Wpływ długołańcuchowych alkoholi alifatycznych na wzrost, wymianę gazową i rozdział asymilatów w roślinach rzodkiewki

ZBYSZEK K. BLAMOWSKI, EDWARD BOROWSKI, MARIA BLAMOWSKA

Katedra Fizjologii Roslin, Akademia Rolnicza, 20–950 Lublin, ul. Akademicka 15

(Otrzymano dnia 9.03.1998)

Z.K. Blamowski, E. Borowski, M. Blamowska (Department of Plant Physiology, Agricultural University, 20–950 Lublin, ul. Akademicka 15, Poland). Effect of a long chain aliphatic alcohols on growth, gas exchange and assimilate partitioning in radish plant.

Abstract

In pot experiments the influence of long chain aliphatic alcohols (hexacosanol – HEXA, octacosanol – OCTA and triacontanol – TRIA), which were used in concentration $0.001 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, on growth, assimilate partitioning and gas exchange of radish plants cv. „Krakowianka” and „Sopel lodu” were studied. The received results showed that triacontanol was characterized by higher physiological activity than remaining alcohols. TRIA significantly increased yield of mass, as well as it changed the pattern of distribution of assimilates in plants. Under its influence the rate of mass of leaves to mass of storage organs decreased as well as the share of mass of leaves in the total mass of both plant cultivars. TRIA stimulated the rate of net photosynthesis (P_n), however, it did not influence the other determined gas exchange parameters: substomatal concentration of CO_2 (c_i), stomatal conductance for water vapour (g_s) and rate of transpiration (T_r). Remaining alcohols (HEXA and OCTA) did not any influence on growth of plants and their gas exchange but only on distribution of biomass.

WSTĘP

Wyniki prac wielu autorów świadczą, iż triakontanol, będący przedstawicielem grupy alkoholi alifatycznych o długim łańcuchu węglowym (od C-24 do C-34), stymuluje wzrost licznych gatunków roślin (Ries i in., 1977, Charlton i in., 1980, Erikson i in., 1982, Borowski, 1992, Blamowski, 1993). Mniej znany jest wpływ na rośliny innych długołańcuchowych alkoholi pierwszorzędowych. Thind (1991) stwierdził, iż mieszanina 6 alkoholi, w składzie której jednak zdecydowanie przeważał triakontanol, przyspiesza kiełkowanie nasion i wzrost siewek pszenicy. Thakur i Thakur (1993) wykazali, iż potraktowanie roślin mieszaniną alkoholi ogranicza ujemny wpływ suszy na pomidory. Blamowski i Borowski (1995)

stwierdzili, iż heksakosanol i oktakosanol mogą stymulować kiełkowanie nasion i elongację siewek cynii i cebuli.

Celem pracy było porównanie wpływu triakontanolu oraz heksakosanolu i oktakosanolu na wzrost, wymianę gazową i dystrybucję asymilatów w roślinach *Raphanus sativus* L. var. *radicula* DC odmiany „Krakowianka” i „Sopel lodu” różniących się budową anatomiczną organów spichrzowych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w warunkach hali wegetacyjnej, w maju i czerwcu 1995 i 1996 r. Rośliny rzodkiewki rosły pojedynczo w wazonach o pojemności 1 dm³, wypełnionych mieszaniną substratu torfowego i piasku (1:1 v/v). W badaniach zastosowano alkohole (*Sigma Chem. Co USA*): heksakosanol (HEXA, C-26), oktakosanol (OCTA, C-28) i triakontanol (TRIA, C-30) w stężeniu 0,001 mg·dm⁻³. Roztwory przygotowano wg przepisu podanego przez Mamata i wsp. (1993). Po 4 tygodniach od wysiewu nasion, trzykrotnie w odstępach jednodniowych, наносzono po 1 kropli alkoholu /lub wody destylowanej w kontroli/ na stożek wzrostu pędu oraz 2 najstarsze liście. 24 godziny po podaniu ostatniej dawki preparatów wykonano pomiary wymiany gazowej za pomocą gazoanalyzera LCA-4 (*ADC Co LTD, England*) z użyciem kamery liściowej PLC-4 tej samej firmy. Oznaczenia prowadzono w godzinach przedpołudniowych, kiedy gęstość strumienia fotonów (PPFD) wynosiła 1000–1200 μmol(photon)·m⁻²·s⁻¹. W czasie pomiarów temperatura w kamerze liściowej stabilizowana była na poziomie 24–26°C. Oznaczono: podszparkowe stężenie CO₂ [*c_i* – μmol (CO₂)·mol⁻¹]; intensywność fotosyntezy netto [*P_n* – μmol (CO₂)·m⁻²·s⁻¹]; przewodność szparkową dla pary wodnej [*g_s* – mol (H₂O)·m⁻²·s⁻¹] oraz intensywność transpiracji [*T_r* – mmol(H₂O)·m⁻²·s⁻¹]. Doświadczenie zakończono po 14 dniach od podania pierwszej dawki alkoholi. Oznaczono wówczas powierzchnię liści i suchą masę poszczególnych organów a następnie wyliczono: wskaźnik ulistnienia (LAR – dm²·g⁻¹) oraz stosunek masy liści do masy organów spichrzowych (donorów do akceptorów asymilatów) – *K_{D/A}*. Wszystkie wyniki opracowano statystycznie, a istotność różnic wykazano wykorzystując przedziały ufności Tukey’a. Dane liczbowe zamieszczone w tabeli 1 przedstawiają wyniki uzyskane w roku 1995 i 1996 (*n* = 12), natomiast wartości liczbowe zamieszczone w tabeli 2 uzyskano w roku 1996 (*n* = 8).

WYNIKI

Przeprowadzone badania wykazały, iż rośliny obu odmian różnią się zdecydowanie szybkością wzrostu. W czasie trwania doświadczenia rośliny odmiany „Sopel lodu” wytworzyły większą powierzchnię asymilacyjną i więcej biomasy niż rośliny odmiany „Krakowianka” /tab. 1/. Wytworzona biomasa była także w odmienny sposób rozmieszczona w poszczególnych organach roślin. U „Krakowianki” większość związków organicznych wykorzystana została na rozbudowę organu spichrzowego, podczas gdy u odmiany „Sopel lodu” na wzrost liści.

Tabela 1 – Table 1

Wpływ długołańcuchowych alkoholi alifatycznych na wzrost i rozdział asymilatów w roślinach rzodkiewki odmiany „Krakowianka” (a) i „Sopel lodu” (b).

Effect of a long chain aliphatic alcohols on growth and assimilate partitioning in the radish plants cv. „Krakowianka” (a) and „Sopel lodu” (b).

Kombinacja Combination	Powierzchnia liści [dm ²] Leaves surface			S.m. liści [g] D. m. of leaves			S.m. hypocotyła i korzeni [g] D.m. of hypocotyl and roots			LAR [dm ² ·g ⁻¹]			KD/A		
	a	b	$\bar{x}$	a	b	$\bar{x}$	a	b	$\bar{x}$	a	b	$\bar{x}$	a	b	$\bar{x}$
Rok 1995 – Year 1995															
Kontrola Control	1,47	3,61	2,54ab	0,61	1,58	1,09a	0,91	1,28	1,09a	0,97	1,26	1,11b	0,67	1,23	0,95b
Heksakosanol Hexacosanol	1,45	3,42	2,43a	0,54	1,52	1,03a	0,94	1,26	1,10a	0,98	1,23	1,10b	0,57	1,21	0,89b
Octakosanol Octacosanol	1,45	3,50	2,47a	0,63	1,61	1,12a	0,87	1,44	1,15a	0,97	1,15	1,06b	0,72	1,12	0,92b
Triakontanol Triacatanol	1,54	3,76	2,65b	0,66	1,84	1,25b	1,46	1,86	1,66b	0,73	1,02	0,87a	0,45	0,98	0,71a
$\bar{y}$	1,48a	3,57b	–	0,61a	1,64b	–	1,04a	1,46b	–	0,91a	1,16b	–	0,60a	1,13b	–
Rok 1996 – Year 1996															
Kontrola Control	1,31	3,13	2,22b	0,57	1,42	0,99ab	0,69	1,00	0,84a	1,03	1,30	1,16c	0,79	1,42	1,10c
Heksakosanol Hexacosanol	1,27	2,76	2,01a	0,48	1,30	0,89a	0,72	1,04	0,88a	1,06	1,17	1,11bc	0,65	1,25	0,95b
Octakosanol Octacosanol	1,31	2,78	2,04a	0,61	1,39	1,00b	0,77	1,22	0,99a	0,95	1,07	1,01b	0,80	1,12	0,96b
Triakontanol Triacatanol	1,46	3,06	2,26b	0,52	1,62	1,07b	1,18	1,64	1,41b	0,83	0,94	0,88a	0,43	0,98	0,70a
$\bar{y}$	1,34a	2,93b	–	0,54a	1,43b	–	0,84a	1,22b	–	0,97a	1,12b	–	0,67a	1,19	–

Z uzyskanych danych wynika także, iż żaden z użytych alkoholi nie miał wpływu na szybkość formowania się powierzchni asymilacyjnej a produkcję suchej masy pobudzał jedynie triakontanol. O zmienionej pod wpływem alkoholi produktywności roślin świadczą wartości wskaźnika ulistnienia (LAR). Obniżał się on najsilniej po zastosowaniu TRIA a w przypadkach użycia HEXA i OCTA malał tylko u roślin odmiany „Sopel lodu”. Alkohole zmieniały również w istotny sposób dystrybucję asymilatów. Największy wpływ wywierał TRIA, po zastosowaniu którego stosunek masy liści do masy organów spichrzowych ($K_{D/A}$) miał u obu odmian najniższe wartości. Podobny wpływ wykazywał również HEXA, aczkolwiek w stopniu znacznie mniejszym niż TRIA. Z kolei octakosanol modyfikował rozdział produktów fotosyntezy jedynie w roślinach odmiany „Sopel Lodu”. Pod jego wpływem zmniejszał się, w porównaniu do kontroli, stosunek organów nadziemnych do spichrzowych.

Tabela 2 – Table 2

Wpływ długocząłkowych alkoholi alifatycznych na wybrane parametry wymiany gazowej roślin rzodkiewki odmiany „Krakowianka” (a) i „Sopel lodu” (b).

Effect of a long chain aliphatic alcohols on chosen gas exchange parameters of radish plants cv. „Krakowianka” (a) and „Sopel lodu” (b).

Kombinacja Combination	C_i [$\mu\text{mol (CO}_2\text{)}\cdot\text{mol}^{-1}$]			P_n [$\mu\text{mol (CO}_2\text{)}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]			g_s [$\text{mol (H}_2\text{O)}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]			T_r [$\text{mmol (H}_2\text{O)}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]		
	a	b	$\bar{\chi}$	a	b	$\bar{\chi}$	a	b	$\bar{\chi}$	a	b	$\bar{\chi}$
Kontrola Control	241.6	204.6	223.1a	18.59	15.16	16.87ab	0.72	0.31	0.51a	7.46	4.61	6.03a
Heksakosanol Hexacosanol	256.5	221.4	239.0a	18.30	14.82	16.56a	0.60	0.43	0.51a	7.63	4.45	6.04a
Octakosanol Octacosanol	258.0	209.9	234.0a	18.81	15.50	17.16b	0.66	0.32	0.49a	7.52	4.74	6.13a
Triakontanol Triacotanol	219.7	256.9	238.3a	20.22	16.53	18.37c	0.70	0.40	0.55a	7.20	4.42	5.81a
$\bar{y}$	244.0a	223.2b	–	18.98a	15.50b	–	0.67a	0.36b	–	7.45a	4.56b	–

Wartości parametrów wymiany gazowej w większym stopniu zależały od odmiany rośliny niż użytego w doświadczeniu alkoholu /tab. 2/. Z czterech rejestrowanych parametrów jedynie intensywność wiązania CO_2 , która była dużo większa u roślin odmiany „Krakowianka” niż „Sopel lodu”, ulegała zmianom i to tylko pod wpływem TRIA. Pozostałe dwa alkohole nie miały wpływu na aktywność fotosyntetyczną roślin. Różnice w intensywności mierzonego procesu nie związane były z szybkością dyfuzji CO_2 do liści gdyż nie stwierdzono różnic w podszparkowym stężeniu tego gazu. Stopień otwarcia aparatów szparkowych również nie ulegał zmianom pod wpływem alkoholi; występowały jedynie różnice odmianowe. Przewodność szparkowa dla pary wodnej, a w efekcie i szybkość transpiracji, były zdecydowanie większe u roślin odmiany „Krakowianka” niż „Sopel lodu”.

DYSKUSJA

Plon biomasy roślin, tworzony w wyniku fotosyntezy netto, jest funkcją trzech parametrów: wielkości powierzchni asymilacyjnej, wydajności fotosyntetycznej z jednostki powierzchni i czasu trwania fotosyntezy (Zelitch, 1977). W naszych badaniach zróżnicowana produkcja biomasy przez rośliny obu badanych odmian spowodowana było zarówno różnicami w wielkości powierzchni asymilacyjnych /tab. 1/, jak i intensywności fotosyntezy /tab. 2/. Bezwzględna wielkość liści oraz ich wielkość względna /LAR/ były zdecydowanie większe u roślin odmiany „Sopel lodu” niż „Krakowianka”. Mimo więc większej szybkości fotosyntezy, którą charakteryzowały się rośliny odmiany „Krakowianka” ich końcowy plon biomasy był mniejszy niż roślin drugiej odmiany.

Z czterech użytych alkoholi jedynie TRIA zwiększał plony biomasy roślin gdyż pod jego wpływem rosła intensywność fotosyntezy netto liści. Prace świadczące o pobu-

działającym wpływie TRIA na gromadzenie masy przez większość podstawowych gatunków roślin rolniczych i warzyw cytuję w swej książce Jankiewicz (1997). Znane są również doniesienia o stymulacji za pomocą egzogenego TRIA fotosyntezy jęczmienia (Popova i in., 1989) oraz maku (Srivastava i Sharma, 1990). Alkohol ten w roślinach powoduje wytworzenie w tkankach wtórnego regulatora (Ries i in., 1990), jakim jest 9- β -L(+)-adenozyna. W bardzo krótkim czasie po podaniu trikontanolu na liście pojawia się on w organach podziemnych. Oba związki mają podobne działanie, a ponieważ TRIA ma zdolność do pobudzania podziałów komórkowych (Hangartner i in., 1978) to tym samym zwiększa zapotrzebowanie organów spichrzowych na asymilaty. Stymulacja fotosyntezy mogła być również wywołana przyspieszonym odpływem asymilatów z liści gdyż TRIA zwiększa aktywność α i β -amylazy (Thind, 1991). Szybki odpływ asymilatów z donorów do miejsca ich gromadzenia, zapobiegający wysyceniu liści produktami fotosyntezy, może być, jak twierdzi Starck i Ubysz (1976), czynnikiem wpływającym na wzrost aktywności fotosyntetycznej liści.

Pozostałe dwa alkohole użyte w doświadczeniu nie miały wpływu na wzrost roślin i ich wymianę gazową, a jedynie na dystrybucję masy. Ich zastosowanie modyfikowało proporcję między masą donorów i akceptorów asymilatów, na korzyść tych drugich /tab. 1/.

LITERATURA

- Blamowski Z.K., 1993. Wpływ trikontanolu na wzrost roślin macecznych i ukorzenianie się sadzonek chryzantem. Ann. UMCS, sec. EEE, I, 6: 43–49.
- Blamowski Z.K., Borowski E., 1995. Wpływ długłańcuchowych alkoholi alifatycznych na kiełkowanie nasion oraz wzrost siewek *Allium cepa* L. i *Zinnia elegans* Jacq. Mat. Ogólnopol. Konfer. Naukowej „Nauka Praktyce Ogrodniczej”, AR Lublin, 721–724
- Borowski E., 1992. Wpływ trikontanolu (TRIA) na wzrost, kwitnienie i owocowanie pomidorów. Ann. UMCS sec. E, XLVII, 27: 241–249.
- Charlton J.L., Hunter N.R., Fritz N.A., Addison B.M., Woodbury W., 1980. The effect of triacontanol and triadeivatives on germination and seedling growth of Leeds durum wheat. Can. J. Plant Sci. 60: 795–797.
- Erikson A.B., Hangstad M.K., Nilsen S., 1982. Yield of tomato and maize in response to foliar and root application of triacontanol. Plant Growth Regulation 1: 11–14.
- Hangartner R., Ries S., K., Carlson P., 1978. Effect of triacontanol on plant cell cultures in vitro. Plant Physiol. 61: 855–857.
- Jankiewicz L.S., /red./ 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Właściwości i działanie. PWN Warszawa, 177–179.
- Mamat A.S.B., Fontenot J.F., Newsom D.W., 1983. The effects of triacontanol on the growth and development of tabasco pepper. Hort. Sci. 18: 247–249.
- Popova L.P., Zheleva D.J., Vaklinova S.G., 1989. Effect of triacontanol on growth, photosynthesis and photorespiration in barley seedlings. Dokl. Bolg. AN, 42: 95–98.
- Ries S., Wert V.F., Sweeley C.C., Leavitt R.A., 1977. Triacontanol: a new naturally occurring plant growth regulator. Science 195: 1339–1341.
- Ries S.K., Wert V.F., O’Leary D., Nair M., 1990. 9- β -L(+)-adenosine: a new naturally occurring plant growth substance elicited by triacontanol in rice. Plant Growth Regulation 9: 263–273.
- Starck Z., Ubysz L., 1976. Source-sink relationships in radish plant. Acta Soc. Bot. Pol. 45: 447–493.
- Thakur S., Thakur A., 1993. Influence of triacontanol and mixtalol during plant moisture stress in *Lycopersicon esculentum* cultivars. Plant Physiol. Biochem. 31: 433–439.
- Thind S.K., 1991. Effects of a long chain aliphatic alcohol mixture on growth and solute accumulation in water stressed wheat seedlings under laboratory conditions. Plant Growth Regulation 10: 223–234.
- Zelitch J., 1977. Fotosynteza, fotooddychanie a produktywność roślin. PWRiL Warszawa.

Streszczenie

W doświadczeniach wazonowych badano wpływ długołańcuchowych alkoholi alifatycznych (heksakosanol – HEXA, octakosanol – OCTA i triakontanol – TRIA) zastosowanych w stężeniu $0,001 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na wzrost, dystrybucję asymilatów i wymianę gazową roślin rzodkiewki odmiany „Krakowianka” i „Sopel lodu”. Uzyskane wyniki wykazały, że triakontanol charakteryzował się wyższą aktywnością fizjologiczną niż pozostałe alkohole. TRIA zwiększał istotnie plon masy a także zmieniał wzór dystrybucji asymilatów w roślinach. Pod jego wpływem zmniejszał się bowiem stosunek masy liści do masy organów spichrzowych oraz udział masy liści w całkowitej masie roślin obu odmian. TRIA stymulował również szybkość fotosyntezy netto (P_n) nie wpływając jednak na inne oznaczane parametry wymiany gazowej: podszparkowe stężenie CO_2 (c_i), przewodność szparkową dla pary wodnej (g_s) i intensywność transpiracji (T_r). Pozostałe alkohole (HEXA i OCTA) nie miały wpływu na wzrost roślin i ich wymianę gazową, a jedynie na dystrybucję biomasy.