Wpływ boru na przewodzenie soli sodowej kwasu 2,4-D w roślinie

The effect of boron on the translocation of the sodium salt of 2,4-D in the plant

MARIAN MICHNIEWICZ I KRYSZYNA KUROWSKA

WSTĘP

Bor ma duży wpływ na procesy fizjologiczne zachodzące w roślinie. Istnieją dane świadczące, że pierwiastek ten spełnia doniosłą rolę przy przewodzeniu węglowodanów. Wskazują na to prace Szkolnika i współautorów 1957, Jakowlew 1952 oraz szereg prac cytowanych przez Maksimowa 1954 i Szkolnika 1955.

Nowe światło na to zagadnienie rzuciły prace Gaucha i Duggera 1953, w których przewodzenie cukru badano metodą znakowanych atomów. Autorzy ci stwierdzili, że bor przyspiesza transport cukru lub produktów jego hydrolitycznego rozpadu i wysunęli hipotezę, w myśl której bor reagując z cukrem doprowadza do wymiany grupy OH w cząsteczce cukru na jon boru, co z kolei prowadzi do powstania formy kompleksowej bor-cukier. Zjonizowany związek ulega szybszemu przemieszczaniu się niż cząsteczka nie zjonizowana.

Wyniki doświadczeń tych autorów potwierdzone zostały precyzyjnymi badaniami Sislera, Duggera i Gaucha w roku 1956.

Istnieją także dane wskazujące, że przewodzenie preparatu 2,4-D w roślinie jest ściśle uzależnione od materii organicznej produkowanej w procesie asymilacji. Wskazują na to dane Mitchella i Browna 1946 i 1950 (Weintraub a. Brown 1950), którzy wykazali, że transport 2,4-D odbywać się może tylko na świetle, w obecności CO_2 , a więc przy spełnieniu warunków niezbędnych do produkcji cukru w procesie fotosyntezy.

Także wyniki badań Rice 1948 potwierdzone przez Weintrauba i Browna 1950 wskazują, że szybkość przewodzenia 2,4-D w roślinie jest proporcjonalna do natężenia światła.

Bezpośrednie dowody świadczące, że preparat 2,4-D jest przewodzony wraz z transportem węglowodanów dali Blauch 1954 oraz Javorski, Fang i Treed 1955, którzy w badaniach swych zastosowali metodę znakowanych atomów.

Należy więc przypuszczać, że bor, który przyspiesza transport cukru w roślinie, wpłynąć powinien także dodatnio na szybkość przewodzenia preparatu 2,4-D przemieszczającego się wraz z prądem asymilatów.

Istotnie, do tego wniosku prowadzą wyniki prac Mitchella i Lindera 1950 oraz Mitchella, Duggera i Gaucha 1953, którzy wprowadzając na liście fasoli sól amonową kwasu 2,4-D, a także i inne regulatory wzrostu roślin, stwierdzili szybsze ich przewodzenie, o ile jednocześnie wprowadzono kwas borny i cukier — zwłaszcza glukozę.

Sól sodowa kwasu 2,4-D ma duże znaczenie praktyczne. Wprowadzona w niskich stężeniach, może w pewnych warunkach wpływać dodatnio na plonowanie (np. Michniewicz i Kentzer 1958, Michniewicz, Michalski i Sadecka 1958 i in.), stosowana zaś w koncentracjach wyższych działa jako herbicyd, używany do tępienia chwastów dwuliściennych w kulturach roślin jednoliściennych.

Niewątpliwie działanie tego herbicydu będzie tym skuteczniejsze, im szybsze będzie jego przewodzenie w roślinie.

Przebadanie w oparciu o prace Mitchella i współautorów wpływu boru na przewodzenie soli sodowej kwasu 2,4-D w roślinie było celem niniejszej pracy.

METODA

Materiałem doświadczalnym były czterotygodniowe pomidory odmiany „Immun Pudliskowski” uprawiane pojedynczo, w wazonach na glebie inspektowej. Rośliny poddano częściowej etiolacji tak, aby osiągnęły odpowiednią wysokość i silnie reagowały na substancję wzrostową. Do doświadczeń użyto tylko pomidory bardzo wyrównane pod względem morfologicznym. Badania prowadzono w szklarni w temperaturze 19 — 20°C, w powtórzeniu 10-krotnym.

Roztwór wodny zawierający sól sodową kwasu 2,4-D, bor w formie kwasu bornego i 10-procentową glukozę wprowadzano przy pomocy dwóch metod.

Pierwsza metoda polegała na wprowadzeniu substancji do łodygi przez niegłęboką ranę, taką która by nie uszkodziła naczyń. Na całej wysokości rośliny usuwano wszystkie liście, pozostawiając tylko dwa liście wierzchołkowe. Powierzchnia transpiracyjna pozostawionych liści wszystkich roślin była jednakowa. Zranienie wykonywano na wysokości 35 mm poniżej liścia wierzchołkowego, na przetrzeni 5 mm². Na ranę przykładano równej wielkości tamponiki z waty, nasyczone 0,1 ml roztworu. Powierzchnię wokół rany smarowano lanoliną, aby ograniczyć wnikanie roztworu tylko do powierzchni zranionej. Watkę utrzymywano w stałej wilgotności, zwilżając w miarę wysychania odpowiednią ilością wody destylowanej.

Druga metoda różniła się tym, że roztwór wprowadzano poprzez ucięte ogonki liściowe. Podobnie jak to opisano wyżej, na roślinie pozostawiano dwa liście. Błaskę jednego liścia usuwano, a na ranę powstałą na ogonku liściowym przykładano tamponik z waty nasyczonej 0,1 ml roztworu. Dalsze zabiegi wykonywano w sposób podany w opisie metody pierwszej.

W wyniku jednostronnego wprowadzenia soli sodowej kwasu 2,4-D uzyskiwano po kilku godzinach skrzywienie łodygi, powstałe na skutek hamującego działania preparatu na wzrost komórek.

Jako miernik szybkości transportu preparatu z miejsca zranienia do młodych, rosnących komórek, reagujących na substancję hamowaniem wzrostu, przyjęto wielkość kąta wygięcia łodygi po określonym czasie.

Stężenie soli sodowej kwasu 2,4-D i czas, po którym przeprowadzono pomiary, ustalono w specjalnym doświadczeniu wstępnym. Stwierdzono, że w warunkach doświadczenia wyraźne efekty uzyskuje się już po 5—6 godzinach wprowadzając preparat w stężeniu 0,01⁰/₀.

W doświadczeniach zastosowano 8 wariantów. Wprowadzano sól sodową kwasu 2,4-D, preparat 2,4-D i kwas borny w stężeniu 0,4, 0,8 i 1,6⁰/₀, preparat i glukozę, wreszcie preparat, glukozę i kwas borny w trzech stężeniach. Wartość pH roztworów zużytych we wszystkich wariantach była jednakowa i wynosiła 5,7.

Wyniki doświadczeń poddano analizie statystycznej obliczając najmniejszą różnicę udowodnioną przy poziomie ufności $P=0,001$ i liczbie stopni swobody równej 72.

WYNIKI I WNIOSKI

Efektem działania soli sodowej kwasu 2,4-D było skręcanie liści i skrzywienie łodygi. W przypadku wprowadzenia preparatu przez łodygę reakcja następowała już po 3 godzinach, natomiast wprowadzanie substancji przez ogonki liściowe wywoływało reakcję po 4—5 godzinach. Różnice te spowodowane były niejednakową długością drogi, jaką musiała przebyć substancja, aby dotrzeć z miejsca jej wprowadzenia do komórek reagujących.

Stosując metodę wprowadzania roztworu przez łodygę, pomiary wykonywano po 5 godzinach, natomiast w przypadku zastosowania metody drugiej, po 6 godzinach od momentu zadziałania. Wyniki doświadczeń są zestawione w tabeli 1.

Wyniki doświadczeń prowadzonych za pomocą obu metod są zupełnie zgodne. Wskazują one, że bor nie wpłynął w sposób istotny na przyśpieszenie transportu preparatu 2,4-D, natomiast wprowadzony razem z glukozą znacznie przyśpieszył przewodzenie tej substancji w roślinie.

Na uwagę zasługuje fakt, że w wariacie, w którym stosowano preparat 2,4-D z glukozą, bez boru, nastąpiło bardzo wyraźne osłabienie reakcji. O ile przyjąć poziom ufności $P=0,05$, to przy zastosowaniu metody wprowadzania substancji do łodygi notowane w tym wypadku różnice okazały się nawet istotne (najmniejsza różnica udowodniona = 9,6151).

Należy podkreślić, że różnice w stosunku do kontroli, jakie uzyskano w efekcie wprowadzania boru z glukozą, są bardzo znaczne i istotne nawet przy dopuszczalnym błędzie wynoszącym zaledwie 0,1⁰/₀.

Wyniki pracy niniejszej w zupełności potwierdzają dane uzyskane przez Mitchella i współpracowników 1953. Wskazują one, że bor wpływa bezpośrednio na przewodzenie cukrów, a wpływ tego pierwiastka na transport preparatu

TABELA 1

Wpływ boru i cukru na wielkość kąta wychylenia łodygi pomidora wywołanego wprowadzeniem soli sodowej kwasu 2,4-D

Metoda	Średni kąt wygięcia łodygi	W a r i a n t y								Najmniejsza różnica udo- wodniona przy P=0,001
		2,4-D	2,4-D + B 0,4%	2,4-D + B 0,8%	2,4-D + B 1,6%	2,4-D + C	2,4-D + C + B 0,4%	2,4-D + C + B 0,8%	2,4-D + C + B 1,6%	
wprowadzania substancji przez łodyg*	w stopniach	40,0	40,5	41,2	41,4	29,1	80,3	92,3	79,4	16,898
	w % przyjmując wartość wariantu 2,4-D za 100 %	100,0	101,2	103,0	103,5	72,7	200,7	230,7	198,5	—
	w % przyjmując wartość wariantu 2,4-D + C za 100 %	—	—	—	—	100,0	275,9	317,2	272,8	—
	w stopniach	36,0	40,8	41,4	36,5	27,7	76,3	76,4	70,5	17,657
	w % przyjmując wartość wariantu 2,4-D za 100 %	100,0	113,3	115,0	101,3	76,9	211,9	212,2	195,8	—
	w % przyjmując wartość wariantu 2,4-D + C za 100 %	—	—	—	—	100,0	275,4	275,8	254,5	—
wprowadzania substancji przez ogonki liściowe**										

B — kwas borny; C — glukoza;

Różnice istotne wytłuszczono

* Pomiar przeprowadzono po 5 godzinach od momentu wprowadzenia substancji

** " " " 6 " " " " " "

2,4-D jest pośredni. Potwierdzają więc tym samym dane Gaucha i Duggera 1953 o roli boru w przewodzeniu materii organicznej.

Należy przypuszczać, że przyspieszenie transportu regulatorów wzrostu w roślinie wzmogłoby znacznie efektywność ich oddziaływania jako herbicydów. Jednak ze względów ekonomicznych nie wydaje się prawdopodobne, aby stosowanie tych preparatów z borem i cukrem mogło znaleźć zastosowanie praktyczne. Należałoby jednak wziąć pod uwagę możliwość zastąpienia cukru innym przyswajalnym i tanim związkiem organicznym i przebadać to zagadnienie w specjalnym doświadczeniu.

STRESZCZENIE

Zbadano wpływ boru na przewodzenie soli sodowej kwasu 2,4-D u siewek pomidorów odmiany „Immun Pudliskowski”.

Rośliny poddano działaniu soli sodowej kwasu 2,4-D o stężeniu 0,01⁰/₀, stosowano także preparat łącznie z 10-procentową glukozą, z borem w formie kwasu bornego o stężeniu 0,4, 0,8 i 1,6⁰/₀, wreszcie z borem i glukozą.

Substancje te wprowadzano w postaci wodnego roztworu przez ranę na łodydze lub przez ogonki liściowe. Miernikiem szybkości przewodzenia preparatu była wielkość kąta zakrzywienia łodygi po określonym czasie.

Wyniki doświadczeń prowadzonych z pomocą obu metod są zgodne. Wykazały one, że bor nie wpłynął w sposób istotny na przyspieszenie transportu preparatu 2,4-D, natomiast wprowadzony z glukozą znacznie przyspieszył przewodzenie tej substancji w roślinie.

Można wnioskować, że bor wpływa bezpośrednio na przewodzenie cukrów, a wpływ tego pierwiastka na transport preparatu 2,4-D jest pośredni.

Wyniki tej pracy zgodne są z danymi uzyskanymi przez Mitchella i współpracowników 1953 i potwierdzają wywody Gaucha i Duggera 1953 o roli boru w transporcie związków organicznych.

Zakład Fizjologii Roślin UMK w Toruniu

Dział Fizjologii Roślin

Ośrodek Biologii Stosowanej UMK w Koniczynie

(Wpłynęło dn. 15.4.1957 r.)

SUMMARY

The effect of boron on the translocation of the sodium salt of 2,4-D through seedlings of the tomato var. „Immun Pudliskowski” was investigated.

The plants were treated with the sodium salt of 2,4-D of 0,01⁰/₀ concentration alone, or in combination with 10⁰/₀ glucose, boron in the form of boric acid (0,4⁰/₀, 0,8⁰/₀, 1,6⁰/₀) and finally boron + glucose.

Solutions of these substances were introduced into the plant either through cuts in the stem or through the petioles. The degree of curvature of the stem in a given

time, was taken as the measure of the rate translocation of the substance introduced.

Similar results were obtained with both methods. Boron was not found to influence the rate of translocations of the sodium salt of 2,4-D to any significant degree, except when introduced in combination with glucose.

It might be concluded that boron has a direct influence on sugar transport and an indirect effect on 2,4-D translocation.

The present results are in agreement with the data of Mitchell et alii 1953 and confirm the results obtained by Gauch and Dugger 1953 concerning the role of boron in the transport of organic substances.

LITERATURA

1. Blauch R. M., 1954, Tracer studies in castor bean plants with 2,4-D-1-C¹⁴, Huitième Congr. Intern. Bot. Paris 1954, sec. 11/12: 110.
2. Gauch H. G. a. Dugger W. M., 1953, The role of boron in the translocation of sucrose. *Plant Physiol.* 28 (3): 457.
3. Jakowlewa W. W., 1952, O roli bora w węglowodnym obmianie roślin, Mikroelementy w życiu roślin i zwierząt, Izd. Ak. Nauk SSSR, 137.
4. Javorski E. G., Fang S. C. a. Treed V. M., 1955, Studies in plant metabolism. V. Metabolism of radioactive 2,4-D in etiolated bean plants, *Plant Physiol.* 3: 272.
5. Maksimow A., 1954, Mikroelementy i ich znaczenie w życiu organizmów, PWR i L., Warszawa.
6. Michniewicz M. i Kentzer T., 1958, Badania nad wpływem soli sodowej kwasu 2,4-D na plonowanie pomidorów, *Acta Agrob.* 7: 47.
7. Michniewicz M., Michalski L. i Sadecka A., 1958, Wpływ soli sodowej kwasu 2,4-D na plonowanie rzepaku ozimego, *Rocz. Nauk Rol.* 77-A-4: 489.
8. Mitchell J. W. a. Brown J. W., 1946, Movement of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid stimulus and its relation to the translocation of organic food materials in plants, *Bot. Gaz.* 107: 393.
9. Mitchell J. W. a. Linder P. J., 1950, Some methods used in tracing radioactive growth regulation substances in plants, *Bot. Gaz.* 112: 126.
10. Mitchell J. W., Dugger W. M. a. Gauch H. G., 1953, Increased translocation of plant growth — modifying substances due to application of boron, *Science*, 25, 3065: 354.
11. Rice E. L., 1948, Absorption and translocation of ammonium salt 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by bean plants, *Bot. Gaz.* 109: 301.
12. Sisler E. C., Dugger W. M. a. Gauch H. G., 1956, The role of boron in the translocation of organic compounds in plants, *Plant Physiol.* 31: 1: 11.
13. Szkolnik M. J., Makarowa N. A. i Stieklowa M. M., 1947, Wpływanie mikroelementów na węglowodny obmian roślin, *Bot. Żurn. SSSR.* 32 (6): 238.
14. Szkolnik M. J., 1955, O biologicznej roli bora w roślinnych organizmach, *Usp. Sow. biol.* 40 (2/5): 24.
15. Weintraub R. L. a. Brown J. W., 1950, Translocation of exogenous growth-regulators in the bean seedling, *Plant Physiol.* 25: 140.