

Jadwiga SZYNAL, Anna SYKUT

**Akumulacja składników mineralnych w siewkach pszenżyta (*Triticale*)
po aplikacji etefonu (Flordimexu) i jonów wapnia**

Accumulation of Mineral Components in the Seedlings of *Triticale* after Application of Ethephon (Flordimex) and Calcium Ions

Ważną grupę retardantów stanowią związki etylenogenne, do których m.in. należy etefon (kwas 2-chloroetylofosfonowy). Działanie tego preparatu jest związane z jego rozkładem w roślinie do wolnego etylenu, który jako naturalny hormon roślinny steruje różnymi procesami fizjologicznymi. Jednym z efektów wywołanych działaniem etylenu jest redukcja wydłużania i związany z tym wzrost grubości łodyg. Jest to szczególnie ważne w uprawie zbóż, bowiem skrócenie źdźbła podwyższa odporność roślin na wyleganie, co wiąże się z określonymi korzyściami ekonomicznymi.

Duży wpływ na skład chemiczny źdźbła i związaną z tym sztywność i wytrzymałość mechaniczną ma odpowiednie zaopatrzenie roślin w składniki mineralne. Ponadto makro- i mikroelementy stanowią integralną część enzymów bądź też pełnią rolę regulatorów procesów enzymatycznych. Nieodpowiedni poziom tych pierwiastków pociąga za sobą daleko idące zaburzenia w metabolizmie roślin.

Nieliczne badania nad wpływem Flordimexu i innych etylenogennych regulatorów wzrostu na pobieranie i rozmieszczenie składników mineralnych dotyczą roślin uprawianych w warunkach niekontrolowanych (1, 3, 4, 5, 6, 12). W prezentowanej pracy obiektem badań były siewki pszenżyta traktowane Flordimexem, pochodzące z doświadczeń wazonowych prowadzonych w ściśle kontrolowanych warunkach wegetacji, eliminujące w ten sposób uboczne działanie zmiennych czynników klimatycznych i glebowych.

Biorąc pod uwagę teorię o istnieniu wtórnych pośredników w reakcjach komórek roślinnych na fitohormony (8), w niniejszych badaniach podjęto próbę wyjaśnienia roli jonów wapnia w pobieraniu składników mineralnych przez analizowane rośliny. W tym celu w doświadczeniu wazonowym Flordimex aplikowano oddzielnie lub łącznie z chlorkiem wapniowym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły 15- i 21-dniowe siewki pszenżyta ozimego odm. Grado, traktowane różnymi dawkami etefonu oddzielnie lub łącznie z 10^{-2} M roztworem CaCl_2 . W doświadczeniu wazonowym prowadzonym w warunkach kontrolowanych stosowano Flordimex f-my VEB Chemiekombinat Bitterfeld 10^{-2} , zawierający 42% etefonu.

Flordimex aplikowano w formie oprysku po 7 dniach wzrostu roślin, stosując w każdej serii doświadczalnej inne stężenie retardanta. W pierwszej serii stosowano wodny roztwór preparatu w dawce 2-krotnie niższej od polowej (0,1% roztwór), przyjmując dla uprawy żyta 3 dm³ preparatu technicznego na hektar. W następnych seriach zwiększano stopniowo stężenie Flordimexu aż do osiągnięcia dawki 2-krotnie wyższej niż polowa (0,4% roztwór). W ten sposób otrzymano 8 wariantów doświadczenia, z których dwa stanowiły próby kontrolne, w tym jedna z H₂O dest., a druga z CaCl₂. Szczegółowy opis metodyki doświadczeń oraz warunków wegetacji roślin zamieszczono we wcześniejszej publikacji (9).

Materiał do badań zbierano po 8 i 14 dniach od aplikacji Flordimexu, suszono w temp. 60°C i rozdrabniało. Zawartość makro- i mikroelementów (K, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn) analizowano metodą spektrofotometrii absorpcyjnej po uprzednim spoieleniu materiału w piecu mufowym w temp 450°C. Analizę zawartości składników mineralnych wykonano w 3 niezależnych powtórzeniach, a wyniki zamieszczone w tab. 1 są wartością średnią z tych oznaczeń. Dla uzyskanych danych przeprowadzono analizę wariancji metodą ortogonalnej klasyfikacji krzyżowej. Istotność różnic oceniono testem Tukeya.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

W siewkach pszenżyta po aplikacji samego Flordimexu czy też w kombinacji z CaCl₂ wykazano istotne zmiany w zawartości K, Mg, Cu i Fe (tab. 1).

Tab. 1. Wpływ etefonu (Flordimexu) i chlorku wapniowego na zawartość składników mineralnych w siewkach pszenżyta odm. Grado
The effect of ethephon (Flordimex) and calcium chloride on the content of mineral components in the seedlings of *Triticale* var. Grado

Próba	Wariant doświadczenia		K	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	stężenie Flordimexu (%)	stężenie CaCl ₂ (M)	(mg/100 g s.m.)		(mg/kg s.m.)			
			siewki 15-dniowe					
1	0	0	821,36	118,65	3,89	44,86	18,74	21,58
2	0	10 ⁻²	731,82	125,43	3,52	42,56	21,05	16,99
3	0,1	0	890,75	126,47	3,90	40,42	25,04	22,68
4	0,1	10 ⁻²	719,11	140,59	4,03	42,52	22,10	20,18
5	0,2	0	853,93	142,61	5,35	47,66	28,22	18,01
6	0,2	10 ⁻²	819,74	157,78	5,34	48,87	19,86	18,37
7	0,4	0	827,52	117,91	4,09	40,36	20,74	21,17
8	0,4	10 ⁻²	816,12	119,44	3,94	42,67	19,96	18,31
NIR _{0,05}			63,40	18,86	0,60	r.n.	3,44	r.n.
			siewki 21-dniowe					
1	0	0	724,62	126,43	4,32	39,65	17,89	21,18
2	0	10 ⁻²	690,43	133,53	4,11	38,33	20,80	18,28
3	0,1	0	774,82	138,89	4,44	37,81	23,16	21,77
4	0,1	10 ⁻²	657,83	143,36	4,69	41,95	21,12	20,96
5	0,2	0	756,21	144,53	5,30	40,70	24,64	20,22
6	0,2	10 ⁻²	729,32	174,14	5,11	41,15	22,82	21,78
7	0,4	0	767,46	143,35	4,39	38,49	23,03	20,12
8	0,4	10 ⁻²	794,25	147,57	4,23	38,99	20,69	19,74
NIR _{0,05}			75,63	22,97	0,95	r.n.	3,68	r.n.

Zawartość magnezu w siewkach zmieniała się w granicach 118-174 mg/100 g s.m. Większą koncentrację tego pierwiastka zanotowano w roślinach starszych. Największe zmiany w zawartości magnezu wywoływała średnia dawka Flordimexu w obecności chlorku wapniowego (próba 6). Stosowanie tych dwóch czynników łącznie podwyższało koncentrację magnezu, szczególnie wyraźnie w roślinach 15-dniowych. Zawartość miedzi w siewkach 15- i 21- dniowych była podobna, a zmiany poziomu tego pierwiastka pod wpływem Flordimexu, jak też łącznego stosowania retardanta z chlorkiem wapniowym były niewielkie. Istotny wzrost zawartości miedzi wykazano jedynie w siewkach pochodzących z tych wariantów doświadczenia, w których stosowano 0,2% roztwór retardanta samego lub w kombinacji z CaCl_2 (próby 5 i 6). Zmiany te dotyczyły roślin pochodzących z obu zbiorów. Flordimex wywierał także istotny wpływ na nagromadzenie żelaza. W analizowanym materiale poziom tego pierwiastka wzrastał po zastosowaniu wszystkich dawek retardanta bez względu na stan fizjologiczny roślin (próby 3, 5, 7). Po aplikacji etefonu łącznie z chlorkiem wapniowym zawartość żelaza utrzymywała się na ogół na poziomie roślin kontrolnych z CaCl_2 (próby 2). Wpływ etefonu i jonów wapnia na zawartość potasu w roślinach był bardziej zróżnicowany niż w przypadku pozostałych pierwiastków i dotyczył na ogół siewek młodszych. W porównaniu z próbami kontrolnymi 1 aplikacja samego Flordimexu (wariant 3, 5, 7) powodowała wzrost zawartości tego pierwiastka, natomiast stosowanie samego CaCl_2 czy też łącznie z retardantem wywoływało istotny spadek poziomu potasu w tych roślinach. Znaczące obniżenie zawartości potasu wykazano również w siewkach 21-dniowych, ale tylko po aplikacji 0,1% Flordimexu w obecności jonów wapnia (próba 4) oraz w tym wariantcie doświadczenia, w którym stosowano sam CaCl_2 .

W badaniach mających na celu wyjaśnienie mechanizmu działania retardantów autorzy prac wskazują również na modyfikujący wpływ tych związków na pobieranie i kumulację makro- i mikroelementów w roślinach (1 - 6, 12). Wyniki badań tych autorów są na ogół zbliżone do uzyskanych w niniejszej pracy. Pojawiające się niekiedy zróżnicowane efekty, dotyczące głównie makroskładników, można wyjaśnić odmiennymi warunkami wegetacji analizowanych roślin. Wiadomo bowiem, że ilość i jakość pobranych z gleby składników pokarmowych zależy od ich stężenia w glebach oraz od czynników klimatycznych, glebowych i innych.

Wpływ Flordimexu na pobieranie kationów przez analizowane rośliny odbywa się, jak się wydaje, drogą pośrednią, poprzez zmiany stopnia metylacji substancji pektynowych. Według T e p f e r a i T a y l o r a (11) w procesie pobierania i transportu jonów w roślinach główną rolę spełniają ujemnie naładowane grupy funkcyjne związków wchodzących w skład matrix ściany komórkowej. Wśród tych grup ważne miejsce zajmują grupy karboksylowe polisacharydów, w tym również związków pektynowych. Jak podaje Somers (cyt. za 7), intensywność pobierania kationów jest wprost proporcjonalna do ilości wolnych grup karboksylowych w ścianie komórkowej. Zmetylowane grupy karboksylowe nie są zdolne do wiązania kationów i nie mogą uczestniczyć w pobieraniu metali przez rośliny. Wykazane we wcześniejszych naszych badaniach obniżenie zawartości frakcji protopektyn zmetylowanych oraz spadek stopnia metylacji połączeń pektynowych w roślinach pszenżyta po aplikacji Flordimexu (9, 10), jak się wydaje, potwierdza powyższe założenia.

W przeprowadzonych badaniach wykazano ponadto, że pobieranie kationów przez analizowane rośliny stymulowane działaniem Flordimexu było modyfikowane przez jo-

ny wapnia wprowadzone do pożywki. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że jony wapnia wzmagają efekt działania etefonu na pobieranie magnezu i miedzi, nie wpływają na nagromadzanie się żelaza, manganu i cynku, natomiast hamują stymulujące działanie retardanta na pobieranie potasu przez siewki pszenżyta. Wyniki te mogą w pewnej mierze potwierdzić hipotezę o roli wapnia jako wtórnego pośrednika w reakcji komórek roślinnych na fitohormony.

PIŚMIENNICTWO

1. Bubicz M., Majewski K., Makarska E., Perucka I.: The Influence of Chosen Growth Regulators on the Mineral Composition of Spring. IV Intern. Symp. of Plant Regulators. 719, Sofia 1987.
2. Kuriata V. G., Remeniuk G. L., Sogur L. N.: Izmenenie soderżanija azota, fosfora i kalija na pobiogach i plodach černoplodnoj rjabiny pod dejstviem chlorcholinchorida. Fizjol. Bioch. Kult. Rast., 17, 366-372, 1985.
3. Majewski K.: Wpływ wybranych regulatorów wzrostu na skład chemiczny roślin i ziarna jęczmienia jarego. Rozprawa doktorska, AR Lublin 1987.
4. Mikos M.: Zmiany składu chemicznego i właściwości sprężystych źdźbła zbóż pod wpływem różnych dawek Flordimexu T i NPK. Rozprawa habilitacyjna, AR Lublin 1988.
5. Nickell L. G.: Plant Growth Regulators. Agricultural Uses. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, New York 1982.
6. Postnikov A. N., Vasjagina J. V.: Vlijanie fona pitaniija i obrabotki rastenij kartofela chloretifosfononovoj kisłotoj na kasčestvo semennych klubniej. Izd. Timir. Sielskochoz. Akad., 5, 118-124, 1988.
7. Rudakova Z. V., Karakis K. D., Sidoršina T. N.: Rol kletocznych oboloček rastenij v pogłošenii i nakloplenii jonow metallow. Fizjol. Bioch. Kult. Rast., 20, 3-12, 1988.
8. Szwejkowska A.: Mechanizmy działania hormonów roślinnych. Badania i hipotezy. ser. Biol., 32, UAM w Poznaniu, Poznań 1987.
9. Szynal J.: Wpływ łącznego stosowania etefonu (Flordimexu) i chlorku wapniowego na zawartość frakcji substancji pektynowych w siewkach pszenżyta (*Triticale*). Ann Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, Lublin 1991.
10. Szynal J.: Influence of Etephon (Flordimex) on Accumulation of Pectic Substance Fractions in Above-ground Parts of *Triticale*. App. Biol. Comm., 1, 251-254, 1991.
11. Taffer M., Taylor J. E. P.: The Interaction of Bivalent Cations With Pectic Substances and Their Influence and Acid-induced Cell Wall Loosening. Can. J. Bot., 59, 1522-1525, 1981.
12. Zając T.: Wpływ wybranych retardantów i nawożenia azotowego na plon i jakość ziarna żyta ozimego oraz zagęszczenia wsiewki koniczyny czerwonej. Acta Agr. Silvestr., s. Agraria, 26, 179-193, 1987.

SUMMARY

The studies examined the effect of various concentrations of Flordimex (42% etephon), calcium chloride and their simultaneous application on the content of mineral components (K, Mg, Mn, Fe, Zn) in 15- and 21-day-long seedlings of winter var. *triticale* Grado. The plants came from a pot experiment conducted in controlled conditions.