

Anna Nowak, Jacek Wróbel\*

Pomorska Akademia Medyczna, Samodzielna Pracownia Farmakoterapii Dermatologicznej

\* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Zakład Fizjologii Roślin

## Wpływ egzogennych regulatorów wzrostu na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach trzech odmian soi zwyczajnej (*Glycine max* L. Merr)

The effect of growth regulators on content of assimilation pigment  
in leaves of three soybean cultivars (*Glycine max* L. Merr)

Słowa kluczowe: soja, kwas indolilo-3-masłowy (IBA), 6-benzyloaminopuryna (BAP), chlorofil całkowity, karotenoidy

W hali vegetacyjnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie przeprowadzono dwuletnie doświadczenie wazonowe. W doświadczeniu badano wpływ egzogennych regulatorów wzrostu stosowanych oddzielnie i w mieszaninie (kwas indolilo-3-masłowy i 6-benzyloaminopuryna) na zawartość barwników asymilacyjnych (chlorofilu całkowitego oraz karotenoidów) w liściach trzech polskich odmian soi zwyczajnej, tj. Aldana, Progres, Jutro. Podczas vegetacji roślin zastosowano dwukrotny oprysk regulatorami wzrostu w stężeniu 30 mg·dm<sup>-3</sup>. Rośliny kontrolne były opryskiwane wodą destylowaną. Barwniki asymilacyjne oznaczano trzykrotnie podczas okresu vegetacji (faza liści trójdzielnych, kwitnienia oraz rozwoju nasion). W obydwu sezonach vegetacyjnych w fazie liści trójdzielnych oraz kwitnienia zawartość barwników asymilacyjnych była wyższa, niż w fazie rozwoju nasion. W obydwu latach badań największą istotną różnicą w zawartości chlorofilu całkowitego oraz karotenoidów w fazie rozwoju nasion charakteryzowała się odmian Aldana opryskiwana kwasem indolilo-3-masłowym (IBA). Zastosowane regulatory wzrostu w formie oprysku spowodowały powolniejsze starzenie się liści poprzez opóźnienie rozkładu chlorofilu w liściach.

Key words: soybean, indolilo-3-butyric acid (IBA), 6-benzylaminopurine (BAP), total chlorophyll, carotenoids

Two-year pot experiment was carried out in a vegetation house of the Western Pomeranian University of Technology in Szczecin aimed at determination of the effect of exogenous growth regulators, i.e. indolilo-3-butyric acid (IBA) and 6-benzylaminopurine (BAP) used separately and in mixture, on the content of assimilation pigments (total chlorophyll and carotenoids) in the seeds of three Polish soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivars, i.e. Aldana, Progres and Jutro. During plant vegetation, a double spraying with growth regulators at a concentration of 30 mg·dm<sup>-3</sup> was applied. Control plants were sprayed with distilled water. The assimilation pigments were measured three times in each vegetation season (triparted compound leaf stage, flowering stage, seeds development stage). As a result of performed examinations soybean cultivars were found to show the highest chlorophyll total and carotenoids contents in the triparted compound leaf stage and in the flowering stage. The cultivar Aldana sprayed with indolilo-3-butyric acid (IBA) was characterised by significantly higher assimilation pigments content at seed development stage than control cultivars. Regulator growth was effective in delaying leaves senescence by retarding the assimilation pigments loss.

## Wstęp

---

Soja zwyczajna (*Glycine max* L. Merr) jest cenną rośliną uprawną. Nasiona tej rośliny zawierają około 40% białka i 20% tłuszczu, który charakteryzuje się dużą zawartością cennych nienasyconych kwasów tłuszczowych niezbędnych w codziennej diecie (Zeller 1999). Wartość odżywcza nasion może być modyfikowana wieloma czynnikami, np. warunkami klimatycznymi czy glebowymi. Niekorzystne warunki panujące w Polsce, tj. zbyt długie opady deszczu i niska temperatura, mogą być przyczyną ograniczenia wzrostu bądź szybszego starzenia się roślin soi, które nie zdążą wydać pełnowartościowego plonu. W przypadku soi zbyt szybkie starzenie się liści znacznie ogranicza plon roślin, zaś pierwszym symptomem starzenia się jest rozkład chlorofilu i wzrost koncentracji kwasu abscysynowego w liściach (Samet i Sinclair 1980, Huang i in. 2000) oraz zwiększenie aktywności enzymów uczestniczących w rozkładzie chlorofilu, tj. chlorofilazy i dechaleazy magnezowej (Matile i in. 1996). W praktyce rolniczej i ogrodniczej coraz częściej stosuje się syntetyczne regulatory wzrostu jako substancje mające na celu poprawę produktywności roślin poprzez wpływ na różne procesy fizjologiczne. Ważną właściwością syntetycznych regulatorów wzrostu jest modyfikowanie zawartości barwników asymilacyjnych w liściach (Brar i Singh 1985, Harsham i Gill 1985, Clarke i in. 1994, Nahar i Ikeda 2002, Pandey i in. 2003, Costa i in. 2005, Woźniak i in. 2008). Niektórzy autorzy wykazują, iż syntetyczne hormony roślinne zapobiegają rozpadowi chlorofilu w liściach opóźniając ich starzenie, które powoduje znaczne obniżenie asymilacji CO<sub>2</sub> (Kolchevskii i in. 1995, Downs i in. 1997, Skutnik i in. 1999, 2004).

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu egzogennych regulatorów wzrostu, tj. auksyny i cytokininy, stosowanych oddzielnie oraz ich mieszaniny, na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach trzech polskich odmian soi zwyczajnej (*Glycine max* L. Merr).

## Material i metody

---

Dwuletnie doświadczenie wazonowe zostało przeprowadzone w latach 2007–2008 w hali wegetacyjnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Doświadczenie założono w układzie kompletnej randomizacji w sześciu powtórzeniach. Całość stanowiła 72 wazony, po sześć wazonów w każdym wariantcie i 4 rośliny w jednym wazonie. Pierwszym czynnikiem doświadczenia były odmiany soi, zaś drugim regulatory wzrostu. W doświadczeniu wykorzystano trzy polskie odmiany soi zwyczajnej (*Glycine max* L. Merr.): Aldana, Progres i Jutro, pochodzące z Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie k. Warszawy. Zastosowano następujące regulatory wzrostu: kwas indolilo-3-masłowy (IBA) nale-

żący do auksyn, 6-benzyloaminopurynę (BAP) należącą do cytokinin oraz ich mieszaninę (IBA + BAP). Wszystkie regulatory wzrostu pochodziły z firmy Sigma-Aldrich Sp. z o.o. Każdy z wazonów został napełniony po 8 kg gleby (tab. 1). W obydwu okresach wegetacyjnych zastosowano stałe żywienie mineralne roślin zarówno przed siewem, jak i w trakcie wegetacji azotem (0,5 g N na wazon w formie  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), fosforem (0,6 g P na wazon w formie  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), potasem (1,0 g K na wazon w formie  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) oraz magnezem (0,5 g Mg na wazon w formie  $\text{MgSO}_4$ ). Wszystkie nawozy wymieszano z glebą w trakcie napełniania wazonów. Żywienie mineralne roślin powtórzono pogłównie pod koniec czerwca. Nasiona trzech odmian soi wysiewano każdego roku w połowie maja, gdy średnia temperatura powietrza przekroczyła  $10^\circ\text{C}$ , na głębokość 4–5 cm. Po wykiełkowaniu nasion wykonano przerywkę, pozostawiając do dalszych badań po 4 rośliny w każdym wazonie.

Tabela 1

Właściwości i skład chemiczny gleby — *Soil properties and chemical composition*

Odczyn pH w KCl <i>pH reaction in KCl</i>	Próchnica [%] — <i>Humus</i>	$C_{\text{org}}$ [g·kg <sup>-1</sup> ]	Sucha masa [%] — <i>Dry matter</i>	Wilgotność [%] — <i>Moisture</i>	Zawartość N [mg·kg <sup>-1</sup> s.m.] <i>Nitrogen content</i> [mg·kg <sup>-1</sup> d.m.]		Zawartość makroelementów (składnika dostępnego) [g·kg <sup>-1</sup> s.m.] <i>Content of macroelements (of available element)</i> [g·kg <sup>-1</sup> d.m.]			Zawartość mikroelementów ogółem [mg·kg <sup>-1</sup> s.m.] <i>Total content of microelements</i> [mg·kg <sup>-1</sup> d.m.]				
					N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	B	Mn	Cu	Zn	Fe
7,0	3,0	17,2	88,2	11,8	1,4	63,6	0,49	0,15	0,10	2,3	195	8,9	22,9	1571

Każdego roku podczas wegetacji soi zastosowano dwukrotnie regulatory wzrostu w następujących stężeniach: auksyna (kwas indolilo-3-masłowy, IBA) —  $30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , cytokinina (6-benzyloaminopuryna, BAP) —  $30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , auksyna + cytokinina (IBA + BAP) —  $30 + 30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Pierwszy oprysk wykonano, gdy rośliny osiągnęły wysokość około 20 cm (stadium liści trójdzielnych). Drugi oprysk wykonano na początku fazy kwitnienia. Rośliny kontrolne traktowano wodą destylowaną. Rośliny opryskiwano do całkowitego zroszenia, zużywając około  $20 \text{ cm}^3$  cieczy roboczej na wazon.

W doświadczeniu oznaczono zawartość barwników asymilacyjnych, tj. chlorofilu całkowitego i karotenoidów. Pomiar wykonano trzykrotnie w każdym sezonie wegetacyjnym, w pięciu powtórzeniach. Pierwszy pomiar został wykonany

w stadium 2 węzłów z całkowicie rozwiniętymi liśćmi (wysokość roślin ok. 20 cm), co przypadało trzy dni po wykonanym pierwszym oprysku regulatorami wzrostu. Drugi pomiar wykonano trzy dni po drugim oprysku (początek kwitnienia), natomiast trzeci pomiar w fazie zawiązywania strąków. Do pomiarów wybierano młode, dobrze rozwinięte liście z drugiego piętra, licząc od góry rośliny. Pomiarów wykonywano w środkowej części blaszki liściowej. Zawartość barwników asymilacyjnych oznaczono metodą Arnona i in. (1956) w modyfikacji Lichtenthalera i Wellburna (1983). Wyniki badań opracowano statystycznie na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji. W celu określenia istotności różnic między średnimi zastosowano przedziały ufności Tukey'a, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  ( $NIR_{0,05}$ ). Wyniki opracowano za pomocą programu Statistica 8.0.

## Wyniki

Warunki meteorologiczne panujące w latach badań 2007–2008 na tle wielolecia 1961–2000 zestawiono na podstawie danych meteorologicznych pochodzących ze Stacji Meteorologicznej IMGW w Szczecinie-Dąbiu (tab. 2).

Tabela 2  
Warunki pogodowe w latach 2007 i 2008 — *Weather conditions in 2007 and 2008*

Rok Year	Miesiąc — Month					
	V	VI	VII	VIII	IX	V–IX
Temperatura powietrza — Air temperature [°C]						średnia — mean
2007	15,2	18,3	18,2	18,3	13,6	16,8
2008	14,4	17,6	19,2	18,4	13,6	16,6
1961–2000	12,9	16,2	17,8	17,4	13,6	15,6
Opady — Rainfall [mm]						suma — sum
2007	90,1	150,4	138,9	74,7	56,5	510,6
2008	14,5	28,1	59,2	51,5	45,5	198,8
1961–2000	54,3	58,8	64,6	56,1	45,8	279,3
Usłonecznienie — Insolation [h]						suma — sum
2007	243,5	203,8	184,0	220,9	131,9	983,3
2008	337,4	294,7	286,6	168,6	124,3	1212,6
1961–2000	247,4	119,6	238,2	229,3	135,6	970,1

Rok 2007 charakteryzował się ciepłym okresem wegetacyjnym z bardzo obfitymi opadami deszczu, szczególnie w czerwcu i lipcu, oraz średnim usłonecznieniem. Natomiast okres wegetacyjny 2008 był okresem ciepłym i suchym. Najmniejszymi opadami w roku tym charakteryzowały się miesiące czerwiec i lipiec, przy bardzo wysokim usłonecznieniu. W obydwu sezonach wegetacyjnych w fazie liści

trójdzielnych oraz kwitnienia zawartość barwników asymilacyjnych była wyższa niż w fazie rozwoju nasion (tab. 3).

W 2007 najwyższą zawartością chlorofilu całkowitego w trakcie pierwszego pomiaru w porównaniu z roślinami kontrolnymi charakteryzowała się odmiana Progres, której liście były opryskiwane syntetyczną cytokininą. Największe różnice w zawartości chlorofilu całkowitego odnotowano w fazie wykształcania nasion soi. W fazie tej zdecydowanie największą zawartością chlorofilu całkowitego charakteryzowała się odmiana Aldana opryskiwana syntetyczną auksyną oraz mieszaniną regulatorów wzrostu, gdzie zawartość omawianego barwnika w liściach była dwukrotnie większa w porównaniu z roślinami kontrolnymi. W przypadku odmian Jutro i Progres liście roślin opryskiwanych regulatorami wzrostu charakteryzowały się również dużo wyższą zawartością chlorofilu całkowitego, jednak bez istotnych różnic w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Zawartość karotenoidów w 2007 roku kształtowała się na podobnym poziomie — w fazie rozwoju nasion stwierdzono najwyższą zawartość tego barwnika w liściach odmiany Aldana, opryskiwanych syntetyczną auksyną i mieszaniną regulatorów wzrostu (tab. 3).

W drugim roku badań (2008) rośliny charakteryzowały się niższą zawartością barwników asymilacyjnych w porównaniu z rokiem 2007. W roku tym zaobserwowano jednak podobną tendencję w modyfikacji barwników asymilacyjnych, jak w poprzednim okresie wegetacyjnym. Największą istotną zawartością barwników asymilacyjnych w porównaniu z roślinami kontrolnymi charakteryzowała się odmiana Aldana w fazie wykształcania nasion, opryskiwana syntetyczną auksyną. W przypadku pozostałych odmian, w fazie tej, rośliny opryskiwane regulatorami wzrostu miały wyższą zawartość barwników asymilacyjnych w porównaniu z roślinami kontrolnymi, jednak bez istotnych różnic. Największe istotne różnice w zawartości karotenoidów odnotowano również w trzecim terminie pomiaru, gdzie odmiana Aldana opryskiwana syntetyczną auksyną zawierała ich więcej w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

## Dyskusja

---

Plonowanie roślin strączkowych zależy od wielu czynników, do których zaliczamy m.in. warunki klimatyczne panujące w czasie wegetacji roślin, tj. opady i temperaturę (Śnieg i in. 2004). Warunki klimatyczne w obydwu latach badań były zróżnicowane, co w konsekwencji rzutowało na wyniki przeprowadzonego doświadczenia. Sezon 2007 był mniej korzystny dla uprawy soi, która jest rośliną ciepłolubną, wymagającą dużego nasłonecznienia, zwłaszcza w okresie kwitnienia (Boros 2002). Natomiast okres wegetacyjny 2008 charakteryzował się bardzo wysokim usłonecznieniem, przy jednoczesnych skrajnie niskich opadach, szczególnie w początkowym okresie wegetacji. Mniejsza ilość barwników asymilacyjnych

Tabela 3

Zawartość barwników asymilacyjnych w liściach trzech odmian soi zwyczajnej opryskiwanej egzogennymi regulatorami wzrostu w latach 2007 i 2008 — *The content of assimilation pigments in leaves of three soybean cultivars sprayed with growth regulators in 2007–2008*

Odmiana <i>Cultivar</i>	Regulator wzrostu <i>Growth regulator</i>	Chlorofil całkowity [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ś.m.] <i>Total chlorophylls [<math>\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}</math> f.m.]</i>			Karotenoidy [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ś.m.] <i>Carotenoids [<math>\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}</math> f.m.]</i>		
		Faza rozwojowa — <i>Growth stages</i>					
		I	II	III	I	II	III
Rok 2007 — <i>Year 2007</i>							
Jutro	Kontrola	1365 ab	1317 a	639 a	568 ab	618 a	493 a
	IBA	1496 ab	1492 a	1043 ab	612 ab	648 a	540 ab
	BAP	1382 ab	1274 a	1113 ab	616 ab	592 a	551 abc
	IBA+BAP	1467 ab	1391 a	815 ab	580 ab	589 a	493 a
Progres	Kontrola	1266 a	1224 a	884 ab	565 a	618 a	501 b
	IBA	1494 ab	1577 a	1106 ab	566 a	761 a	646 de
	BAP	1578 b	1211 a	1231 b	624 ab	556 a	617 bc
	IBA+BAP	1543 ab	1281 a	1169 ab	700 abc	616 a	575 abc
Aldana	Kontrola	1462 ab	1243 a	667 a	991 c	597 a	540 ab
	IBA	1562 ab	1551 a	1239 b	685 abc	767 a	728 e
	BAP	1464 ab	1407 a	1169 ab	866 abc	655 a	637 bcd
	IBA+BAP	1512 ab	1366 a	1243 b	889 bc	648 a	655 de
Rok 2008 — <i>Year 2008</i>							
Jutro	Kontrola	1292 a	1115 a	638 a	647 a	487 a	323 b
	IBA	1264 a	1291 a	748 ab	569 a	517 a	354 abc
	BAP	1174 a	1072 a	841 abc	583 a	466 a	404 bcd
	IBA+BAP	1023 a	1190 a	668 a	515 a	458 a	334 ab
Progres	Kontrola	914 a	1022 a	701 ab	500 a	520 a	343 ab
	IBA	1135 a	1380 a	831 ab	648 a	630 a	392 bcd
	BAP	1211 a	976 a	1104 bc	670 a	425 a	470 cd
	IBA+BAP	1221 a	1080 a	1026 abc	660 a	485 a	427 bcd
Aldana	Kontrola	986 a	1041 a	931 abc	467 a	466 a	468 cd
	IBA	1304 a	1352 a	1256 c	633 a	637 a	629 e
	BAP	1085 a	1246 a	923 abc	507 a	524 a	490 cde
	IBA+BAP	1089 a	1164 a	1014 abc	498 a	517 a	435 cde

IBA — kwas indolilo-3-masłowy (auksyna) — *indolilo-3-butyric acid (auxin)*

BAP — benzyloaminopuryna (cytokinina) — *benzylaminopurine (cytokinin)*

IBA + BAP — mieszanina kwasu indolilo-3-masłowego + benzyloaminopuryny (auksyna + cytokinina)  
*mixture indolilo-3-butyric acid + benzylaminopurine (auxin + cytokinin)*

I — faza liści trójdzielnych — *triparted compound leaf stage*

II — faza kwitnienia — *flowering stage*

III — faza rozwoju nasion — *seeds development stage*

w liściach w drugim roku była prawdopodobnie spowodowana długo utrzymującą się wysoką temperaturą powietrza, przy bardzo małych opadach. W takich warunkach rośliny broniąc się przed utratą wody zamykają aparaty szparkowe, równocześnie ograniczając dostęp do wnętrza komórki CO<sub>2</sub> niezbędnego w procesach asymilacji (Sowiński i in. 1991, Muller i Bergman 1996, Michałek 1999, Chaves i in. 2002). Produktywność roślin zależy w ogromnej mierze od najistotniejszego wewnętrznego czynnika fotosyntetycznego, jakim jest zawartość barwników asymilacyjnych. W badaniach własnych opryskiwanie roślin odmiany Aldana syntetyczną auksyną istotnie zwiększyło zawartość chlorofilu całkowitego i karotenoidów. Podobne wyniki uzyskał Aldesuquy (2000) stosując na pszenicę kwas indolilo-3-octowy (IAA) w stężeniu 25 mg·kg<sup>-1</sup>, wykazując istotny wzrost zawartości chlorofilu całkowitego. O wyraźnym wzroście zawartości chlorofilu w liściach soi, przy nieco mniejszym stężeniu kwasu indolilo-3-octowego (10 mg·l<sup>-1</sup>) donosi również Gadallah (2000). Natomiast Skalska (1992) i Pandey i in. (2003) stosujący na lucernę syntetyczną cytokininę w różnych stężeniach, od 0,025 do 0,200%, stwierdzili istotny wzrost chlorofilu „a”, z kolei opryskując rośliny syntetyczną auksyną nie wykazali większego wpływu na zawartość tego barwnika.

W fazie liści trójdzielnych i kwitnienia badane odmiany soi zawierały zdecydowanie większą zawartość barwników asymilacyjnych niż w fazie rozwoju nasion. Fu i in. (2000) donoszą, iż w trakcie starzenia się roślin soi zawartość chlorofilu i karotenoidów obniża się. Stosowanie egzogennej cytokininy może zwiększyć koncentrację chlorofilu w starzejących się tkankach liści poprzez wolniejszy rozkład chlorofilu i opóźnienie procesu starzenia (Downs i in. 1997). Costa i in. (2005) w przeprowadzonych badaniach nad wpływem cytokininy na rośliny kapusty stwierdza, iż powoduje to powolniejszą degradację chlorofilu całkowitego w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Jednocześnie autor ten określał aktywność enzymów pośredniczących w degradacji chlorofilu, takich jak chlorofilaza i dechelataza magnezowa. Okazuje się, że w roślinach opryskiwanych cytokininą następuje znaczny spadek aktywności tych enzymów w porównaniu do roślin kontrolnych. Potwierdzają to badania własne, gdzie w okresie zawiązywania strąków wykazano zwiększoną zawartość barwników asymilacyjnych u roślin opryskiwanych syntetyczną cytokininą w porównaniu z kontrolą, średnio o około 20%.

## Wnioski

---

1. Rośliny soi odmiany Aldana po zastosowaniu kwasu indolilo-3-masłowego (IBA) zawierały istotnie więcej barwników asymilacyjnych w obydwu latach badań.
2. Zastosowane regulatory wzrostu w formie oprysku spowodowały powolniejsze starzenie się liści poprzez opóźnienie rozkładu chlorofilu w liściach.

## Literatura

---

- Aldesuquy H.S. 2000. Effect of indol-3-yl acetic acid on photosynthetic characteristics of wheat flag leaf during grain filling. *Photosynt.*, 38: 135-141.
- Arnon D.J., Allen M.B., Whatley F. 1956. Photosynthesis by isolated chloroplast. IV General concept and comparison of three photochemical reactions. *Biochim. Biophys. Acta*, 20: 449-461.
- Brar Z.S., Singh M. 1985. Effect of plant growth regulators on cotton quality characters. *Indian J. Ecol.*, 12: 85-90.
- Boros L. 2002. Soja – charakterystyka odmian i technologia uprawy. IHAR, Radzików, 18.
- Chaves M.M., Pereira J.S., Maroco J., Rodrigues M.I., Ricardo C.P.P., Osório M.L., Carvalho I., Faria T., Pinheiro C. 2002. How plant cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Ann. Bot.*, 89: 907-916.
- Clarke S.F., Jameson P.E., Down C.G. 1994. The influence of 6-benzylaminopurine on post-harvest senescence of floral tissues of braccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Pl. Growth Regul.*, 14: 21-27.
- Costa M.L., Civello P.M., Chaves A.R., Martinez G.A. 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of braccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. *Postharv. Biol. Tech.*, 35: 191-199.
- Downs C.G., Somerfield S.D., Davey M.C. 1997. Cytokinin treatment senescence but not sucrose loss in harvested braccoli. *Postharv. Biol. Technol.*, 11: 93-100.
- Fu J., Huang B., Zhang G. 2000. Physiological and biochemical changes during seed filling in relation to leaf senescence in soybean. *Biol. Plantarum*, 43: 545-548.
- Gadallah M.A. 2000. Effect of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *J. Arid. Environ.*, 44: 451-467.
- Harsham S., Gill H.S. 1985. Effect of foliar spray of NAA on the growth and yield of late sown wheat and barley. *Indian J. Ecol.*, 20: 15-21.
- Huang R.F., Wang X.C., Lou C.H. 2000. Cytoskeletal inhibitors suppress the stomatal opening of *Vicia faba* L. induced by fusicoccin and IAA. *Plant Sci.*, 156: 65-71.
- Kolchevskii K.G., Kocharyan N.I., Koroleva O.Y. 1995. Effect of salinity on photosynthesis characteristics and ion accumulation in C3 and C4 plants of Ararat plain. *Photosynt.*, 31: 277-282.
- Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.*, 11: 591-592.
- Matile P., Hörtensteiner S., Thomas P., Kräutler B. 1996. Chlorophyll breakdown in senescent leaves. *Plant Physiol.*, 112: 1403-1409.
- Michalek S. 1999. Wzrost, wymiana gazowa i plonowanie kilku polskich odmian soi w warunkach suszy. *Zesz. Problem. Post. Nauk Rol.*, 469: 217-223.
- Muller J.E., Bergman H. 1996. Plant cellular response to water deficit. *Pl. Growth. Regul.*, 2: 41-46.
- Nahar B.S., Ikeda T. 2002. Effect of different concentrations of Figaron on production and abscission of reproductive organs, growth, and yield in soybean (*Glycine max* L.). *Field Crops Res.*, 78: 41-50.
- Pandey D.M., Goswami C.L., Kumar B. 2003. Physiological effects of plant hormones in cotton under drought. *Biol. Plant.*, 47: 535-540.



## Wpływ egzogennych regulatorów wzrostu na zawartość barwników ... 359

- Samet J.S., Sinclair T.R. 1980. Leaf senescence and abscisic acid in leaves of field-grown soybean. *Plant Physiol.*, 66: 1164-1168.
- Skalska M. 1992. Wpływ regulatorów wzrostu na cechy morfologiczne , zawartość chlorofilu i plon nasion lucerny (*Medicago sativa* L.) w doświadczeniach wazonowych. *Biul. IHAR*, 184: 59-65.
- Skutnik E., Łukaszewska A., Tyborowska K. 1999. Retarding senescence of cut leaves of *Hosta plantaginea* by growth regulators. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Horticulture, Landscape Architecture*, 20: 3-8.
- Skutnik E., Rabiza-Świder J., Wachowicz M., Łukaszewska A.J. 2004. Senescence of cut leaves of *Zantedeschia aethiopica* and *Z. elliotiana*. Part I. Chlorophyll degradation. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 3: 57-65.
- Sowiński P., Parys E., Dembiński E., Falpus J., Romanowska E., Ślaski J. 1991. Rośliny w zmieniającym się klimacie – efekt szklarniowy. *Wiad. Bot.*, 353: 17-34.
- Śnieg L., Bury M., Hurry G., Nawracała J. 2004. Wstępne ocena możliwości uprawy soi (*Glycine max* (L.) Merrill) w rejonie Szczecina. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 242: 175-180.
- Woźniak A., Stolarska A., Wróbel J., Marska B. 2008. Effect of exogenous growth regulators on crop yield, assimilation pigment content and stomatal index in soya bean (*Glycine max*). *ECE A 15*: 429-434.
- Zeller F.J. 1999. Die Sojabohne (*Glycine max* (L.) Merr.): Nutzung, Genetik, Biotechnologie. *Die Bodenkultur*, 50: 191-200