Wpływ wybranych morfaktyn na formowanie tkanek w pędach słonecznika *<Helianthus annuus L.>*

J. KOSTRZEWSKA-KUCZUMOW, E. WERYSZKO, A. TOMASZEWSKI

Zakład Botaniki, Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej, Akademia Rolnicza,
ul. Akademicka 15, 20-934 Lublin

<Otrzymano dn. 3.06.1981>

J. Kostrzevska-Kuczumow, E. Weryszko, A. Tomaszewski *<Institute of Natural Principles of Plant Production. Agricultural University, ul. Akademicka 15, 20-934 Lublin, Poland>* Acta Agrobotanica 35 *<2>*: 175-183, 1982.

The influence of two morphactins on forming of tissues in sunflower <Helianthus annuus L.> stem

Abstract

The influence of two morphactins *<IT 3233 and IT 3456>* on tissue formation in sunflower stem was studied. The seeds were wetted with water solutions of morphactins in concentrations of 10 ppm and 50 ppm. The stems of the treated plants were thinner and they had less nodes. The diminution of stem thickness took place as a result of the decrease of central cylinder parenchyma cells in size. There also appeared histological changes in the composition of vascular bundles. The diminution of the number of bundles was ascertained together with an increase of their size. Arched intrabundle cambium and xylem exhibited an inclination to partial surrounding of phloem. A considerable increase of the number of tracheal elements was observed. Their diameter was much smaller. Spiral vessels and tracheids arose after treatment with IT 3456 10 ppm. Different types of vessels appeared in the remaining combinations. The disruption and obliteration of many vessels of protoxylem and also disruption of the parenchyma adhering to them took place.

WSTĘP

Działanie morfaktyn, będących syntetycznymi regulatorami wzrostu, polega na modyfikowaniu wzrostu i rozwoju roślin oraz indukowaniu zmian morfologicznych i anatomicznych w różnych organach. Rośliny wykazują szerszy zakres tolerancji w stosunku do morfaktyn, niż w stosunku do innych substancji wzrostowych *<Schneider, 1972>*.

Morfaktyny wpływają na zmianę aktywności merystemów. Stymulują podziały komórek w tkance kambialnej, co prowadzi do zwiększenia grubości

organów. Potwierdzili to: Saniewski i in. <1968> u *Pisum* i *Dolichos*, Pieniążek i in. <1970> u *Malus*; Smoliński i in. <1972> u *Picea*, Smoliński <1976> u *Vicia*. Wzrost aktywności mitotycznej komórek perycyklu obserwowali: Smoliński i in. <1972> w łodydze *Picea* oraz Smoliński <1976> w korzeniach i łodygach *Vicia*.

W licznych badaniach wykazano hamowanie wzrostu merystemu wierzchołkowego pędu: Ringe i Denffer <1967>, Lorenzen i Weisbrich <1969>, Roversi <1970>, Schneider <1972>, Smoliński i in. <1972>, Verma i Purochit <1973>, Börner i Friede <1975>, Smoliński <1976>.

Morfaktyny wywierają wpływ na różnicowanie i budowę tkanek przewodzących, o czym donoszą liczni autorzy: Saniewski i in. <1968>, Lorenzen i Weisbrich <1969>, Pieniążek i in. <1970>, Smoliński i in. <1972, 1973>, Roberts i Sankhla <1973> oraz Smoliński <1976>.

Różne gatunki roślin wykazują niejednakową reakcję na działanie morfaktyn w procesach histogenezy: Stosunkowo niewiele dotychczasowych prac dotyczy wpływu morfaktyn na organy roślin zielnych. Niniejsze badania podjęto w celu określenia wpływu dwu rodzajów morfaktyn, IT 3233 oraz IT 3456 stosowanych w stężeniach 10 i 50 ppm, na budowę tkanek w łodygach słonecznika.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiły rośliny *Helianthus annuus* L., uzyskane z nasion moczonych w wodzie przez 24 godziny przed wysiewem <materiał kontrolny> oraz w wodnych roztworach morfaktyn: IT 3233 <n-butylohydroksyfluoreno-<9>-karboksylan> i IT 3456 <metylo-2-chloro-9-hydroksyfluoreno-<9>-karboksylan> w stężeniach: 10 i 50 ppm.*

Nasiona jednolite pod względem wielkości i zdrowotności umieszczano w czystym piasku. Pojemniki z kiełkującymi nasionami trzymane w pomieszczeniu o stałej temperaturze $21 \pm 1^\circ\text{C}$. Oświetlano je lampami rtęciowo-żarówymi MIX o natężeniu około 20 tys. Lux. Wilgotność względna pomieszczenia utrzymywana była na poziomie $65 \pm 5\%$. Po 11 dniach wzrostu, siewki przenoszono do płynnej pożywki o następującym składzie:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,96 g/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,25 g/l
KCl	0,25 g/l
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,20 g/l
CaCO_3	0,20 g/l
1% cytrynian żelaza	10 ml/l
A — Z	2 ml/l

*Morfaktyny otrzymano dzięki uprzejmości firmy E. Merck.

Rys. 1. Przekroje poprzeczne przez łodygę *Helianthus annuus* L. poniżej trzeciego węzła:

Fig. 1. Cross sections through stem of *Helianthus annuus* L. below third node:

A – kontrola (control); B – IT 3233 10 ppm, $< \times 35 >$; C – IT 3233 50 ppm; D – IT 3456 10 ppm, $< \times 35 >$; E – IT 3456 50 ppm, $< \times 35 >$

Rys. 4. Przekroje poprzeczne przez wiązki przewodzące łodygi *Helianthus annuus* L. poniżej trzeciego węzła:

Fig. 4. Cross sections through vascular bundles of *Helianthus annuus* L. stem below third node:
 A – kontrola (control); B – IT 3233 10 ppm; C – IT 3233 50 ppm, $\times 220$; D – IT 3456 10 ppm;
 E – IT 3456 50 ppm, $\times 220$

Rys. 5. Przekroje poprzeczne przez wiązki przewodzące łodygi *Helianthus annuus* L. poniżej pierwszego węzła:

Fig. 5. Cross sections through vascular bundles of *Helianthus annuus* L. stem below first node:

A – kontrola (control!); B – IT 3233 10 ppm; C – IT 3233 50 ppm; D – IT 3456 10 ppm; E – IT 3456 50 ppm, < $\times 220$ >; F – IT 3456 50 ppm; G – IT 3456 50 ppm, < $\times 220$ >

Każda kombinacja obejmowała 20 roślin. Doświadczenie powtarzano trzykrotnie, w różnych terminach. Pożywkę przewietrzano codziennie i zmieniano co 3 dni. Po 34 dniach od wysiania pobierano fragmenty łodyg do badań anatomicznych. Odcinki łodyg, o długości około 1 cm, położone poniżej pierwszego i trzeciego węzła (licząc od szyjki korzeniowej), utrwalano w FAA. Materiał przeprowadzano następnie przez ciąg alkoholowo-benzenowo-parafinowy. Wykonano przekroje poprzeczne o grubości $15\mu\text{m}$. Skrawki barwiono safraniną i zielenią jasną. Tkanki macerowano przez gotowanie w mieszaninie chloranu potasu i stężonego kwasu siarkowego.

WYNIKI

Morfologia pędu

Pod działaniem morfaktyn zaznaczyło się u badanych roślin hamowanie wzrostu pędu głównego oraz tworzenie większej liczby pączków bocznych. W wyniku zastosowania morfaktyn uzyskano rośliny o cieńszych łodygach, na których stwierdzono też mniej węzłów, w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

Przy obu stosowanych stężeniach morfaktyny IT 3456, zaobserwowano w szczytowych częściach łodyg występowanie licznych włosków tworzących kutner, szczególnie zwarcie pokrywający pąki szczytowe.

Pod wpływem morfaktyn liście słonecznika ulegały deformacjom w różnym stopniu. Najmniejszemu zniekształceniu uległy liście najstarsze, natomiast najdalej postępujące deformacje, często w powiązaniu z nekrozą, występowały na liściach położonych najbliżej wierzchołka. Deformacje liści polegały na pofałdowaniu i zmniejszeniu powierzchni blaszki liściowej, zrastaniu się kilku liści (2-3) lub też na podwinięciu brzegów liścia. Obserwowano występowanie ciemnozielonego zabarwienia blaszek liściowych. W licznych przypadkach, na szczytach łodyg powstawały zgrubienia przypominające węzły, jednakże nie obserwowano w tych miejscach liści.

Anatomia łodygi

Przeprowadzono pomiary średnicy przekrojów poprzecznych łodyg pochodzących z pierwszego i trzeciego międzywęzła. Stwierdzono, że rośliny poddane działaniu morfaktyn charakteryzowały się w większości przypadków mniejszą grubością łodyg niż rośliny kontrolne. Dotyczy to obu stosowanych morfaktyn, z wyjątkiem IT 3456 o stężeniu 50 ppm, gdzie w trzecim międzywęzlu wyniki pomiarów były zbliżone do kontroli (rys. 1). Łodygi najcieńsze w trzecim międzywęzlu formowały się po działaniu morfaktyny IT 3233 w obu stężeniach (rys. 1B, C; 2). Natomiast najcieńsze łodygi w pierwszym międzywęzlu zaobserwowano przy IT 3456 o stężeniu 10 ppm oraz IT 3233 – 50 ppm (rys. 3).

Rys. 2. Zestawienie badanych cech anatomicznych łodygi słonecznika poniżej trzeciego węzła w materiale kontrolnym i po działaniu morfaktyn: a – liczba wiązek przewodzących; b – średnica łodygi; c – średnica walca osiowego; d – grubość kory pierwotnej

Fig. 2. Comparison of studied anatomical traits of sunflower stem below third node in control material and after treatment with morphactin: a – number of vascular bundles; b – stem diameter; c – central cylinder diameter; d – thickness of primary cortex

Rys. 3. Zestawienie badanych cech anatomicznych łodygi słonecznika poniżej pierwszego węzła w materiale kontrolnym i po działaniu morfaktyn: a – liczba wiązek przewodzących; b – średnica łodygi; c – średnica walca osiowego; d – grubość kory pierwotnej

Fig. 3. Comparison of studied anatomical traits of sunflower stem below first node in control material and after treatment with morphactin: a – number of vascular bundles; b – stem diameter; c – diameter of central cylinder; d – thickness of primary cortex

Porównując średnice walca osiowego i grubość kory pierwotnej stwierdzono, że zmniejszeniu grubości łodygi towarzyszyło zmniejszenie średnicy walca osiowego, natomiast szerokość kory pierwotnej nie ulegała zmianie (rys. 2,3). Określono liczebność warstw komórek parenchymy (wzdłuż średnicy) w walcu osiowym oraz ich wielkość. Okazało się, że zmniejszanie średnicy walca osiowego następowało w wyniku zmniejszenia wielkości komórek miękiszu. Liczba warstw komórek była zbliżona do wartości w materiale kontrolnym.

Rdzeń łodygi słonecznika utworzony jest początkowo z tkanki miękiszowej, której miejsce zajmuje następnie pusty kanał. U wszystkich badanych roślin obserwowano pojawianie się kanałów powietrznych, w centralnej części łodygi, w pierwszym międzywęźlu. Pod wpływem wyższego stężenia morfaktyny IT 3456, a także IT 3233 formowały się największe kanały.

Wiązki przewodzące

Stosowanie morfaktyn miało wpływ na liczebność tworzących się wiązek przewodzących, jak też na ich budowę. W serii kontrolnej, średnia liczba wiązek obserwowanych na przekrojach poprzecznych pierwszego i trzeciego międzywęźla była zbliżona. Morfaktyny we wszystkich stosowanych kombinacjach wpływały na zmniejszanie liczby wiązek przewodzących. W pierwszym międzywęźlu najmniej wiązek obserwowano przy traktowaniu morfaktyną IT 3456 o stężeniu 10 ppm, a w trzecim międzywęźlu najniższa liczba wiązek wystąpiła przy traktowaniu IT 3233 – 50 ppm oraz IT 3456 – 10 ppm (rys. 2, 3). Pod wpływem morfaktyny IT 3233 – 50 ppm stwierdzono znacznie mniej wiązek w trzecim międzywęźlu (średnio około 12) niż w pierwszym (średnio 20). Wnosić można, że zmniejszenie liczby wiązek nastąpiło w wyniku łączenia się wiązek leżących obok siebie, ponieważ często znacznie przewyższały one wielkością wiązki pochodzące z pierwszego międzywęźla. W niektórych przypadkach, po zastosowaniu morfaktyny IT 3456 – 10 ppm, stwierdzono także obecność silnie rozbudowanych w kierunku stycznym wiązek przewodzących, odpowiadających wielkością kilku (2-3) wiązkom obserwowanym w odpowiednich miejscach łodyg u roślin kontrolnych (rys. 1D, 4D). W ksylemie wiązek formowały się w obecności morfaktyn bardzo liczne elementy trachealne, lecz o mniejszej średnicy niż w kontroli. Przy obu stosowanych stężeniach IT 3456, w wielu wiążkach, liczba elementów trachealnych przewyższała dziesięciokrotnie liczbę tych elementów wytwarzanych w roślinach kontrolnych (rys. 4, 5). W materiale traktowanym morfaktynami naczynia ułożone były w wiążkach zwarcie, tworząc w odróżnieniu od kontroli regularne szeregi, nie przedzielone pasmami miękiszu drzewnego (rys. 5).

W większości stosowanych kombinacji morfaktyn (IT 3456 o stężeniu 10 i 50 ppm oraz IT 3233 – 50 ppm) liczne elementy protoksylemu położone najbliżej rdzenia, uległy zgnieceni i rozerwaniu. W wielu wiążkach obserwowano

fragmenty obliterowanych komórek trachealnych występujących w bezpośrednim sąsiedztwie dużych przestworów międzykomórkowych, powstałych przez rozerwanie miększu przyległego do wiązki od strony rdzenia (rys. 5C, D, E, F). Śródwiazkowe pasma kambialne, formowane w obecności morfaktyn, miały kształt łukowaty z tendencją do częściowego otaczania łyka. Podobnym kształtem odznaczała się część naczyniowa wiązki. W obecności morfaktyny IT 3456 – 50 ppm obserwowano w pierwszym międzywęźlu wiązki bardzo zbliżone morfologicznie do leptocentrycznych, gdzie ksylem niemal całkowicie otaczał zgrupowanie elementów floemu (rys. 5F, G). Przy stężeniach morfaktyn aktywniej działających na formowanie wiązek przewodzących (10 i 50 ppm IT 3456 oraz 50 ppm IT 3233), część naczyniowa wiązki była znacznie silniej rozbudowana w porównaniu z łykową (rys. 5).

W drewnie roślin kontrolnych, poddanych maceracji, stwierdzono obecność różnych typów naczyń: pierścieniowatych, spiralnych oraz drabinkowatych. Przy stężeniach 10 i 50 ppm morfaktyny IT 3233 oraz 50 ppm IT 3456 stwierdzono występowanie dużej liczby naczyń spiralnych o różnej średnicy i różnym stopniu zwarcia spiral. Ponadto w skład ksylemu wchodziły naczynia drabinkowate oraz rzadziej występujące naczynia pierścieniowate. W kombinacji IT 3456 10 ppm, w której elementy trachealne występowały najliczniej, zaobserwowano tylko naczynia spiralne oraz cewki ze spiralnymi wzmocnieniami ścian.

Morfaktyna IT 3456 wykazała intensywny wpływ na ksylogenezę pędów słonecznika w obydwu stosowanych stężeniach. Szczególnie wyraźnie zmiany wystąpiły w pierwszym międzywęźlu. Przy stężeniu 50 ppm zaobserwowano w trzecim międzywęźlu cechy morfologiczne, jak też budowę anatomiczną zbliżoną do roślin kontrolnych (rys. 1E; 4E). Fakt ten wskazywałby na możliwość dezaktywacji tej morfaktyny w później powstających częściach pędu, co pociągałoby za sobą powrót do normalnego przebiegu histogenezy.

DYSKUSJA

W bardzo młodych odcinkach łodyg słonecznika traktowanych morfaktynami pojawiły się istotne zmiany anatomo-morfologiczne, takie jak fuzja wiązek przewodzących i zmniejszenie ich liczby, znaczne różnice w liczbie włosków występujących na łodydze, deformacje i redukcja liści. Koreluje to ze stwierdzeniem Schneidera (1972), który podaje, że w młodych roślinach dominuje transport akropetalny morfaktyn.

Po działaniu morfaktyn wystąpiło zmniejszenie średnicy łodyg słonecznika, któremu towarzyszyło zmniejszenie średnicy walca osiowego bez istotnych zmian w szerokości kory pierwotnej. Zmniejszenie średnicy walca osiowego wywołane było formowaniem mniejszych komórek parenchymy niż u roślin kontrolnych, bez zmiany liczebności warstw. Być może jest to efekt swoistej

reakcji gatunku *Helianthus annuus* L., której przyczynę stanowić może mniejsza ilość endogennych cytokinin i auksyn niż u innych roślin. Wielu autorów obserwowało natomiast hipertrofię komórek miękiszu, występującą pod działaniem morfaktyn: S a n i e w s k i i i n. <1968> u *Pisum* i *Dolichos*, S m o l i ń s k i i i n. <1972> u *Picea*, B ö r n e r i F r i e d e <1975> u *Dianthus* oraz S m o l i ń s k i <1976> u *Vicia*. Wyniki obserwacji wymienionych autorów, łącznie z doniesieniami dotyczącymi zwiększenia aktywności kambialnej przez morfaktyny, wskazywałyby na przyczyny zwiększania ogólnej grubości łodyg badanych przez nich roślin.

W łodygach słonecznika, w obecności morfaktyn, stwierdzono również zwiększoną aktywność kambialną w obrębie wiązek przewodzących, przejawiającą się w wytwarzaniu dużej liczby elementów przewodzących. Elementy te odznaczały się wprawdzie mniejszą średnicą niż u roślin kontrolnych, jednakże część naczyniowa wiązek była silniej rozbudowana niż w kontroli.

Przypuszczać można, że zmniejszenie średnicy naczyń oraz wielkości komórek miękiszu walca osiowego łodyg słonecznika jest przejawem inhibicyjnego działania morfaktyn na pewne etapy histogenezy, związane z rozrastaniem się tangencjalnym komórek. Zwiększenie aktywności kambium i związany z tym proces tworzenia się większej liczby elementów drewna oraz hamowanie wzrostu objętościowego komórek w początkowych etapach różnicowania, może być uzależnione od stosunku ilości morfaktyny do endogennych fitohormonów oraz ich synergistycznego działania. Występowanie w obecności morfaktyny liczniejszych naczyń o mniejszej średnicy niż u roślin kontrolnych obserwowano także u *Vicia faba* L. <S m o l i ń s k i, 1976> oraz u *Carpinus betulus* L. i *Syringa vulgaris* L. <S m o l i ń s k i i i n., 1980>.

Ponieważ przy stosowanych stężeniach morfaktyn w wiązkach przewodzących dominowały elementy naczyniowe o wzmocnieniach spiralnych ścian można sądzić, że badane odcinki łodyg znajdowały się na etapie aktywnego wzrostu elongacyjnego. Wzrost szczytowy tych łodyg był jednakże w sposób istotny hamowany przez ograniczenie aktywności merystemów wierzchołkowych. Formowanie dużej liczby elementów spiralnych, o niskim stopniu zdrewnienia ścian, zaliczanych głównie do protoksylemu, wskazywałoby na młodociany charakter tworzonego tu ksylemu. Na podstawie omawianych obserwacji można również sądzić, iż morfaktyny oddziałują inhibicyjnie na formowanie elementów metaksylemu, charakterystycznych dla odcinków łodyg o zakończonym wzroście na długość <naczynia jamkowe>. W pewnej mierze jest to zgodne z obserwacjami dotyczącymi hamowania ksylogenezy w kulturach eksplantatów *Lactuca* <R o b e r t s i S a n k h l a, 1973>. W badanych odcinkach łodyg, pomimo występowania w ksylemie elementów charakterystycznych dla młodego drewna, pod działaniem morfaktyn następowało hamowanie wzrostu elongacyjnego, co łącznie wskazywałoby na inhibicję formowania elementów metaksylemu.

Pod wpływem IT 3456 50 ppm wystąpił efekt krótkotrwalego działania morfaktyny. Pomimo istotnych zmian anatomo-morfologicznych, które miały miejsce w pierwszym międzywęźlu, w trzecim od dołu międzywęźlu budowa anatomiczna i rozlokowanie tkanek w łodydze zbliżone były do materiału kontrolnego. W trzecim międzywęźlu występowała większa liczba wiązek przewodzących, a elementy trachealne były szersze i mniej liczne. Podobne zjawiska dotyczące zahamowania aktywnego wpływu morfaktyn na histogenezę i "powrotu" do formowania normalnej budowy opisują: Pieniążek i in. (1970), Schneider (1972) oraz Smoliński (1976).

Wiązki przewodzące, formowane w łodydze w obecności morfaktyn, przypominały na przekroju poprzecznym wiązki leptocentryczne ze względu na łukowate drewno otaczające zgrupowania komórek floemu. Koreluje to z opisem kształtu wiązek u *Rhoeo* (Lorenzen i Weisbrich, 1969) oraz *Vicia* (Smoliński, 1976) poddanych działaniu morfaktyn.

STRESZCZENIE

Badano wpływ morfaktyn IT 3233 i IT 3456 na formowanie tkanek w łodydze słonecznika. Rośliny doświadczalne uzyskano z nasion moczonych w wodnych roztworach morfaktyn, w stężeniu 10 i 50 ppm.

Pod wpływem morfaktyn występowało hamowanie wzrostu pędu głównego. Łodygi były cieńsze, często silniej owłosione i miały mniejszą liczbę węzłów. Zmniejszenie grubości łodygi nastąpiło w wyniku obniżenia rozmiarów komórek miękiszowych walca osiowego.

Zmiany histologiczne wystąpiły również w budowie wiązek przewodzących. Stwierdzono zmniejszenie liczby wiązek przy jednoczesnym powiększeniu ich rozmiarów przypuszczalnie w wyniku fuzji (szczególnie przy stężeniu 10 ppm morfaktyny IT 3233 oraz IT 3456). Łukowate (na przekroju poprzecznym łodygi) kambium śródwiązkowe formowane w obecności morfaktyn, częściowo otaczało część łukową wiązki. Podobnym kształtem odznaczał się ksylem. Obserwowano znaczne zwiększenie liczby elementów trachealnych, co wskazywałoby na wzmożoną aktywność kambium. Przy traktowaniu morfaktyną IT 3456 50 ppm, w pierwszym międzywęźlu, liczba ich była dziesięciokrotnie wyższa, a średnica poszczególnych elementów znacznie mniejsza niż w kontroli. Pod działaniem morfaktyny IT 3456 10 ppm powstawały w ksylemie naczynia spiralne oraz cewki. W pozostałych kombinacjach występowały różne typy naczyń, nie obserwowano cewek. Przy wyższych stężeniach obu morfaktyn oraz przy IT 3456 10 ppm następowało rozrywanie i obliteracja wielu naczyń protoksylemu, jak też rozrywanie przylegającego do nich miękiszu.

LITERATURA

- Börner R., Friede H., 1975. Möglichkeiten der Anwendung von Morphaktinen in der Edelnelkenproduktion. Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. R. XXIV, 3: 419-422.
- Lorenzen H., Weisbrich J., 1969. Zur Wirkung eines Morphaktins auf *Rhoeo spathacea* und *Cardamine chenopodifolia*. Dtsch. Bot. Ges. Neue Folge 3: 103-115.
- Pieniążek J., Smoliński M., Saniewski M., 1970. Induced structural changes in anatomy of apple shoots after treatment with morphactin IT 3456 and other growth regulators (NAA, GA, BA,). Acta Agrobot. 23: 387-396.

- Ringe F., Denffer D., 1967. Zur Kenntnis der Wirksamkeit von 2-Chlor-9-fluoreno-9-carbonsäure bei *Begonia semperflorens gracilis* und *Allium cepa*. Wiss. Zeitschrift Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. Reihe, H. 4/5: 693-697.
- Roberts L. W., Sankhla N., 1973. Inhibition of xylogenesis by morphactin in pith parenchyma explants of *Lectuca*. Plant Cell Physiol. 14: 521-530.
- Rowersi A., 1970. The branching property of morphactin on *Prunus avium* seedlings. Separatum Experimentia 26: 1233-1234.
- Saniewski M., Smoliński M., Pieniążek J., 1968. The effect of morphactin on the anatomical structures of *Pisum sativum* L. and *Dolichos lablab* L. roots. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 16: 513-515.
- Schneider G., 1972. Morphactins and Plant Growth Regulation. Eds. H. Kaldewey and Y. Vardar, Hormonal Regulation in Plant Growth and Development. Proc. Adv. Study Inst. Izmir, pp. 317-331, Verlag Chemie, Weinheim.
- Smoliński M., Saniewski M., Pieniążek J., 1972. The effect of morphactin IT 3456 on cambial activity and wood differentiation in *Picea excelsa*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 20: 431-435.
- Smoliński M., Pieniążek J., Saniewski M., 1973. Induction of compression-like wood by morphactin in vertically growing shoots of *Pinus silvestris* L., Proc. Res. Inst. Pomol. Skierniewice, Poland. Ser. E. Conferences and Symposia 3: 553-558.
- Smoliński M., 1976. Influence of morphactin IT 3456 on the growth and anatomic structure of *Vicia faba* L. (*Faba vulgaris* Mnch.), variety 'Hangdown'. Acta Agrobot. 29: 5-14.
- Smoliński M., Saniewski M., Pieniążek J., Phelps J. E. i McGinnes E. A., Jr., 1980. Anatomical observations on the influence of morphactin on wood formation of *Carpinus betulus* L. and *Syringa vulgaris* L. shoots. Acta Agrobot. 33: 103-107.
- Verma S. C., Purohit A. N., 1973. Morpho-physiological effects of morphactins on potato, *Solanum tuberosum* L. Ind. Jour. Exp. Biol. 11: 260-262.