* L. Nasiona obu roślin przed siewem hormonizowano w roztworach IAA (stężenia 10; 1; 0,1; 0,01 mg/l) i GA (stężenia 10; 1; 0,1; 0,01; 0,005 mg/l); materiał kontrolny moczo w wodzie destylowanej. Nasiona wysiewano na poletka doświadczalne 1 m \times 1 m do gruntu. Stwierdzono, że pod wpływem IAA zwiększa się liczba kwiatów żeńskich, a pod wpływem GA zwiększa się liczba kwiatów męskich u ogórka. U bnieca podobnie — pod wpływem IAA zwiększa się liczba roślin żeńskich, a pod wpływem GA zwiększa się liczba roślin męskich.

Tabela I

Wpływ auksyn i giberelin na liczby kwiatów σ i ♀ u ogórka i bnieca

substancja w mg/l	Cucumis sativus		Melandrium album		
	stosunek kwiatów σ : ♀	% kwiatów σ : ♀ w stosunku do kontroli	stosunek roślin σ : ♀	% roślin σ : ♀ w stosunku do kontroli	
GA	10	30,4	228,92	1,40	150,53
	1	14,5	109,66	1,37	147,31
	0,1	15,8	119,42	1,17	125,80
	0,01	10,9	82,61	1,12	120,43
	0,005	11,2	84,88	0,80	86,02
IAA	10	12,1	91,20	0,87	93,54
	1	10,5	79,24	0,82	88,17
	0,1	9,5	71,80	0,91	97,84
	0,01	10,7	81,16	0,96	103,22
kontrola	13,2	100,00	0,93	100,00	

Wykonano również analizę endogennych auksyn w kwiatach męskich i żeńskich ogórka stosując test wygięciowy koleoptile owsa. Stwierdzono, że kwiaty męskie zawierają więcej auksyn niż żeńskie. Wykazano zwiększenie ilości endogennych auksyn w kwiatach roślin poddanych działaniu IAA i GA. Podobnie zwiększenie poziomu endogennych auksyn pod wpływem działania kwasem giberelinowym otrzymał Michniewicz (1962) w doświadczeniach z pszenicą.

Z doświadczeń tych wyciągnąć można kilka wniosków:

1. Kwiaty męskie ogórka zawierają więcej auksyn niż żeńskie.
2. Pod wpływem egzogennych substancji wzrostowych zwiększa się ilość endogennych auksyn w kwiatach ogórka.

3. Jako efekt działania gibereliny zwiększa się liczba kwiatów męskich ogórka i roślin męskich bnieca; pod wpływem kwasu indoliloctowego — liczba kwiatów żeńskich ogórka i roślin żeńskich bnieca.

Tabela II

Zawartość auksyn w kwiatach ♂ i ♀ ogórka traktowanego auksyną i gibereliną (wygięcie koleoptile owsa w stopniach)

substancja w mg/l	kwiaty ♂	kwiaty ♀
10	25,6 ± 1,78	23,2 ± 1,67
1	23,7 ± 1,18	19,6 ± 1,09
GA 0,1	22,9 ± 2,18	17,9 ± 1,24
0,01	16,9 ± 1,84	15,3 ± 0,66
0,005	12,4 ± 1,24	16,0 ± 2,47
10	24,1 ± 1,87	26,1 ± 1,73
1	23,4 ± 1,98	22,2 ± 1,22
IAA 0,1	21,6 ± 1,47	18,6 ± 2,16
0,005	20,9 ± 2,20	16,6 ± 0,89
kontrola	19,0 ± 1,49	15,7 ± 2,02

Jak wynika z tego przeglądu literatury oraz badań własnych, giberelina wywołuje efekt przeciwny do działania auksyn — zwiększając tendencję męską roślin. Zaznacza się to wyraźnie u roślin zielnych, natomiast rośliny drzewiaste, a zwłaszcza szpilkowe są jakby bardziej „oporne“ na działanie gibereliny. Występują u nich różnice zależne od stężenia preparatu, terminu oprysku, ilości wprowadzonej substancji. Są także wypadki kiedy giberelina powoduje feminizację roślin.

Retardanty: Ostatnio dużo uwagi poświęca się retardantom t. j. związkom o własnościach antygibereliny (por. Michniewicz, 1963). Powodują one znaczne zahamowanie wzrostu, łodygi stają się grube, krótkie i silne, zwiększa się ilość chlorofilu, rośliny są ciemnozielone, podczas gdy pod wpływem gibereliny następuje chloroza.

Mitchel i Wittwer (1962) podają, że młode rośliny *Cucumis sativus* poddane działaniu bromku alilo-trójmetyloamoniowego (AMAB) reagują przeciwnie niż pod wpływem gibereliny. Podczas gdy rośliny kontrolne i poddane działaniu gibereliny na pierwszych 17 węzłach tworzyły tylko kwiaty męskie, to pod wpływem AMAB kwiaty żeńskie tworzyły się na pierwszych dziewięciu węzłach, przy czym pierwszy kwiat żeński utworzył się już na drugim węźle nad liścieniami. Tak więc do wielu cech różniących gibereliny i substancje antygiberelinowe dodać można jedną — przeciwny wpływ na dyferencjację płciową roślin o ile oczywiście i inne antygiberelino-podobne substancje wykażą to samo działanie.

Fitokininy: Mówiąc o trzeciej grupie regulatorów wzrostu roślin — o fitokini-

nach — wymienić należy pracę Catarino (1964). Jest to do tej pory jedyna praca traktująca o wpływie kinetyny na płeć roślin. Działając kinetyną na *Bryophyllum crenatum* Bak. autor uzyskał stymulację rozwoju kielicha i słupkowie, a więc stymulację rozwoju elementów płciowych żeńskich.

Uwagi ogólne: Reasumując powiedzieć można, że wiele jest czynników, które biorą udział w regulacji płci u roślin. Proces ten jest skomplikowany i obecnie jeszcze nie wyjaśniony. Wiadomo jednak, że u roślin poddanych działaniu dnia krótkiego obniża się ilość auksyn, więc można by sądzić, że w tym wypadku rośliny zareagują zwiększeniem liczby okazów męskich, jednak działanie krótkiego fotoperiodu powoduje niejednakową reakcję jeśli chodzi o płeć rośliny; rośliny dnia krótkiego i neutralne wykazują stymulację rozwoju płci żeńskiej, natomiast rośliny dnia długiego — męskiej mimo, że tak u jednych jak i u drugich ilość auksyn na dniu krótkim obniża się.

Działanie przeciwne — zwiększenie ilości endogennych auksyn obserwuje się pod wpływem egzogenego zadziałania auksyną jak i gibereliną. Działanie jednak obu tych grup związków na płeć jest przeciwne; auksyny jak wiemy powodują zwiększenie liczby kwiatów czy roślin żeńskich, gibereliny męskich.

Przytoczone tu fakty sugerują, że proces determinacji płciowej roślin nie jest bezpośrednio uzależniony od działania hormonów typu auksyn czy giberelin, być może zależy od interakcji pomiędzy tymi substancjami i prawdopodobnie także od poziomu specyficznej substancji antagonistycznej. Niepoślednią rolę odgrywają prawdopodobnie czynniki środowiska zewnętrznego wpływając na poziom endogennych regulatorów wzrostu roślin (Heslop-Harrison et al. 1958, 1964).

Najprawdopodobniej mechanizm determinacji płciowej różny jest u różnych roślin i zagadnienie to rozpatrywać należy indywidualnie dla danego gatunku. Tak jak wielu autorów skłonnych jest przypuszczać, że istnieje wiele dróg prowadzących do zakwitania (Lockhart 1961, Zeevaart 1962, 1963) tak i w wypadku zróżnicowania płciowego roślin należałoby przyjąć możliwość istnienia wielu sposobów. Możliwe jest również, że istnieją inne dotąd nie poznane jeszcze czynniki działające na płeć roślin (Ito i Saito 1960, Saito i Ito 1961, 1964). Konieczne są więc dalsze intensywne badania nad wyjaśnieniem problemu determinacji płciowej w świecie roślinnym.

Dokładna znajomość dróg rozwoju płciowego roślin niezbędna jest dla uzyskania możliwości kierowania ich płcią, co ma ogromne znaczenie w praktyce. Znając sposoby zwiększania liczby kwiatów żeńskich u roślin uprawnych rozdzielнопłciowych, można zwiększyć plony. Plony kukurydzy, ogórków, dyni zależą od liczby kwiatów żeńskich, podobnie jak i urodzaj winogron i zbiór wielu owoców cennych dla produkcji olejów roślinnych takich, jak orzech i konopie. Nie tylko wielkość plonów ale i ich jakość zależy od płci wytworzonych kwiatów, np. w pełni wartościowe owoce granatów, dyni, arbuźów zależą od tego czy kwiaty są wyłącznie żeńskie, czy też zawierają elementy obu płci (Minina 1951). Możliwość kierowania czy wpływania na płeć roślin może mieć zastosowanie przy uprawach konopi na włókno — gdzie jak wiadomo — rośliny męskie i żeńskie różnią się czasem dojrzewania i w celu

uzyskania włókna dobrej jakości zbiory przeprowadza się oddzielnie dla roślin męskich i oddzielnie dla żeńskich (Kaznowski 1951). Uzyskanie w uprawie roślin roślin płci znacznie uprościłoby proces zbioru roślin na włókno.

Tak więc mechanizm determinacji płciowej roślin jest nadal nie rozstrzygnięty i wymaga znacznego rozszerzenia badań w tej dziedzinie zarówno z uwagi na aspekt czysto teoretyczny, jak i praktyczny.

LITERATURA

- Atal C., 1959. Sex reversal in hemp by application of gibberellin. *Current Sci.*, 28, 10: 408—409.
- Atsmon D., Galun E., 1960. A morphogenetic study of staminate, pistillate and hermaphrodite flowers in *Cucumis sativus* L. *Phytomorphology* 10, 2: 110—115.
- Atsmon D., Galun E., 1962. Physiology of sex in *Cucumis sativus* (L.) Leaf age patterns and sexual differentiation of floral buds. *Ann. Bot.* 26, 102: 137—146.
- Borkowski J., 1966. Wpływ różnych koncentracji kwasu α -naftylooctowego na wzrost i kwitnienie trzech odmian ogórków (*Cucumis sativus* L.) w szklarni. *Zesz. Nauk. UMK.* VIII, 12: 295—306.
- Bucovac M. J., Wittwer S. H., 1961. Gibberellin modification of flower sex expression in *Cucumis sativus* L. *Advances in Chem.*, series 28. Gibberellins: 80—88.
- Catarino F. M., 1964. Some effects of kinetin on sex expression in *Bryophyllum crenatum* Bak. (LSDP). *Portug. Acta Biol. (A)* 8, 3—4: 267—284.
- Conrad K., 1962. Über geschlechtsgebundene Unterschiede im Wuchsstoffgehalt männlicher und weiblicher Hanfpflanzen. *Flora*, 152, 1: 68—73.
- Davey A. J., Gibson C. M., 1917. Note on the distribution of the sexes in *Myrica gale*. *New Phytol.* 16: 147.
- Edmond J. B., 1930. Seasonal variation in sex expression of certain cucumber varieties. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.* 27: 329.
- Erdelsky K., Herich J., 1956. Prispěvek k biochemické diferenciácii pohlava konopi (*Cannabis sativa* L.). *Biologia*, 11, 2: 111—115.
- Galun E., 1959a. The role of auxins in the sex expression of the cucumber. *Physiol. Plant.* 12: 48—60.
- Galun E., 1959b. Effects of gibberellic acid and naphthalene acetic acid on sex expression and some morphological characters in the cucumber plant. *Phyton (Arg)* 13: 1—8.
- Galun E., Izhar S., Atsmon D., 1965. Determination of relative auxin content in hermaphrodite and andromonoecious *Cucumis sativus* L. *Plant Physiol.* 40, 2: 321—326.
- Galun E., Jung Y., Lang A., 1962. Culture and sex modification of male cucumber buds in vitro. *Nature* 194: 596—598.
- Galun E., Jung Y., Lang A., 1963. Morphogenesis of floral buds of cucumber cultured in vitro. *Devel. Biology* 6: 370—387.
- Geddes P., Thompson J. A., 1889. *The evolution of sex.* London.
- Giard A., 1898. Les variations de la sexualité chez les végétaux. *C. R. Soc. Biol., Paris*, 10, 730.
- Gołodriga P. Ja., 1960. Opredelenie pola rastenij vinograda po nekotorym biochimizheskim pokazateljam. *Agrobiologija*, 3: 402—405.
- Hall W. C., 1949. Effects of photoperiod and nitrogen supply on growth and reproduction in the gherkin. *Plant. Physiol.* 24: 753.
- Hashizume H., 1959a. The effect of gibberellin upon flower formation in *Cryptomeria japonica*. *Journ. Japanese Forest Soc.*, 41, 10: 375—381.
- Hashizume H., 1959b. The effect of gibberellin upon flower formation and sex transition to female in *Chamaecyparis obtusa* and *Ch. lawsoniana*. *Jour. Japanese Forest Soc.*, 51, 11: 458—463.
- Hashizume H., 1960. Changes in endogenous growth substances during flower initiation and sex differentiation in *Cryptomeria japonica*. *Trans. Tottori Soc. Agr. Sci.*, 12: 150—154.

- Herich R., 1955. Posobienie kyseliny 2,4-dichlorfenoxyoctowej na dyferenciaciu pohrava konopi (*Cannabis sativa* L.) *Biologia*, 10, 6: 760—764.
- Herich R., 1960. Gibberellin and sex differentiation in flowering plants. *Nature* 188, 4750: 599—600.
- Herich V., 1961. Gibberellinsäure und Geschlechtsdifferenzierung der Pflanzen. *Acta Fac. rerum antur. Univ. Comenianae Bot.* 5, 11—12: 627—633.
- Heslop-Harrison J., 1956. Auxin and sexuality in *Cannabis sativa*. *Phys. Plant.*, 9, 4: 588—598.
- Heslop-Harrison J., 1957. The experimental modification of sex expression in flowering plants. *Biol. Review.*, 32, 1: 38—90.
- Heslop-Harrison J., 1959—1960. The experimental control of sexuality and inflorescence structure in *Zea mays* L. *Proc. Linn. Soc. London*, 172: 108—123.
- Heslop-Harrison J., 1964. The control of flower differentiation and sex expression. *Regulateurs naturels de la Croissance Vegetale*. Paris: 649—664.
- Heslop-Harrison J., Heslop-Harrison Y., 1957. Studies on flowering plant growth and organogenesis. I. Morphogenetic effects of 2, 3, 5-triiodobenzoic acid on *Cannabis sativa*. *Proc. roy. Soc. Edinb. B*, 66: 409—423.
- Heslop-Harrison J., Heslop-Harrison Y., 1958a. Photoperiod, auxin and sex balance in a long-day plant. *Nature*, 181, 4602: 100—102.
- Heslop-Harrison J., Heslop-Harrison Y., 1958b. Long day and auxin induced male sterility in *Silene pendula* L. *Portug. Acta Biol. (A)*, 5, 2: 79—94.
- Heyer F., 1884. Untersuchungen über das Verhältnis des Geschlechts bei einhäusigen und zweihäusigen Pflanzen. *Ber. landw. Inst. Halle*, 5.
- Hoffmann H., 1885. Über Sexualität. *Bot. Z.*, 43, 145, 161.
- Ito H., Saito T., 1956. Factors responsible for the sex expression of Japanese cucumber. III. *J. Hort. Assoc. Japan*, 25, 2: 101—110.
- Ito H., Saito T., 1960. Factors responsible for the sex expression of the cucumber plant. XII. Physiological factors associated with the sex expression of flowers. *Tohoku J. Agric. Res.*, 11, 4: 287—308.
- Kazanowski L., 1951. *Szczegółowa uprawa roślin pod red. A. Listowskiego. rozdz. V. Rośliny przemysłowe*: 612—623.
- Kezeli T. A., Dżaparidze L. J., 1949. Piervocivety i churma kak bogatye istočniki vitamina C. *Trudy Tbilis. Bot. Inst.* 13: 63—73.
- Kozma P., Polyak D., Étude sur l'applicabilité des réactifs sexuels des plantes. *Acta bot. Acad. Scient. Hung.* 4, 3—4: 287—298.
- Laibach F., 1951. Über die neuesten Ergebnisse der mit F. J. Kribben durchgeführten Versuche über die Geschlechtsbeeinflussung von Gurkenblüten durch Wuchsstoff. *Ber. dtsh. bot. Ges.*, 63, 32.
- Laibach F., Kribben F. J., 1950. Der Einfluss von Wuchsstoff auf die Bildung männlicher und weiblicher Blüten bei einer monözischen Pflanze (*Cucumis sativus* L.). *Ber. dtsh. bot. Ges.* 62: 53.
- Laibach F., Kribben F. J., (1951. Die Bedeutung des Wuchsstoffs für die Bildung und Geschlechtsbestimmung der Blüten. *Beitr. Biol. Pfl.*, 28(2): 131—154.
- Limerk J., 1959. The influence of photoperiodicity on the sexual index in hemp (*Cannabis sativa* L.). *Biol. plant. Acad. scient. behemosl.* 1, 3: 176—186.
- Lockhart J. A., 1961. Mechanism of the photoperiodic process in higher plants. *Encyklopedia Plant Physiol.* 16: 390—438.,
- Łączyńska-Hulewiczowa T., 1957. Wstępne obserwacje nad wpływem czynników zewnętrznych na płęć u konopi. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 26, 3: 515—550.
- Martos V., 1962. Někotorye fiziologičeskie i biochimičeskie osobiennosti processa seksualizacii u ogórca. *Kiserletügyiközl. C* 55, 1: 59—68.
- Michniewicz M. 1962. Analiza chromatograficzna endogennych regulatorów wzrostu u pszenicy ozimej poddanej działaniu gibereliny. *Acta Agrobotanica* XI: 197—211.
- Michniewicz M., 1963. Regulatory wzrostu roślin o właściwościach antygibereliny i perspektywy praktycznego ich stosowania. *Postępy Nauk Roln.*, 5/83/: 57—64.

- Minina E. G., 1952. Smeščenje pola u rastenij vozdejsstviem faktorov vnešnej sredy. Izd. Akad. Nauk SSSR. Moskva. 1—198.
- Mitchell W. D., Wittwer S. H., 1962. Chemical regulation of flower sex expression and vegetative growth in *Cucumis sativus* L. *Science*, 136, 3519: 880—881.
- Mukerji S. K., 1936. Contributions to the autecology of *Mercurialis perennis*. *J. Ecol.* 24, 38.
- Nitsch J. P., Kurtz E. B., Livermann J. L., Went F. W., 1952. The development of sex expression in cucurbit flowers. *Amer. J. Bot.* 39: 32.
- Rehm S., 1952. Male sterile plants by chemical treatment. *Nature* 170: 38—39.
- Resende F., Viana M. J., 1959. Gibberellin and sex expression. *Portug. Acta Biol. (A)*, 1: 77—98.
- Saito T., 1961. Faktory opredelajušćie seksualizaciju japonskogo ogorca. V. Izucenie temnog processa. *J. Hortic. Assoc. Japan*, 30, 1: 1—8.
- Saito T., Ito H., 1961. Faktory opredelajušćie seksualizaciju japonskogo ogorca. XI. Rol. listev. *J. Japon Soc. Hortic. Sci.* 30, 2: 137—146.
- Saito T., Ito H. 1964. Factors responsible for the sex expression of the cucumber plant. XIV. Auxin and gibberellin content in the stem apex and the sex pattern of flowers. *Tohoku J. Agric. Res.* 14,4: 227—239.
- Sato K., Sudzaki T., Singaj J., Dejstvie gibberellina na prorastanie semjan i obrazovanie cvietkov u niekotorych lesnyh dreviesnyh porod. *Repts. Kyushu Univ. Forest.* 16: 137—144.
- Schaffner J. H., 1925. The influence of the substratum on the percentage of sex reversal in winter grown hemp *Ohio J. Sci.* 25, 172.
- Shidei T., Akai T., Ichikawa S., 1959. Flower buds formation on sugi (*Cryptomeria japonica*) and metasequoia (*Metasequoia glyptostroboides*) by gibberellic acid treatment. *Journ. Japanese Forest Soc.* 41, 8: 312—315.
- Shifriss O., 1961. Gibberellin as sex regulator in *Ricinus communis*. *Science*, 133, 3470: 2061—2062.
- Shoji T., Nakamura T., 1928. On the dioecism of garden asparagus. *Jap. J. Bot.* 4: 125.
- Tibeau M. E. 1936. Time factor in utilisation of mineral nutrients by hemp. *Plant Physiol.* 11, 731.
- Tiedjens V. A., 1928. Sex ratios in cucumber flowers as affected by different conditions of soil and light. *J. Agric. Res.* 36: 721.
- Thompson A. E., 1955. Methods of producing first-generation hybrid seed in spinach, *Mem. Cornell Agric. Exp. Sta.* 336.
- Tournois J., 1911. Anomalies florales du Houblon japonais et du Chauvre déterminées par des semis hâtifs. *C. R. Acad. Sci., Paris.* 153, 1017.
- Tournois J., 1914. Études sur la sexualité du Houblon. *Ann. Sci. nat. (Bot.)* 19: 49.
- Wittwer S. H., Bucovac M. J., (1962. Staminate flower formation on gynoeocious cucumbers as influenced by the various gibberellins. *Naturwiss.* 49, 13: 305—306.
- Wittwer S. H., Hillyer I. G., 1954. Chemical induction of male sterility in cucurbits. *Science* 120: 893—894.
- Zeevart J. A. D., 1962. Physiology of flowering. *Science* 137, 3532: 723—731.
- Zeevaart J. A. D., 1963. Climatic control of reproductive development. (Discussion), *Environmental control of plant growth.* Acad. Press. New York.
- Zemlianuchin A. A., Šenšina S. W., 1961. Issledovanie pola i jego izmenenie u konopli. *Fizjoł. Rastenij*, 8, 2: 213—219.