

Katedra Fizjologii Roślin Wydziału Ogrodniczego AR w Lublinie

Zbyszek K. BLAMOWSKI

Wpływ triakontanolu na wzrost roślin matecznych i ukorzenianie się sadzonek chryzantem

Effect of Triacontanol on Mother-Plant Growth and Rooting
of Chrysanthemum Cuttings

W 1977 r. Ries i wsp. (1977) stwierdzili, iż występujący powszechnie w tkankach roślin triakontanol (alkohol mirycylowy, TRIA), w stężeniach nanomolarnych, wykazuje dużą aktywność w regulacji procesów wzrostu i plonowania zbóż. W następnych latach aktywność TRIA jako substancji wzrostowej została potwierdzona w uprawie fasoli i ogórków (Ries i wsp. 1978), truskawek (Hashim i Lundergan 1985) i pomidorów (Eriksen i wsp. 1982, Borowski 1992). Równocześnie jednak w piśmiennictwie naukowym pojawiły się doniesienia mówiące o braku lub minimalnym wpływie TRIA na produkcję masy i plonowanie między innymi melonów, batatów i kukurydzy (Bosland i wsp. 1979, Regehr 1982).

Dotychczas nie jest znany pierwotny mechanizm oddziaływania triakontanolu na metabolizm komórkowy (Ries 1991). Wiadomo natomiast, iż pod wpływem tego alkoholu wzrasta w roślinach zawartość cukrów redukujących, aminokwasów i białek (Knowles i Ries 1981) a także indukowany jest proces biosyntezy etylenu (Saltveit i Dilley 1979) oraz stymulowana wymiana gazowa (Popova i wsp. 1989, Srivastava i Sharma 1990).

Mimo wielu istniejących niejasności związanych z oddziaływaniem TRIA na rośliny, znalazł on już zastosowanie w rolnictwie i jest wykorzystywany do zwiększania plonów zbóż (Ries 1992). Pomocny jest także w produkcji roślin ozdobnych, do szybszego uzyskiwania wyższych i jakościowo lepszych plonów kwiatów chryzantem (Skogen i wsp. 1982). Dane te, jak również nieznaną wpływ TRIA na proces wegetatywnego rozmnażania roślin, były bodźcem do podjęcia niniejszych badań.

Celem ich było określenie wpływu TRIA, użytego w różnych koncentracjach, na wzrost roślin matecznych złościa ogrodowego odm. Dilana (dośw. I) oraz zbadanie bezpośredniego i następczego wpływu tego związku na dynamikę ukorzeniania się i wielkość systemu korzeniowego sadzonek tej samej odmiany (dośw. II).

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Doświadczenie I

Wpływ triakontanolu na wzrost roślin matecznych

Czterotygodniowe, ukorzenione sadzonki złocienia ogrodowego (*Chrysanthemum x hortorum* Bayley) odmiany Dilana wysadzano po 3 doniczek o średnicy 14 cm, zawierających mieszaninę torfu wysokiego i piasku w stosunku wagowym 1:1. Przed sadzeniem roślin oraz w 3 tygodnie później do każdej doniczki wprowadzono składniki mineralne w ilości podwójnej koncentracji pożywki Hoaglanda, podzielonej na 2 równe części.

Rośliny rosły w kontrolowanych warunkach otoczenia: długość dnia – 16 godzin, temperatura powietrza w dzień $23 \pm 1^\circ\text{C}$ i $17 \pm 1^\circ\text{C}$ nocą, wilgotność bezwzględna powietrza 60 %, wilgotność podłoża 60 % p.p.w. Źródłem światła były lampy jarzeniowe typu White, dzięki którym natężenie napromienienia na poziomie wierzchołków roślin wynosiło $35 \text{ W} \times \text{m}^{-2}$.

Do badań użyto triakontanolu produkcji Sigma Chemical Co (USA) o masie cząsteczkowej 438.8 i czystości 99 %. Roztwory TRIA sporządzono wg metody podanej przez Mamata i wsp. (1993) z uwzględnieniem zmian zawartych w pracy Borowskiego (1992). W doświadczeniu zastosowano następujące kombinacje w 6 powtórzeniach: 1. kontrolna (woda destylowana); 2. TRIA – 0.01 mg. L^{-1} ; 3. TRIA – 0.1 mg. L^{-1} ; 4. TRIA – 1.0 mg. L^{-1} . Piątego dnia od posadzenia roślin usunięto im wierzchołki wzrostu oraz wykonano opryski stosując na jedną doniczkę (3 rośliny) po 5 cm^3 wody dest. (kontrola) lub roztworu triakontanolu. Opryski powtórzono po 3 dniach, gdy zauważono początek wybijania pędów bocznych. Doświadczenie zakończono po 8 tygodniach vegetacji roślin i określono: liczbę pędów bocznych I i II rzędu, liczbę i powierzchnię liści, sumaryczną długość pędów bocznych I rzędu oraz suchą masę organów nadziemnych. Wyniki będące średnimi z 18 pomiarów poddano analizie wariancji a istotność różnic oceniono w oparciu o test t-Tukey'a (tab. 1)

Doświadczenie II

Bezpośredni [a] i następczy [b] wpływ triakontanolu na ukorzenianie się sadzonek chryzantem

Do badań użyto sadzonki wierzchołkowe o długości 5-7 cm, posiadające 3-4 dobrze rozwinięte liście, cięte z 8 tygodniowych roślin matecznych nie traktowanych triakontanolem [seria a] lub z roślin uzyskanych z poszczególnych kombinacji doświadczenia I [seria b]. Podstawy sadzonek serii a zanurzano na 2 godziny w wodzie destylowanej lub roztworach TRIA przygotowanych analogicznie jak w pierwszym doświadczeniu. Po tym czasie umieszczano je w otworach, wykonanych w płytach styropianowych o grubości 1 cm, położonych na powierzchni wody destylowanej, wypełniającej plastikowe kuwety. Grubość warstwy wody wynosiła 7 cm i przez okres trwania doświadczenia była ciągle napowietrzana. Temperaturę wody i powietrza utrzymywano w granicach $23\text{-}25^\circ\text{C}$, a wilgotność powietrza na poziomie 80-90 % wilgotności bezwzględnej. Sadzonki korzystały z takiego samego źródła światła jak w doświadczeniu I.

Od dnia rozpoczęcia eksperymentu liczone sadzonki, które wytworzyły przynajmniej 1 korzeń o długości 1 mm. Procent sadzonek ukorzeniających się w kolejnych dniach przedstawiono w tab. 2. Doświadczenie zakończono po 21 dniach, kiedy to wszystkie sadzonki ukorzeniły się. Określono wówczas: liczbę korzeni na sadzonce, ich sumaryczną długość oraz suchą masę. Wyniki, podobnie jak z doświadczenia I, opracowano statystycznie i zamieszczono w tab. 3.

WYNIKI

DOŚWIADCZENIE I. W tab.1 przedstawiono liczbowo wpływ triakontanolu na wzrost roślin matecznych chryzantem. Z danych tych wynika, iż triakontanol nie wpływał na liczbę pędów bocznych I rzędu wykształconych przez rośliny. We wszystkich bowiem kombinacjach doświadczenia ich liczba na roślinie była praktycznie jednakowa. Wyraźny natomiast był wpływ TRIA na stopień krzewienia

Tab. 1. Wpływ triakontanolu na wzrost roślin matecznych chryzantem odmiany Dilana
The effect of triacontanol on the growth of mother-plants of chrysanthemum, Dilana variety

Badana cecha The studied feature	Stężenie TRIA [mg.L ⁻¹] TRIA concentration [mg.L ⁻¹]			
	0	0.01	0.1	1.0
Liczba pędów bocznych I rzędu Number of offshoots, I order	3.1	3.2	3.1	3.2
Liczba pędów bocznych II rzędu Number of offshoots, II order	0.7a	3.1b	2.8b	2.5b
Liczba liści Number of leaves	33.1a	43.7b	38.6a	35.8a
Powierzchnia liści [dm ²] Leaf area [dm ²]	5.3a	7.0b	6.2a	5.5a
Sumaryczna długość pędów bocznych I rzędu [cm] Total lenght of offshoots, I order [cm]	31.9b	21.2a	19.7a	20.4a
Sucha masa organów nadziemnych [g] Dry matter of overground organs [g]	3.6a	4.6b	3.9a	3.4a

Liczby zaznaczone tą samą literą w poziomych wierszach nie różnią się istotnie.
The figures marked with the same letters do not differ significantly.

roślin mierzony liczbą pędów bocznych II rzędu. Krzewienie to, w zależności od użytego stężenia regulatora, zwiększało się 3-4 krotnie w porównaniu do roślin kontrolnych.

Triakontanol w stężeniu 0.01 mg. L⁻¹ stymulował także zwiększenie liczby liści i ich sumaryczną powierzchnię. Podobnie, pod wpływem regulatora o tym samym stężeniu, wzrosła również sucha masa organów nadziemnych (tab. 1). U wszystkich roślin opryskiwanych triakontanolem następowało zahamowanie wzrostu elongacyjnego pędów bocznych I rzędu. Średnia ich długość, dla trzech

Tab. 2. Bezpośredni [a] wpływ triakontanolu na tempo ukorzenia się sadzonek chryzantem odmiany Dilana oraz wpływ następczy [b] będący skutkiem opryskiwania TRIA roślin matecznych
The direct [a] influence of triacontanol on the rate of root-formation of chrysanthemum, Dilana variety and the residual effect [b] resulting from spraying mother-plants with TRIA

Stężenie TRIA [mg.L ⁻¹] TRIA concentration [mg. L ⁻¹]		% sadzonek z korzeniami – % of cuttings with roots								
		dni – days								
		3	6	9	12	15	18	19	20	21
0	a ^x	10.0	15.0	35.0	60.0	65.0	85.0	90.0	90.0	100.0
	b ^y	20.0	26.7	26.7	40.0	53.3	80.0	86.7	100.0	
0,01	a ^x	0.0	15.0	20.0	60.0	65.0	80.0	90.0	95.0	100.0
	b ^y	13.3	13.3	20.0	46.7	53.3	73.3	80.0	86.7	100.0
0,1	a ^x	10.0	30.0	80.0	95.0	100.0				
	b ^y	6.7	20.0	46.6	73.3	80.0	86.7	100.0		
1,0	a ^x	30.0	50.0	85.0	90.0	100.0				
	b ^y	20.0	26.7	53.3	73.3	93.3	100.0			

x – wartość średnia dla n = 20; mean value for n = 20

y – wartość średnia dla n = 15; mean value for n = 15

Tab. 3. Bezpośredni [a] i następczy [b] wpływ triakontanolu na inicjację i wzrost korzeni na sadzonkach chryzantem odmiany Dilana

The direct [a] and residual [b] effect of triacontanol on root initiation and growth of chrysanthemum cuttings, Dilana variety

Badana cecha The studied feature		Stężenie TRIA [mg.L ⁻¹]-TRIA concentration [mg.L ⁻¹]			
		0	0.01	0.1	1.0
Liczba korzeni na sadzonce	a ^x	16.7a	20.9ab	25.5b	29.4b
Number of roots on cutting	b ^y	18.5a	19.0a	17.7a	21.0b
Suma długości korzeni [mm]	a ^x	130a	164a	277b	361c
Sum of root lengths [mm]	b ^y	152a	160ab	150ab	179b
Sucha masa korzeni [mg]	a ^x	22.1a	26.2a	48.7b	58.5b
Root dry matter [mg]	b ^y	24.1a	24.8ab	23.6ab	26.7b

x – wartość średnia dla n = 20; mean value for n = 20

y – wartość średnia dla n = 15; mean value for n = 15

użytych w doświadczeniu stężeń regulatora, była o ponad 1/3 mniejsza od długości pędów roślin kombinacji kontrolnej. Niewielkie zróżnicowanie wartości liczbowych badanej cechy, pod wpływem użytych stężeń regulatora, nie pozwalają jednak na uchwycenie zależności pomiędzy wzrostem wydłużeniowym pędów i zastosowanymi koncentracjami TRIA.

DOŚWIADCZENIE II. Dynamika ukorzeniania się sadzonek chryzantem (tab. 2) uzależniona była zarówno od stężenia roztworu triakontanolu, w którym moczone sadzonki (działanie bezpośrednie), jak też użytego do oprysku roślin matecznych (działanie następce). Najszybciej ukorzeniały się sadzonki w przypadku moczenia ich w roztworze TRIA o stężeniu 1.0 i 0.1 mg. L⁻¹. W tych kombinacjach doświadczalnych u 50 % sadzonek stwierdzono obecność korzeni odpowiednio po 6 i 8 dniach, a po 15 zakończył się proces wytwarzania korzeni na pozostałych sadzonkach. Natomiast w kombinacji kontrolnej oraz TRIA – 0.01 mg. L⁻¹ dopiero 11 dnia trwania doświadczenia połowa sadzonek miała korzenie, a pozostałe ukorzeniły się po dalszych 10 dniach. Podobne zależności pomiędzy stężeniem TRIA i tempem ukorzeniania się stwierdzono w działaniu następczym tego związku u sadzonek pobranych z roślin matecznych opryskiwanych triakontanolem. W tym przypadku również najlepsze rezultaty uzyskano po użyciu regulatora w najwyższym stężeniu. Jednocześnie jednak stwierdzono, iż proces ukorzeniania się sadzonek trwał o 3-4 dni dłużej w porównaniu do poddanych bezpośredniemu działaniu triakontanolu (tab. 2).

Po zakończeniu doświadczenia okazało się, iż pod wpływem alkoholu miry-cylowego zwiększała się liczba korzeni na sadzonce, ich sumaryczna długość oraz sucha masa (tab. 3). Parametry te miały tym większą wartość, im wyższej koncentracji regulatora użyto w badaniach. Natomiast następczy wpływ triakontanolu na proces wzrostu korzeni ujawnił się jedynie wówczas, gdy został użyty roztwór w najwyższym stężeniu. Tylko u roślin tego wariantu doświadczenia wszystkie wartości badanych cech były istotnie większe niż w kontroli.

Z kolei porównując efekt bezpośredniego i następczego oddziaływania TRIA widać (tab. 3), iż sadzonki moczone w roztworze tego związku wytwarzały obfitszy system korzeniowy, niż pozyskane z roślin matecznych opryskiwanych triakontanolem. Szczególnie wyraźne różnice, przede wszystkim w długości korzeni i ich masie, wystąpiły po zastosowaniu regulatora w koncentracjach 0.1 i 1.0 mg. L⁻¹.

DYSKUSJA

Przeprowadzone doświadczenia dostarczyły danych liczbowych potwierdzających możliwość regulacji procesów fizjologicznych roślin przez triakontanol. Pod wpływem tego związku chryzantemy lepiej krzewiły się, posiadały więcej i większe liście oraz szybciej gromadziły suchą masę w organach nadziemnych (tab. 1). Stwierdzony sposób oddziaływania TRIA na rośliny złocienia był podobny jak w przypadku użycia tego regulatora w uprawie innych gatunków roślin (Ries i wsp. 1977, Eriksen i wsp. 1981, Josephine i Jonardhanan 1990).

Na podstawie badań Popovej i wsp. (1989), którzy stwierdzili wzrost intensywności fotosyntezy w roślinach jęczmienia traktowanych triacantanolem, można przypuszczać, iż podobnie zareagowały chryzantemy. Zwiększona fotosynteza liści, w połączeniu ze stwierdzonym wzrostem powierzchni asymilacyjnej (tab. 1), w konsekwencji mogła spowodować większą produkcję masy.

Oprócz wymienionych wyżej efektów dodatnich triakontanol wykazywał także ujemne działanie lub nie wpływał na niektóre z badanych parametrów wzrostu. I tak wzrost elongacyjny pędów bocznych, pod wpływem tego związku, ulegał wyraźnemu zahamowaniu, natomiast liczba pędów bocznych I rzędu nie zmieniała się (tab. 1). Potwierdzają te wyniki również inni badacze (Bosland i wsp. 1979, Eriksen i wsp. 1982), którzy informowali wcześniej o braku wpływu TRIA na wzrost elongacyjny melonów i kukurydzy. Należy jednak zaznaczyć, że u ryżu, kukurydzy i storczyków (Ries i Wert 1977, Knowles i Ries 1981, Stoutemyer 1982) uzyskiwano stymulację wydłużania pędów po dostarczeniu roślinom tego regulatora. Wydaje się, iż przyczyną tych rozbieżności może być fakt, iż TRIA jest bardzo aktywny w minimalnych (nanomolarnych) stężeniach a równocześnie efekt jego działania uzależniony jest od koncentracji, w jakiej zostaje podany roślinom (Ries i wsp. 1977, Hashim i Lundergan 1985). W naszych badaniach ta zależność była wyraźna w odniesieniu do większości oznaczanych parametrów wzrostu, przy czym największy dodatni wpływ wywierał regulator w najniższym stężeniu (tab. 1). Inną przyczyną rozbieżności wyników może być to, że długołańcuchowe alkohole towarzyszące, nawet w śladowych ilościach, alkoholowi mirycylowemu mogą inaktywować ten związek (Jones i wsp. 1979).

Poszerzenie wiadomości o roli fizjologicznej, jaką może odgrywać w roślinach triakontanol, uzyskano na podstawie wyników z dośw. II. Okazało się (tab. 2), iż TRIA wprowadzony bezpośrednio do sadzonek złocienia, szczególnie w koncentracji 1.0 i 0.1 mg. L⁻¹, przyspieszał inicjację korzeni, natomiast niezależnie od stężenia zwiększał ich liczbę, długość i suchą masę (tab. 3). Najwyższą aktywność w procesach tworzenia zawiązków korzeni i ich wzrostu wykazywał regulator w najwyższym z użytych stężeń (1.0 mg. L⁻¹). Niższe koncentracje były znacznie mniej efektywne.

Okazało się także, iż zastosowanie TRIA na rośliny mateczne może przynieść pozytywny efekt następczy w postaci szybszego korzenienia się pobranych z nich sadzonek (tab. 3). Jednak w tym przypadku triakontanol wykazywał stymulujący wpływ jedynie w stężeniu 1.0 mg. L⁻¹. Prawdopodobnie przyspieszone ukorzenianie się sadzonek chryzantem, wywołane działaniem tego związku, mogło wynikać z jego zdolności do pobudzania podziałów komórkowych (Hangarter i wsp. 1978). O możliwości oddziaływania tej substancji na procesy korzeniotwórcze

sygnalizowali także Josephine i Jonardhanan (1990). Nie ma jednak w piśmiennictwie informacji na temat przenoszenia się efektów działania TRIA z roślin matecznych na ich klony.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Triakontanol wpływał regulująco na procesy wzrostowe złoćenia ogrodowego. Pod wpływem tego związku wzrastała sucha masa roślin, zwiększało się ich rozkrzewienie i ulistnienie, a równocześnie hamowany był wzrost wydłużeniowy pędów bocznych.

2. W obecności TRIA przyspieszona była inicjacja ukorzeniania się sadzonek chryzantem oraz wzrastała liczba, długość i masa wytworzonych korzeni. Efekty te uwidaczniały się zarówno na sadzonkach moczonych w roztworach triakontanolu, jak i na pobranych z roślin matecznych opryskiwanych tym regulatorem.

3. Wpływ triakontanolu na wzrost pędów i korzeni zależał od koncentracji regulatora i organu rośliny. Najbardziej efektywnie na wzrost części nadziemnych działał TRIA w stężeniu 0.01 mg. L^{-1} , natomiast ukorzenianie się sadzonek przebiegało najkorzystniej przy stężeniu 1.0 mg. L^{-1} .

PIŚMIENICTWO

- Borowski E., 1992. Wpływ triakontanolu (TRIA) na wzrost, kwitnienie i owocowanie pomidorów. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. E, vol.
- Bosland J. M., Hughes D. L., Yamoguchi M., 1979. Effects of glyphosine and triacontanol on growth, yield and soluble solids content of 'PMR-45' muskmelons. Hort Science 14: 729-730
- Eriksen A. B., Sellden G., Skogen D., Nilsen S., 1981. Comparative analysis of the effect of triacontanol on photosynthesis, photorespiration and growth of tomato (C_3 -plant) and maize (C_4 -plant). Planta 152:44-49.
- Eriksen A. B., Haugstad M. K., Nilsen S., 1982. Yield of tomato and maize in response to foliar and root applications of triacontanol. Plant Growth Regulation 1:11-14.
- Hangarter R., Ries S. K., Carlson P., 1978. Effect of triacontanol on plant cell cultures in vitro. Plant Physiol. 61:855-857.
- Hashim O., Lundergan C. A., 1985. Effect of triacontanol on yield and fruit composition of spring - harvested "Tangi" and "Dover" strawberries. Hort-Science 20:73-74.
- Jones J., Wert V. E., Ries S. K., 1979. Specificity of 1-triacontanol as a plant growth stimulator and inhibition of its effect by other longchain compounds. Planta 144: 277-292.
- Josephine R. M., Jonardhanan K., 1990. Effect of vipul (triacontanol) on seed germination and seedling growth in green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) and black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). Geobios. (India) 17: 53-54.
- Knowles N. R., Ries S. K., 1981. Rapid growth and apparent total nitrogen increases in rice and corn plants following applications of triacontanol. Plant Physiol. 68: 1279-1284.
- Mamat A. S. B., Fontenot J. F., Newsom D. W., 1983. The effects of triacontanol on the growth and development of tabasco pepper. HortScience 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.
- Regehr D. L., 1982. Dinoseb and triacontanol as growth regulators in irrigated and nonirrigated field corn. Agronomy J. 74: 111-115.

- Ries S., 1991. Triacatanol and its second messenger 9- β -L(+)-adenosine as plant growth substances. *Plant Physiol.* 95: 986-989.
- Ries S., 1992. Triacatanol and its second messenger 9- β -L(+)-adenosine. [W:] C. M. Karssen, L. C. van Loon and D. Vreugdenhil (eds.). *Progress in Plant Growth Regulation*, 326-331. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Ries S. K., Wert V. F., 1977. Growth response of rice seedlings to triacatanol in light and dark. *Planta* 135: 77-82.
- Ries S. K., Wert V. F., Sweeley C. C., Leavitt R. A., 1977. Triacatanol: a new naturally occurring plant growth regulator. *Science* 195: 1339-1341.
- Ries S. K., Richman T. L., Wert V. F., 1978. Growth and yield of crops treated with triacatanol. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 103: 361-364.
- Saltveit M. E. Jr., Dilley D. R., 1979. Studies of rapidly induced wound ethylene synthesis by excised section of etiolated *Pisum sativum* L. cv "Alaska". *Plant Physiol.* 64: 417-420.
- Skogen D., Eriksen A. B., Nilsen S., 1982. Effect of triacatanol on production and quality of flowers of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Scientia Hort.* 18: 87-92.
- Srivastava N. K., Sharma S., 1990. Effect of triacatanol on photosynthesis, alkaloid content and growth in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Plant Growth Regul.* 9: 65-71.
- Stoutemyer V., 1982. Triacatanol and orchid culture. *The Orchid Advocate* 8: 44-46.

SUMMARY

The studies carried out in controlled conditions were meant to examine 1) the growth of mother-plants of *Chrysanthemum*, Dilana variety sprayed with triacatanol in the concentrations of 0.01, 0.1 and 1.0 mg. L⁻¹ as well as 2) direct and consecutive effects of this compound on the rooting of the cuttings of the above mentioned variety.

It was found out that triacatanol, especially in the concentration of 0.01 mg. L⁻¹, had a stimulating effect on the number of offshoots II order, the number of leaves and their area as well as on the dry mass production. In addition to that, it had an inhibiting influence on the elongation growth of a given plant. It was also shown that TRIA introduced directly to the cuttings, by means of soaking their basal parts in the regulator solutions, accelerated, especially in the concentration of 1.0 mg. L⁻¹, root initiation, increased their number of roots, their length and dry mass.

The application of TRIA to the mother-plants had a positive consecutive effects in the form of faster root formation of the cuttings from those plants concentration of 1.0 mg. L⁻¹.