

ADAM DOLNICKI

WPLYW STYMULATORÓW WZROSTU NA AKTYWNOŚĆ RYBONUKLEAZ I NA METABOLIZM KWASÓW RYBONUKLEINOWYCH U ROŚLIN

Rybonukleazy roślinne są enzymami rozkładającymi wszystkie rodzaje RNA, przy czym najłatwiej atakują mRNA. Aktywność tych enzymów zależy od stanu fizjologicznego komórek oraz od warunków środowiska, które wpływają na syntezę nowych drobin tych enzymów jak również na ich konfigurację, a przez to na stopień czynności biologicznej. Przy starzeniu się tkanek oraz w ekstremalnych warunkach aktywność RN-az silnie zwiększa się, co powoduje nadmierny rozkład RNA i zaburzenia w syntezie białek. Zagadnienia te omówiono w jednej z poprzednich publikacji (Dolnicki 1978). W niniejszej pracy na podstawie danych z literatury przedstawiono obecny stan badań nad zależnością aktywności RN-azowej tkanek roślinnych od poziomu stymulatorów i inhibitorów wzrostu.

Auksyny

W literaturze brak jest zgodności poglądów na temat wpływu auksyn na aktywność rybonukleaz, ponieważ efekt może być różny w zależności od stopnia rozwoju roślin, rodzaju tkanek, ich wieku, stężenia auksyn i innych czynników.

W okresie kiełkowania nasion i wzrostu młodych roślin auksyny w fizjologicznych stężeniach przyspieszają syntezę enzymów hydrolitycznych, m. in. RN-az. Dodatni wpływ auksyn na aktywność RN-azową tkanek obserwowano w endospermie i kielkach pszenicy (Wasilewa 1974, West i wsp. 1960), mezokotyłach kukurydzy (Kobylski, Polewoj 1969, Shannon i wsp. 1964, Vetter 1972), liściach i korzeniach siewek słonecznika (Smirnow i wsp. 1971), hypokotyłach fasoli (Sławenas i wsp. 1970) i epikotyłach grochu (Birmingham, Maclachlan 1972). Według badań Birminghama i Maclachlana (1972) u dekapitowanych epikotyli grochu po 3 dniach od zastosowania IAA i 2,4-D w paście lanolinowej stwierdzono zwiększenie aktywności RN-az, przy czym najsilniej, bo około 20 krotnie wzrastała ich aktywność we frakcji mikrosomalnej.

Istnieje pogląd, że auksyny łączą się z DNA (Dejewa, Szeleg 1976, Konarew, Jelisakowa 1965, Liao, Hamilton 1966, Merkis i wsp. 1969, 1971, 1976) przez co zmniejsza się stopień spiralizacji oraz zwiększa ilość labilnego DNA. Ponadto auksyny prawdopodobnie łączą się z receptorami uwalnianymi z błon cytoplazmatycznych (Lichołat, Pospiełow 1973, Venis 1972) lub genami regulatorowymi (Kefford i wsp. 1963 — cyt. wg Maciejewska-Potapczykowa 1967) oraz osłabiają zdolność DNA do wiązania się z histonami (Fellenberg 1969). Wszystkie te zmiany w chromatynie zwiększają powierzchnię DNA dostępną dla polimerazy RNA i zwiększają aktywność matrycową (Chen i wsp. 1973, Fellenberg 1970, Kasimowa, Emich 1975, Lichołat, Lewina 1973, Lichołat, Pospiełow 1973, Masuda, Kamisaka 1969, O'Brein i wsp. 1968, Tester, Dure 1967) dzięki czemu uintensywnia się synteza RNA a z kolei synteza białek konstytucyjnych i enzymatycznych, m. in. RN-az (Key 1969, Key, Ingle 1964, Roychoudhury, Sen 1964, Tanimoto, Masuda 1969). Merkis i wsp. (1972) obserwowali korelację między zawartością kompleksów auksyn z DNA i RNA z jednej strony, a intensywnością syntezy RNA i białek oraz intensywnością wzrostu z drugiej strony. Natomiast ponad optymalne stężenia auksyn hamujące wzrost działają odwrotnie na powyżej omówione procesy i osłabiają syntezę RN-az (Madajkita 1969, Strube, Fellenberg 1972) przez co obniżają aktywność RN-azową tkanek (Shannon i wsp. 1964, Vajranabhaiah, Mehta 1976).

U młodych roślin aktywność RN-azowa zwiększona pod wpływem auksyn nie powoduje zaburzeń w syntezie RNA i białek, ponieważ równocześnie następuje nasilenie syntezy RNA dzięki uaktywnieniu polimeraz-RNA (Arens, Stout 1972, Chen i wsp. 1975, Duda 1976, Geworkjan i wsp. 1975, Guilfoyle, Hanson 1973, 1974, Guilfoyle i wsp. 1975, Holm i wsp. 1968, Johnson, Purves 1970, Kende, Gardner 1976, Key, Ingle 1964, O'Brein i wsp. 1968, Schraudolf 1971). W efekcie obserwuje się na ogół zwiększenie zawartości RNA (Fan, Maclachlan 1967, Ismogiłow 1975, Key, Shannon 1964, Kydrew, Christow 1970, Lewina, Lichołat 1974, Masuda, Kamisaka 1969, Penner, Early 1972, Pilet, Braun 1967, Strube, Fellenberg 1972, Vetter 1974b) m. in. mRNA (Davies 1973, Ismogiłow 1975, Nanda, Bhattacharaya 1973).

W starzejących się wycinkach tkanek roślinnych i ich hodowlach egzogenicznie stosowane auksyny przeciwdziałają nadmiernemu zwiększeniu aktywności RN-az (Gwóźdź 1973, Hodge, Sacher 1975, Leo, Sacher 1970, Lontal i wsp. 1972, Mało i wsp. 1974, Pilet, Brein 1967, 1970, Polowij i wsp. 1973, Simda, Saponen 1971, Treulsen 1967, Vetter 1974a). Jak przypuszczają Leo i Sacher (1970) proces ten odbywa się na poziomie transkrypcji, ponieważ wpływ auksyn jest hamowany przez inhibitory syntezy RNA i białek. Być może, że powstają przy tym inhibitory syntezy RN-az. Natomiast Polowij i wsp. (1973) uważają, że auksyny hamują rozpad RNA na skutek przeciwdziałania zakwaszaniu komórek, co stwarza gorsze warunki dla działania kwaśnych RN-az. Ponadto auksyny prawdopodobnie tworzą kompleksy z RNA zwiększając ich odporność na degradujące działanie RN-az (Benton, Galston 1965, Treulsen 1967).

Niektórzy autorzy reprezentują pogląd, że zwiększenie zawartości RNA i sty-

mulacja wzrostu roślin pod wpływem auksyn następuje dzięki częściowej inaktywacji RN-az (Artamonow, Kuramagomajew 1975, Pilet 1970). Jednak Udvardy i wsp. (1976) stosując na tkanki kallusa korzeni pszenicy auksyny i inne regulatory wzrostu wykazali, że między aktywnością RN-az a wzrostem tkanek może zachodzić zarówno dodatnia jak i ujemna zależność. W doświadczeniach Treulsen (1967) egzogennie stosowana RN-aza hamowała wzrost skrawków koleoptyli pszenicy indukowany przez auksyny.

Z powyżej omówionych danych z literatury można wysnuć wniosek, że stymulacji wzrostu roślin przez auksyny towarzyszy na ogół podwyższenie poziomu zarówno RN-az jak i polimeraz RNA. Sprzyja to szybkiej odnowie mRNA oraz syntezie białek. Natomiast w przypadkach nadmiernego zwiększenia aktywności RN-az, względnie zwiększenia tej aktywności bez równoczesnego uaktywnienia polimeraz RNA następują zaburzenia w metabolizmie RNA, co obniża żywotność tkanek.

Gibereliny

Panuje duża zgodność poglądów na temat stymulującego wpływu giberelin na aktywność RN-az u roślin. Obserwowano to zarówno w kiełkujących ziarniakach jęczmienia (Rejowski 1971, Srivastava 1964, Varner 1975) jak i komórkach ich warstwy aleuronowej (Chrispeels, Varner 1967, Goodwin, Carr 1972, Varner, Tuan 1976), w kiełkujących ziarniakach żyta (Mierzwińska 1977), pszenicy (Kulka, Rejowski 1975), siewkach pszenicy (Dolnicki, 1975, 1979), kiełkach kukurydzy (Masłowski, Masłowska 1972), pomidorów (Puls, Lambeth 1974), grochu (Procko i wsp. 1966), łubinu (Mierzwińska 1973), fasoli *Phaseolus aureus* (Paul, Mukherje 1973), *Vigna sinensis* (Kapoor, Sacher 1976), spoczynkowych liścieniach kłokolu (Schmerder, Hecker 1976), kallusie ryżu (Saka, Maeda 1974). W kiełkujących nasionach naturalne gibereliny są niezbędne dla umożliwienia syntezy RN-az, dodanie z zewnątrz GA_3 stymuluje tę syntezę (Goodwin, Carr 1972), natomiast inhibitory syntezy białka znoszą efekt powodowany przez GA_3 (Chrispeels, Varner 1967, Kapoor, Sacher 1976). Varner i Tuan (1976) uważają, że gibereliny w warstwie aleuronowej jęczmienia stymulują syntezę enzymów, m. in. RN-az przez przyspieszenie wytwarzania specyficznego dla nich mRNA; ponadto gibereliny sprzyjają uwalnianiu RN-azy w komórkach saleuronowych w okresie kiełkowania (Chrispeels, Varner 1967, Kulka, Rejowski 1975). Według badań Kapoora i Sachera (1976) w kiełkujących nasionach *Vigna sinensis* egzogennie stosowane gibereliny nie tylko zwiększają ogólną aktywność RN-azową, ale powodują również zwiększenie liczby izoenzymów RN-azy z 5 do 11, przy czym proces ten jest hamowany przez aktynomycynę D.

Ogólnie można przyjąć, że gibereliny zwiększają aktywność matrycową (Bonner i wsp. 1968, Kalinin i wsp. 1973, Nagl 1971) na skutek derepresji strukturalnych genów (Hess 1973, Jarvis i wsp. 1968a, b, Kasimowa, Emich 1975, Tuan, Bonner 1964, Varner, Chandra 1964, Varty, Laidman 1977, Vëlksch, Augsten 1975). Penner i Early (1972) sądzą, że gibereliny stymulują transkrypcję

raczej na skutek oddziaływania na komponenty chromatyny blokujące działanie genów, aniżeli bezpośrednio na DNA. Według Zenka (1970) oraz Johryi Varnera (1967) wpływ gibereliny na aktywność genów odbywa się nie bezpośrednio lecz poprzez stymulację syntezy substancji działających jako derepresory, natomiast według Musgrave, Kende (1970) gibereliny działają tylko po uprzednim związaniu się ze specyficzną frakcją białek działając jako efekторы (Kułajewa 1973). Leshem i wsp. (1976) przypuszczają, że gibereliny osłabiają wiązanie białek histonowych z DNA chromatyny, na co wskazuje obniżenie punktu topnienia. Według Lichołata (cyt. wg Czajłachiana i wsp. 1976) zarówno IAA jak i GA zwiększają matrycową aktywność chromatyny, ale mechanizm ich wpływu jest różny.

Zwiększenie aktywności RN-az pod wpływem giberelin przeważnie nie powoduje zaburzeń w metabolizmie kwasów nukleinowych, ponieważ podobnie jak przy działaniu auksyn, równocześnie zwiększa się aktywność polimeraz RNA (Geworkjan i wsp. 1975, Jarvis i wsp. 1968c, Johnson, Purves 1970, Mc Comb i wsp. 1970, Poulson, Beevers 1970, 1972, Cherry 1968, Schraudolf 1971, Varner 1975) zarówno zlokalizowanych w jąderku i odpowiadających za syntezę rRNA, jak i polimeraz występujących w karioplazmie syntetyzujących heterogeny RNA obejmujący również mRNA (Dżochadze, Goglidze 1977). Jest rzeczą dyskusyjną, czy zwiększenie aktywności polimeraz RNA następuje tylko dzięki syntezie drobin enzymów *de novo*, czy też również przez uaktywnienie już istniejących molekuł.

W efekcie wpływu giberelin na zwiększenie aktywności RN-az i polimeraz RNA zwiększa się szybkość odnawiania mRNA i przyspiesza synteza RNA, z czym wiąże się na ogół zwiększenie zawartości RNA ogólnego i jego frakcji. Obserwowano to m. in. w mitochondriach i rybosomach ziarniaków jęczmienia (Rejowski, Kulka 1970), warstwie aleuronowej ziarniaków jęczmienia (Varner, Chandra 1964) i pszenicy (Varty, Laidman 1977), w połówkach ziarniaków jęczmienia pozbawionych zarodków (Pilet, Simonin 1970), ziarniakach kukurydzy (Wielgat i wsp. 1974), tarczках zarodkowych kukurydzy (Wielgat, Kleczkowski 1974), kielkach pszenicy (Chen, Osborne 1970, Lewina, Lichołat 1974), siewkach jęczmienia (Glinina, Nelidowa 1973), siewkach kukurydzy (Jankowski i wsp. 1975, Masłowski i wsp. 1971, Strogonowa 1971b, Tarantowicz i wsp. 1975), hypokotylach soi (Soteros, Pillay 1972), gorczycy (Durand 1972), liściach pszenicy (Kydrew, Christow 1970, Sławenas i wsp. 1969), etiolowanych liściach jęczmienia (Poulson, Beevers 1970, 1972), siewkach pomidorów (Altmann i wsp. 1963, Gilazetdinow i wsp. 1976), liścieniach ogórków (Knypł 1971b), dyni (Jerkiejew 1974), pędach grochu (Penner, Early 1972), roślinach tytoniu (Leshem, Schwarz 1972), kłębach ziemniaków (Korablewa i wsp. 1971, Korablewa, Ładyżeńska 1975, Ładyżeńska i wsp. 1976), elementach płciowych kwiatów truskawki (Mittelewa, Pietrowska-Baranowa 1974). Czasami zwiększenie zawartości kwasów nukleinowych występuje tylko w niektórych organach. Np. Strogonowa (1971a) dodatni wpływ GA_3 w stężeniu 10 ppm na zawartość RNA stwierdziła w liściach kukurydzy, przy braku zmian w pędach.

Istnieją jednak doniesienia wskazujące na przypadki braku wpływu giberelin na zawartość kwasów nukleinowych, lub nawet na obniżenie ich poziomu. Dmitruk

i Konopska (1965) nie uzyskali zmian w zawartości kwasów nukleinowych u roślin fasoli poddanych działaniu GA_3 w stężeniu $5 \cdot 10^{-2}$ M. Również Jacobson i Zwar (1974) nie obserwowali wpływu GA_3 na zawartość ogólnego RNA, tRNA i 5S RNA w warstwie aleuronowej ziarniaków jęczmienia. Masłowski i wsp. (1971) w kielkach kukurydzy stwierdzili dodatni wpływ GA na zawartość RNA przy równoczesnym obniżeniu zawartości DNA. W badaniach Glininy (1970) u siewek jęczmienia po dwukrotnym opryskiwaniu roztworem GA w stężeniu 25 ppm wystąpiło obniżenie sumarycznej zawartości RNA+DNA w przeliczeniu na jednostkę świeżej masy roślin, podobne zjawisko obserwowali Sitnik i Musatenko (1963) u kukurydzy i pomidorów opryskiwanych roztworem GA_3 o stężeniu 20 ppm, co autorzy tłumaczą szybkim rozchodowywaniem RNA przy intensywnej syntezie białka. Jednakże jak się wydaje, w tych przypadkach obniżenie zawartości RNA było raczej pozorne, spowodowane zwiększeniem stopnia uwodnienia tkanek. GA_3 stosowany na nasiona soi w stężeniach ponad optymalnych, hamujących wzrost korzeni i hypokotyli ($5 \cdot 10^{-3}$ — $3 \cdot 10^{-3}$ M) osłabiał syntezę kwasów nukleinowych (Soteros, Pillay 1972).

Są dowody na to, że gibereliny wpływają nie tylko na syntezę RNA, ale również na jego cechy fizyko-chemiczne. Według Thompsona i Clelanda (1972) GA_3 stymuluje wzrost roślin bez zmian w budowie RNA, natomiast inni autorzy (Giles, Myers 1966, Holm i wsp. 1968, Johry, Varner 1967, O'Brein i wsp. 1968) donoszą o zmianie budowy RNA pod wpływem GA, przy czym Galston i Davies (1969) uważają, że GA_3 powoduje powstawanie specyficznego RNA o wyższej masie drobinowej. Według Gilazetdinowa i wsp. (1976) GA poprzez syntezę różnych mRNA umożliwia pełniejsze ujawnienie się izoenzymów u heterozyjnych mieszańców.

Tylko w nielicznych pracach obserwowano obniżenie aktywności RN-az pod wpływem egzogennie stosowanych giberelin. Np. w badaniach Kriukowej i Muchambetzanowa (1969) w kielkach grochu poddanego działaniu promieni gamma wystąpiło bardzo silne zwiększenie aktywności RN-az powodujące zaburzenia w syntezie kwasów nukleinowych. W tym przypadku GA_3 obniżał i normalizował aktywność RN-azy. Sytnik i Procenko (cyt. wg Własiuka 1966) uważają, że obserwowana powszechnie aktywacja RN-az pod wpływem giberelin może być skutkiem, a nie przyczyną stymulacji wzrostu tkanek.

Cytokiny

Brak jest w zasadzie prac na temat wpływu cytokinin na aktywność RN-az w okresie kiełkowania i wzrostu młodych roślin. W badaniach Spychały i wsp. (1976) prowadzonych na splątku mchu cytokiny obniżały aktywność RN-az i indukowały rozwój pąków. Inhibitory syntezy RNA i białka pogłębiały hamujący wpływ cytokinin na RN-azy, co mogłoby wskazywać na to, że cytokiny osłabiają syntezę tych enzymów. Natomiast według Schmerdera i Heckera (1976) w kiel-

kujących nasionach perzu cytokininy stymulują aktywność RN-az w liścieniach.

W literaturze panuje zgodność poglądów na to, że w warunkach stressowych cytokininy zapobiegają rozpadowi RNA (Legocka, Szweykowska 1975, Lyr, Hoffmann 1974) dzięki hamowaniu nadmiernego zwiększenia aktywności RN-az. Obserwowano to m. in. u odciętych, starzejących się liści pszenicy (Sodek, Wright 1969), jęczmienia (Srivastava 1968a, b, Atkin, Srivastava 1969, Srivastava, Ware 1965, Woźny i wsp. 1977), owsa (Udvardy i wsp. 1967), pomidorów (Mc Hale, Dove 1968, Dove 1971), tytoniu (Musorok i wsp. 1976), płatkach róży (Halevy, Mayak 1975), jak również u liści owsa po mechanicznym uszkodzeniu komórek (Wyen i wsp. 1972), kwiatów róży poddanych działaniu deficytu wodnego (Halevy, Mayak 1975) oraz epikotyli grochu będących uprzednio pod wpływem auksyn (Birmingham, Maclachlan 1972).

Według Sodka i Wrighta (1969) cytokininy w liściach pszenicy hamują proces starzenia przez obniżenie syntezy RN-azy I oraz przez osłabienie uwalniania RN-azy II ze stanu związanego. Dove (1971) stwierdził, że krótkotrwałe zwiększenie poziomu RN-az po mechanicznym uszkodzeniu tkanek liści pomidorów jest znoszone jedynie w tym przypadku, gdy cytokininy stosowano co najmniej na cztery godziny przed oderwaniem liści. Z tego wynika, że istota wpływu cytokinin na proces starzenia się liści roślin jedno i dwuliściennych może być różna.

Uważa się, że cytokininy, zwłaszcza we współdziałaniu z innymi stymulatorami wzrostu zwiększają aktywność matrycową chromatyny przez rozluźnienie jej struktury (Seliwankina i wsp. 1976) i osłabienie wiązania białek z DNA (Fellenberg 1969, Madejkite 1969). Ponadto istnieją dane świadczące o dodatnim wpływie cytokinin na enzymy syntetyzujące RNA — polimerazy RNA (Geworkian i wsp. 1975, Johnson, Purves 1970) i acetylo-tRNA-syntetazy (Anderson, Rowen 1967, cyt. wg Kułajewej 1973), jak również o konieczności obecności cytokinin przy syntezie RNA (Schraudolf 1971). Efektem stosowania cytokinin na rośliny jest stymulacja syntezy RNA, co obserwowano m. in. w etiolowanych kielkach żyta (Seliwankina i wsp. 1972, 1976), liścieniach dyni (Jerkiejew 1974, Kułajewa 1973, Kułajewa i wsp. 1972), sałaty (Knypl, Chylińska 1973), etiolowanych liściach fasoli (Kułajewa, Cibula 1974), jęczmienia (Kułajewa i wsp. 1971, Seliwankina i wsp. 1976), ogórków (Knypl 1971a), starzejących się wycinkach liści rzepaku (Legocka, Szweykowska 1975), tytoniu (Kułajewa 1967), fasoli (Cibula, Kułajewa 1977), rzodkiewki (Burdett, Wareing 1966), pędach grochu (Penner, Early 1972), wierzchołkach pędu słonecznika (Madajkite 1969), hodowli izolowanych tkanek rdzenia tytoniu (Zwar 1973). Natomiast zdania są podzielone na temat działania cytokinin na syntezę poszczególnych frakcji RNA. Jedni uważają, że cytokininy stymulują syntezę wszystkich frakcji RNA (Carpenter, Cherry 1966, Jerkiejew 1974, Seliwankina i wsp. 1972, Wollgiehn 1965), inni, że tylko rRNA i niskomolekularnego RNA (Legocka, Szweykowska 1975), względnie wszystkich rodzajów za wyjątkiem lekkiego RNA (Knypl, Chylińska 1973). Według badań Chaly i Setterfielda (1972) cytokininy nie wpływają na zawartość jądrowego RNA w wierzchołkach korzeni cebuli, natomiast inni autorzy wykazali stymulujące działanie cytokinin na syntezę RNA w izolowanych jądrach

(Maheswari, Venkataraman 1966, Matthyse, Abrams 1970, Roychoudhury i wsp. 1965). Jensen i Pollock (1958) oraz Olszewska (1959a, b) podają, że cytokiny zwiększają zawartość RNA w jądrach, jąderkach i cytoplazmie.

Jak wynika z powyżej omówionych danych jedną z podstawowych dróg działania regulatorów wzrostu jest wpływ na aktywność enzymów przemiany kwasów nukleinowych. Auksyny i gibereliny w stężeniach fizjologicznych na ogół zwiększają aktywność RN-az, co przy równoczesnym uaktywnieniu enzymów syntetyzujących RNA może przyczynić się do szybkiego odnawiania RNA, m. in. mRNA i gromadzenia różnych form RNA. Natomiast cytokiny przeciwdziałają zwiększeniu aktywności RN-az w warunkach stresowych, przez co hamują procesy degradacji.

LITERATURA

- Altmann H., Stehlik G., Weidinger N., 1963. *Atompraxis* 9, 1, 16—21 (Ref. Żurn. Bioł., 16 G 82, 1963).
- Arens M., Stout E., 1972. *Plant Physiol.* 50, 640—641.
- Artamonow W., Kuramagomajew M., 1975. *Agrochim.* 8, 104—110.
- Atkin R., Srivastava B., 1969. *Physiol. Plantarum* 22, 742.
- Benton F., Galston A., 1965. *Science* 150, 69—70.
- Birmingham B., Maclachlan G., 1972. *Plant Physiol.* 49, 371—375.
- Bonner J., Dahmus M., Fambrough D., Huang R., Marushige K., Tuan D., 1968. *Science* 159, 3810, 47.
- Burdett A., Wareing P., 1966. *Planta* 71, 20.
- Carpenter W., Cherry J., 1966. *Bioch. Biophys. Acta* 114, 640.
- Chaly N., Setterfield G., 1972. *Planta* 108, 363—368.
- Chen L., Ali A., Fletcher R., Switzer C., Stephenson G., 1973. *Weed. Sci.* 21, 3, 181—184.
- Chen Y., Lin C., Chang H., Guilfoyle T., Key J., 1975. *Plant Physiol.* 56, 78—82.
- Chen D., Osborne D., 1970. *Nature* 226, 5251, 1157—1160.
- Cherry J., 1968. *Plant Physiol.* 43, 10.
- Chrispeels M., Varner J., 1967. *Plant Physiol.* 42, 398—406.
- Cibula L., Kułajewa O., 1977. *Fizjoł. Rast.* 24, 738—745.
- Czajłachian M., Korablewa N., Runkowa L., 1976. *Fizjoł. Rast.* 23, 852—855.
- Davies P., 1973. *Bon. Rev.*, 39, 139—171 (Ref. Żurn. Bioł. 1 G 254, 1974).
- Dejewa W., Szeleg Z., 1976. *Fizjologia ustożczowości sortów rastienij k gerbucidam i retardantam*, Nauka i Technika, Mińsk.
- Dolnicki A., 1975. XII Internat. Botan. Congress Abstracts, Nauka, Leningrad, 480.
- Dolnicki A., 1978. *Wiadom. Botan.* 22, 229-239.
- Dolnicki A., 1979. *Acta Agr. et Silv., Ser. Agr.* (w druku).
- Dove L., 1971. *New Phytol.* 70, 397—401.
- Dmitruk A., Konopska L., 1965. *Acta Soc. Bot. Polon.* 34, 243—248.
- Duda C., 1976. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27, 119—132.
- Durand J., 1972. *Z. Pflanzenphysiol.* 66, 468—472.
- Dżochadze D., Goglidze R., 1977. *Fizjoł. Rast.* 24, 746—750.
- Fan D., Maclachlan G., 1967. *Plant Physiol.* 42, 1114.
- Fellenberg G., 1969. *Planta* 86, 165—174.
- Fellenberg G., 1970. *Berichte Dtsch Bot. Ges.* 83, 345—351.

- Glaston A., Davies P., 1969. *Science* 163, 1288—1297.
- Geworkjan Ż., Plechanowa L., Ibragimow A., 1975. [w:] *Tezisy soobsz. V. Wses. Simp. „Struktura kletocznego jadra” Nowosybirsk*, 109 (Ref. *Żurn. Biol.*, 5 G 114, 1976).
- Gilazetdinow S., Kamaletdinowa M., Wachitow W., Jachin J., Jerkiejew M., 1976. [w:] *Fizjoł. i biochim. aspekty geterozisa i gomeostaza rast.*, Ufa, 87—114 (Ref. *Żurn. Rast.*, 2. 55. 46, 77).
- Giles K., Myers A., 1966. *Phytochem.* 5, 193—196.
- Glinina N., 1970. *Ucz. Zap. Mosk. Obl. Ped. In-t* 279, 101—106.
- Glinina N., Nelidowa G., 1973. [w:] *Regulacja rosta i rozwitia rast. wyp. 2*, Kalinin, 25—34 (Ref. *Żurn. Biol.*, 3 G 240, 1974).
- Goodwin P., Carr D., 1972. *J. Exp. Bot.* 23, 74, 1—7.
- Guilfoyle T., Hanson J., 1973. *Plant Physiol.* 51, 1022—1025.
- Guilfoyle T., Hanson J., 1974. *Plant Physiol.* 53, 110—113.
- Guilfoyle T., Lin C., Chen Y., Nagao R., Key J., 1975. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 72, 69—72.
- Gwóźdź E., 1973. *Acta Soc. Bot. Polon.* 42, 493—506.
- Halevy A., Mayak S., 1975. *XII Internat. Bot. Congr. Abstracts*, Nauka, Leningrad, 471.
- Hess D., 1973. *Naturwiss. Rdsch.* 26, 7, 284—293 (Ref. *Żurn. Biol.*, 12 G 223, 1973).
- Hodge E., Sacher J., 1975. *Bioch. Physiol. Pflanz.* 168, 5—6, 433—441.
- Holm R., O'Brien T., Cherry J., Key J., 1968. *Plant Physiol. suppl.* 43, 19.
- Ismogiłow F., 1975. [w:] *Wlijanije fizjoł. aktiwn. wieszczestw ... Baszkir. Un-t Ufa*, 33—37 (Ref. *Żurn. Biol.*, 8 G 225, 1976).
- Jacobson J., Zwar J., 1974. *Austral. J. Plant Physiol.* 1, 3, 343—356 (Ref. *Żurn. Biol.*, 5 G 85, 1975).
- Jankowski J., Wielgat B., Kleczkowski K., 1975. *XII Internat. Bot. Congr. Abstr.*, Nauka, Leningrad, 294.
- Jarvis B., Frankland B., Cherry J., 1968a. *Plant Physiol.* 43, suppl., 18.
- Jarvis B., Frankland B., Cherry J., 1968b. *Plant Physiol.* 43, 1734.
- Jarvis B., Frankland B., Cherry J., 1968c. *Planta* 83, 257.
- Jensen W., Pollock E., 1958. *Plant Physiol.* 33, suppl. 15.
- Jerkiejew M., 1974. *Fizjoł. Rast.* 21, 156—163.
- Johnson K., Purves W., 1970. *Plant Physiol.* 46, 581—585.
- Johry M., Varner J., 1967. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 59, 265—269.
- Kalinin F., Łobow W., Jastrembowicz N., Miereżinski J., Sarnacka W., Melnik J., 1973. *Regulacja metabolizma rastitelnoj kletki*, Izd-wo Naukowa Dumka, Kijów, 224 pp.
- Kapoor H., Sacher R. 1976. *Experim.*, 32, 558—560.
- Kasimowa D., Emich T., 1975. [w:] *Wlijanije fizjoł. aktiwn. wieszczestw., Baszkir. Un-t Ufa* 38—52 (Ref. *Żurn. Biol.*, 8 G 223, 1976).
- Kende H., Gardner G., 1976. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27, 267—290.
- Key J., 1969. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20, 449.
- Key J., Ingle J., 1964. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 52, 1382.
- Key J., Shannon J., 1964. *Plant Physiol.* 39, 360—364.
- Knypl J., 1971a. *Acta Soc. Bot. Polon.* 40, 257—274.
- Knypl J., 1971b. *Bioch. Physiol. Pflanz.* 162, 127—141.
- Knypl J., Chylińska K., 1973. *Z. Pflanzenphysiol.* 70, 414—419.
- Kobyłski G., Polewoj W., 1969. *Fizjoł. Rast.* 16, 145—147.
- Konarew W., Jelisakowa T., 1965. [w:] *Regulatory rosta i obmien nukleinowych kislot*, Nauka, Moskwa.
- Korablewa N., Ładyżeńska E., 1975. *XII Internat. Bot. Congr. Abstr.*, Nauka, Leningrad, 331.
- Korablewa N., Ładyżeńska E., Morozowa Z., Metlicki L., 1971. *Dokł. AN SSSR* 200, 733—735.
- Krukowa L., Muchambetżanow K., 1969. *Dokł. AN SSSR* 187, 1412—1414.
- Kulka K., Rejowski A., 1975. *Seed Sci. Technol.* 3, 827—835.
- Kuławewa O., 1967. *Uspiechi Sowrem. Biol.* 63, 28.
- Kuławewa O., 1973. *Citokininy, ich struktura i funkcja*, Nauka, Moskwa, 264 pp.
- Kuławewa O., Cibula L., 1974. *Fizjoł. Rast.* 21, 709—713.
- Kuławewa O., Jerkiejew W., Swesznikowa I., 1972. *Fizjoł. Rast.* 19, 1023—1033.

- Kulażewa O., Seliwankina S., Kurojedow W., 1971. *Fizjoł. Rast.* 18, 746—753.
- Kydrew T., Christow Ch., 1970. *Fizjoł. Rast.* t. 1, Sofia, 201—208 (Ref. *Žurn. Biol.*, 4 G 173, 1971).
- Legocka J., Szweykowska A., 1975. *Acta Soc. Bot. Polon.* 44, 553—565.
- Leo P., Sacher J. 1970. *Plant Physiol.*, 46, 806.
- Leshem Y., Schlesinger H., Peely R., 1976. *Experim.* 32, 590—591.
- Leshem Y., Schwarz L., 1972. *Physiol. Plantarum* 26, 328—331.
- Lewina A., Lichołat T., 1974. [w:] *Ekologia i fizjologia rast.*, wyp. 1, Kalinin, 95—113 (Ref. *Žurn. Biol.*, 4 G 66, 1976).
- Liao S., Hamilton R., 1966. *Science* 151, 822—824.
- Lichołat T., Lewina A., 1973. *Fizjoł. Rast.* 20, 130—137.
- Lichołat T., Pospiełow W., 1973. *Dokł. AN SSSR* 213, 231.
- Lichołat T., Pospiełow W., Morozowa T., Sałganik R., 1974. *Fizjoł. Rast.* 21, 939—945.
- Lontal I., Loon L., Bruinsma J., 1972. *Z. Pflanzenphysiol.* 67, 146—154.
- Lyr H., Hoffmann G., 1974. *Biol. Rdsch.* 12, 244—254 (Ref. *Žurn. Biol.*, 5 G 183, 1975).
- Ładyżeńska E., Korablewa N., Metlicki L., 1976. *Fizjoł. Rast.* 23, 765—772.
- Maciejewska-Potapczykowa W., 1967. *Substancje wzrostowe roślin, PWRiL*, 488 pp.
- Madejkite J., 1969. [w:] *Stimulatory rosta organizmow, Izd-wo Minist. Wyssh. i Sredn. Obrazowania LitSSR, Wilno*, 45—46.
- Maheswari S., Venkataraman R., 1966. *Planta*, 70, 304.
- Mało A., Polewoj W., Proszina R., 1974. *Naucz. Dokł. Wyssh. Szkoły, Biol. N.* 11, 79—85.
- Masłowski P., Gniot-Szulżycka J., Rześniowiecka G., 1971. *Acta Soc. Bot. Polon.* 40, 467—473.
- Masłowski P., Masłowska H., 1972. *Acta Soc. Bot. Polon.* 41, 21—26.
- Masuda Y., Kamisaka S., 1969. *Plant Cell Physiol.* 10, 79—86.
- Matthysse A., Abrams M., 1970. *Bioch. Biophys. Acta* 199, 511.
- Mc Comb I., Duda C., 1970. *Plant Physiol.* 46, 221.
- Mc Hale J., Dove L., 1968. *Naturwiss.* 55, 141.
- Merkis A., Anisimowene N., Putrimas A., Marczukajtis A., 1976. [w:] *Regulacja rosta i pitanije rast.*, Riga, Zinante, 97—109 (Ref. *Žurn. Biol.*, 9 G 242, 1976).
- Merkis A., Putrimas A., Marczukajtis A., 1969. [w:] *Stimulatory rosta rastienij, Izd-wo Minist. Wyssh. i Sredn. Obrazowania LitSSR, Wilno*, 54—55.
- Merkis A., Putrimas A., Marczukajtis A., 1971. *Fizjoł. Rast.* 18, 78—85.
- Merkis A., Putrimas A., Marczukajtis A., Bunewiczjute N., Dargawiczene J., 1972. [w:] *Regulacja rosta i pitanja rast.*, Izd-wo Nauka i Technika, Mińsk, 73—83.
- Michtelewa L., Pietrowska-Baranowa T., 1974. [w:] *Fitogormony w processach rosta i razwitia rast.*, Nauka, Moskwa, 54—58 (Ref. *Žurn. Biol.*, 5 G 76, 1975).
- Mierzwińska T., 1973. *Acta Soc. Bot. Polon.* 42, 509—520.
- Mierzwińska T., 1977. *Acta Soc. Bot. Polon.* 46, 69—78.
- Musgrave A., Kende H., 1970. *Plant Physiol.* 45, 56.
- Musorok T., Rejfmán W., Żurawlew J., Kuguk N., 1976. *Tr. Biol.-Poczw. In-ta Dalniewost. Naucz. Centr AN SSSR* 40, 120—126 (Ref. *Žurn. Biol.*, 12 G 269, 1977).
- Nagl W., 1971. *Planta* 96, 145—151.
- Nanda K., Bhattacharya N., 1973. *Bioch. Physiol. Pflanz.* 164, 632—635.
- O'Brein T., Jarvis B., Cherry J., Hanson J., 1968. *Bioch. Biophys. Acta* 169, 35—43.
- Olszewska G., 1959a. *Acta Soc. Bot. Polon.* 28, 471.
- Olszewska G., 1959b. *Exp. Cell Res.* 16, 193.
- Paul A., Mukherje S., 1973. *Biol. Plantarum* 15, 398—404.
- Penner D., Early R., 1972. *Phytochem.* 11, 3135—3138.
- Pilet P., 1970. *J. Exp. Bot.* 21, 446—451.
- Pilet P., Braun R., 1967. *Physiol. Plantarum* 20, 870—878.
- Pilet P., Braun R., 1970. *Physiol. Plantarum* 23, 245—250.
- Pilet P., Simonin P., 1970. *C. R. Acad. Sci. D* 270, 1575—1578.
- Polowij W., Sałamatowa T., Mało A., 1973. *Ukr. Bot. Žurn.*, 30, 292—299.
- Poulson R., Beevers L., 1970. *Plant Physiol.* 46, 782—785.

- Poulson R., Beevers L., 1972. [w:] Plant growth substances 1970, Berlin, 646—653.
- Procko R., Bojczuk O., Drabkina L., 1966. Ukr. Bot. Żurn. 33, 13—18.
- Puls E., Lambeth V., 1974. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99, 9—12.
- Rejowski A., 1971. Acta Soc. Bot. Polon. 40, 423—430.
- Rejowski A., Kulka K., 1970. Acta Soc. Bot. Polon. 39, 243—250.
- Roychoudhury R., Datta A., Sen S., 1965. Bioch. Biophys. Acta 107, 346.
- Roychoudhury R., Sen S., 1964. Physiol. Plantarum 17, 352—362.
- Saka H., Maeda E., 1974. Proc. Crop Sci. Soc. Jap., 43, 207—218 (Ref. Żurn. Biol., 1 G 272, 1975).
- Schmerder B., Hecker M., 1976. Biol. Plantarum 18, 351—358.
- Schraudolf H., 1971. Fortsch. Bot. 33, 121—140.
- Seliwankina S., Kurojedow W., Kułajewa O., 1972. Fizjol. Rast. 19, 508—516.
- Seliwankina S., Romanko J., Kurojedow W., Omann E., 1976. Fizjol. Rast. 23, 1011—1017.
- Shannon J., Hanson J., Wilson C., 1964. Plant Physiol. 39, 804—809.
- Simda L., Saponen T., 1971. Physiol. Plantarum 25, 8—16.
- Sitnik K., Musatenko L., 1963. Ukr. Bot. Żurn. 20, 3, 7—13.
- Sławenas I., Czepajtite R., Mirska L., 1970. Tr. AN LitSSR, B, 1, 55—70 (Ref. Żurn. Biol., 1 G 239, 1971).
- Sławenas I., Czepajtite R., Mirska L., Lekjawiczus J., 1969. [w:] Regulatory rosta organizmow, Izd-wo Minist. Wyssz. i Sredn. Obrazowania LitSSR, Wilno, 72—74.
- Smirnow J., Fedorow A., Szkolnik M., 1971. Bot. Żurn. 56, 633—648.
- Sodek L., Wright S., 1969. Phytochem. 8, 1629—1640.
- Soteros G., Pillay D., 1972. Z. Pflanzenphysiol. 66, 222—232.
- Spychała M., Korcz-Zajchert I., Szweykowska A., 1976. Acta Soc. Bot. Polon. 45, 325—334.
- Srivastava B., 1964. Canad. J. Bot. 42, 1303—1305.
- Srivastava B., 1968a. Plant Physiol. 43, 19.
- Srivastava B., 1968b. Bioch. Biophys. Acta 169, 534—536.
- Srivastava B., Ware G., 1965. Plant Physiol. 40, 62—64.
- Strogonowa M., 1971a. Dokł. AN SSSR, 200, 740—741.
- Strogonowa M., 1971b. Fizjol. Rast. 18, 1248—1252.
- Strube U., Fellenberg G., 1972. Planta 108, 59—66.
- Tanimoto E., Masuda Y., 1969. Plant Cell Physiol. 10, 485.
- Tarantowicz-Marek E., Bralczyk J., Kleczkowski K., 1975. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 23, 227—232.
- Tester C., Dure L., 1967. Biochem. 6, 25, 32.
- Thompson W., Cleland R., 1972. Plant Physiol. 50, 288—292.
- Treulsen T., 1967. Physiol. Plantarum 20, 1112—1119.
- Tuan D., Bonner J., 1964. Plant Physiol. 39, 768—772.
- Udvardy J., Farkas G., Forti M., 1967. Physiol. Plantarum 20, 781.
- Udvardy J., Sivok B., Nemet G., 1976. Z. Pflanzenphysiol. 78, 33—40.
- Vajranabhaiah S., Mehta A., 1976. Ann. Bot. 40, 166, 339—346.
- Varner J., 1975. XII Internat. Bot. Congr. Abstr., Nauka, Leningrad, 322.
- Varner J., Chandra G., 1964. Proc. Natl. Acad. Sci. Wash 52, 100.
- Varner J., Tuan-Hua D., 1976. [w:] The molecular biology of hormone action, 34th Symp. of the Society for Developmental Biology, Academic Press, Inc., N. York-San Francisco-London, 173—194.
- Varty K., Laidman D., 1977. Bioch. Soc. Trans. 5, 328—330 (Ref. Żurn. Biol., 12 G 82, 1977).
- Venis M., 1972. [w:] Plant growth substances 1970. Berlin, 240—247.
- Vetter J., 1972. Ann. Univ. Sci. Budapest, Sec. Biol. 14, 73—81 (Ref. Żurn. Biol., 8 G 225, 1973).
- Vetter J., 1974a. Bioch. Physiol. Pflanz. 165, 1—2, 114—118.
- Vetter J., 1974b. Bot. Közl. 61, 243—249 (Ref. Żurn. Biol. 1 G 284, 1975).
- Völksch B., Augsten H., 1975. Bioch. Physiol. Pflanz. 168, 443—452 (Ref. Żurn. Biol. 8 G 116, 1976).
- Wasilewa Z., 1974. [w:] Wozrast. sostaw populacji cwiectkow rast. w swjazi s ich ontogenezom, Moskwa, 247—252 (Ref. Żurn. Biol., 4 G 329, 1975).
- West S., Hanson J., Key J., 1960. Weeds 8, 333.

- Wielgat B., Kleczkowski K., 1974. Acta Bioch. Polon. 21, 437—443.
- Wielgat B., Wasilewska L., Kleczkowski K., 1974. Acta Bioch. Polon. 21, 9—16.
- Własiuk P., 1966. [w:] Rost i ustojcziwost rastienij, wyp. 2, Naukowa Dumka, Kijów, 3—11.
- Wollgiehn R., 1965. Flora A 156, 291.
- Woźny A., Legocka J., Szweykowska A., 1977. Acta Soc. Bot. Polon. 46, 357—368.
- Wyen N., Erdei S., Udvardy J., Bagi G., Farkas G., 1972. J. Exp. Bot. 23, 74, 37—44.
- Zenk M., 1970. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 83, 325—344.
- Zwar J., 1973. J. Exp. Bot. 24, 81, 701—710.