Jolanta Kozłowska-Strawska*

ZMIANY ZAWARTOŚCI CYNKU W ROŚLINACH NAWOŻONYCH RÓŻNYMI FORMAMI SIARKI

THE CHANGES OF ZINC CONTENTS IN PLANTS FERTILIZED BY DIFFERENT FORMS OF SULPHUR

Słowa kluczowe: zawartość cynku w roślinach, nawożenie siarką, formy siarki.
Key words: zinc contents in plants, sulphur fertilization, forms of sulphur.

The aim of investigate was stated a range of different forms of sulphur fertilization on the changes in zinc contents in plants. The research was based on three-year-long pot experiment conducted on soil material received from arable layer of Haplic Luvisoils of silt clay texture. The experiment involved one variable factor like sulphur compounds on eight levels (S_0, UAN with sulphur, $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4, Na_2SO_4, elemental sulphur, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, H_2SO_4). In the 1st year of the research spring wheat and white mustard were tested, in the 2nd year spring rape and spring barley and in 3rd year – spring barley and cocksfoot grass were cultivated. Plants fertilization by analysed sulphur forms clearly influenced on changes in zinc contents in plants. The largest amount of this element was stated in vegetative and generative parts of plants from object where sulphur fertilization was introduced in the form of UAN with sulphur, in case of 1st cut of cocksfoot grass by H_2SO_4, K_2SO_4 and $(NH_4)_2SO_4$ introduction and in 2nd cut by H_2SO_4, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ and Na_2SO_4 application. The clearly greater amount of zinc was also stated in straw and seeds of white mustard, spring rape and in the 1st cut of cocksfoot grass.

1. WPROWADZENIE

Odpowiednia zawartość mikroelementów w plonach roślin uprawnych uznawana jest za podstawowe zagadnienie agrotechniczne, a także jest ważną cechą jakościową w kryteriach konsumpcyjnych i paszowych [Czuba 2000].

* ***Dr Jolanta Kozłowska-Strawska – Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; tel.: 81 445 60 18; e-mail: jolanta.kozlowska@up.lublin.pl***

Jednym ze składników pokarmowych, który jest uznawany za niezbędny do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin jest cynk [Szatanik-Kloc, Bowanko 2007]. Jest on składnikiem wielu enzymów, w których odpowiada za tworzenie wiązań chelatowych pomiędzy enzymem a substratem oraz bierze udział w przemianach węglowodanów, białek oraz fosforanów. Niedobór cynku hamuje również tworzenie tryptofanu, uważanego za materiał wyjściowy do syntezy regulatorów wzrostu [Barczak i in. 2006; Prośba-Białczyk i in. 2000]. Należy jednak pamiętać, że zarówno niedobór, jak i nadmiar tego pierwiastka, może negatywnie oddziaływać na rośliny. Granicę pomiędzy niedoborem a toksycznością metalu jest bardzo łatwo naruszyć. Do zachwiania tej równowagi przyczynia się między innymi chemizacja rolnictwa, uprzemysłowienie oraz zagospodarowanie różnych odpadów na cele rolnicze [Czekała, Jakubus 2000]. Stąd celem prezentowanych w niniejszym opracowaniu badań była próba ustalenia zakresu zmian w zawartości cynku w częściach wegetatywnych i generatywnych roślin testowych, wywołanych nawożeniem różnymi formami siarki.

2. MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano opierając się na wynikach ścisłego, trzyletniego doświadczenia wazonowego, prowadzonego na materiale glebowym pobranym z warstwy ornej gleby płowej, o składzie granulometrycznym pyłu ilastego. Doświadczenie założono metodą kompletnej randomizacji. Czynnikiem zmiennym była wprowadzona do gleby forma siarki. Nawożenie siarką stosowano corocznie, w dawce 0,025 g $S \cdot kg^{-1}$ dla zbóż i kupkówki oraz 0,05 g $S \cdot kg^{-1}$ dla roślin krzyżowych, zgodnie ze schematem: 1–S_0 (bez siarki), 2–RSM (roztwór saletrzano--mocznikowy) z siarką, 3–$(NH_4)_2SO_4$, 4–K_2SO_4, 5–Na_2SO_4, 6–S elementarna, 7–$CaSO_4 \cdot 2H_2O$, 8–H_2SO_4.

W pierwszym roku badań rośliną testową była pszenica jara odmiany Ismena i gorczyca biała odmiany Borowska. W drugim roku uprawiano rzepak jary odmiany Sponsor i jęczmień jary odmiany Rataj, w trzecim roku natomiast – jęczmień jary odmiany Rataj i kupkówkę pospolitą odmiany Bepro.

Do doświadczeń użyto wazonów mieszczących 3 kg gleby.

Przed założeniem doświadczenia glebę wapnowano, stosując 1,071 g 100% $CaO \cdot kg^{-1}$ gleby. We wszystkich obiektach doświadczalnych, w każdym roku trwania eksperymentu, stosowano nawożenie NPK Mg, w ilości zgodnej z wymaganiami pokarmowymi roślin. Dawkę azotu dzielono na dwie części. Połowę tego składnika wprowadzano w trakcie zakładania doświadczenia, drugą połowę podawano po przerwaniu roślin do optymalnej ilości. Fosfor, potas i magnez stosowano w całości przedsiewnie. Każdą roślinę doświadczalną uprawiano w trzech powtórzeniach, a ich zbiór przeprowadzono w fazie pełnej dojrzałości, kupkówki pospolitej zaś zebrano dwa pokosy.

Zawartość cynku w materiale roślinnym (w uśrednionych próbach obiektowych) oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej, przy użyciu aparatu Hitachi Z 8200, po uprzedniej mineralizacji materiału roślinnego w stężonym kwasie siarkowym z dodatkiem H_2O_2.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Zastosowane czynniki doświadczalne oraz gatunek uprawianej rośliny wyraźnie wpłynęły na zmiany zawartości cynku w częściach wegetatywnych i generatywnych roślin testowych (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ różnych form siarki na zawartość cynku w roślinach
Table 1. The influence of different forms of sulphur on zinc contents in plants

Forma wprowadzonej do gleby siarki	Zawartość Zn [mg · kg^{-1}]					
	I rok badań		II rok badań		III rok badań	
	gorczyca biała	pszenica jara	rzepak jary	jęczmień jary	jęczmień jary	kupkówka pospolita
	słoma					I pokos
S_0	24,2	50,4	264,0	72,5	131,0	122,0
RSM z siarką	567,2	52,8	137,0	70,5	83,5	95,5
$(NH_4)_2SO_4$	184,4	26,0	106,0	43,0	75,5	131,5
K_2SO_4	176,4	26,8	72,0	40,5	63,0	142,0
Na_2SO_4	151,2	31,2	83,5	42,0	74,5	123,0
S elementarna	161,6	25,2	127,0	41,0	86,5	125,0
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	142,0	50,4	82,5	39,5	67,5	125,0
H_2SO_4	146,8	27,2	95,0	53,0	72,0	148,0
	nasiona / ziarno					II pokos
S_0	X	58,8	X	67,0	72,5	98,0
RSM z siarką	155,2	67,2	73,0	58,5	47,5	92,0
$(NH_4)_2SO_4$	107,6	48,4	42,0	41,5	44,5	96,0
K_2SO_4	98,0	44,8	51,0	41,0	43,5	101,5
Na_2SO_4	108,0	41,2	51,0	42,0	42,5	108,0
S elementarna	105,2	46,4	40,0	44,5	44,5	92,5
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	110,4	50,8	75,0	39,5	41,5	107,5
H_2SO_4	104,4	46,0	66,0	42,0	39,5	112,5

Objaśnienie: X – brak materiału.

Porównując ilość cynku w słomie poszczególnych gatunków roślin, możemy generalnie stwierdzić, że największa zawartość omawianego mikroelementu charakteryzowała części wegetatywne gorczycy białej i rzepaku jarego. Przyjmuje się bowiem, że rośliny oleiste cechują większe wymagania pokarmowe w odniesieniu do podstawowych makro- i mikroelementów [Podleśna 2005], stąd również zawartość cynku mogła tu wyraźnie przekraczać ilości stwierdzone w słomie zbóż.

W częściach wegetatywnych gorczycy białej zawartość cynku wahała się w granicach 24,2–567,2 mg·kg^{-1}. Największa ilość omawianego mikroelementu charakteryzowała rośliny w uprawie, w których siarkę wnoszono w formie RSM z dodatkiem siarki. W słomie gorczycy z powyższego obiektu zawartość cynku 23,4 razy przekraczała ilości stwierdzone

w obiekcie kontrolnym (S_0) oraz 3,0–3,9 razy zawartości, jakie zanotowano w częściach wegetatywnych tej rośliny po zastosowaniu pozostałych form siarki. Wysoką koncentrację Zn stwierdzono również w słomie gorczycy białej nawożonej siarką w postaci $(NH_4)_2SO_4$.

W literaturze dość szeroko porusza się problem wpływu nawozów azotowych na zmiany wartości pH gleby, a w konsekwencji na pobieranie mikroelementów przez rośliny uprawne [Kocoń 2005]. W materiale glebowym z analizowanych obiektów odczyn gleby wyraźnie zmniejszył się w kierunku kwaśnego, co najprawdopodobniej spowodowało zwiększoną kumulację cynku w słomie tej rośliny. W częściach wegetatywnych gorczycy z pozostałych obiektów doświadczalnych zawartość cynku wynosiła 142,0–176,4 $mg \cdot kg^{-1}$ i 5,9–7,3 razy przekraczała zawartości, jakie charakteryzowały rośliny pochodzące z obiektu, w którym nawożenia siarką nie stosowano (S_0).

W odróżnieniu od gorczycy białej, w częściach wegetatywnych rzepaku jarego stwierdzono 1,9–3,2 razy mniejsze zawartości Zn po zastosowaniu analizowanych form siarki, w porównaniu z obiektem S_0. Wśród zastosowanych związków siarki najbardziej korzystnie na ilość tego mikroelementu w słomie rozpatrywanej rośliny testowej działało nawożenie w postaci RSM z dodatkiem siarki. W analizowanym obiekcie zawartość cynku w słomie rzepaku była na poziomie 137,0 $mg \cdot kg^{-1}$ i od 1,1 do 1,9 razy przekraczała ilości zanotowane w roślinach z obiektów, w których stosowano inne formy nawożenia siarką.

Duża zawartość cynku charakteryzowała również części wegetatywne rzepaku, w uprawie którego stosowano siarkę elementarną. Potwierdzają to również badania innych autorów [Kulczycki 2004; Podleśna 2005], którzy podkreślają, że widoczne zakwaszenie gleb ma zwykle miejsce po wprowadzeniu do gleby siarki w formie pierwiastkowej. Znalazło to również odzwierciedlenie w przeprowadzonym doświadczeniu wazonowym. W rozpatrywanym obiekcie bowiem stwierdzono najmniejszą wartość pH_{KCl}, rzędu 4,39, co prawdopodobnie stworzyło korzystne warunki do pobierania cynku przez rzepak jary.

Zawartość cynku w słomie pszenicy jarej kształtowała się na poziomie 25,2–52,8 $mg \cdot kg^{-1}$. W częściach wegetatywnych analizowanej rośliny jedynie nawożenie siarką w formie RSM z dodatkiem siarki powodowało niewiele ponad 1-krotne (1,04) zwiększenie ilości tego mikroelementu w porównaniu z ilością w pozostałych obiektach doświadczalnych.

Niektórzy autorzy [Kocoń 2005] podają, że nawozy azotowe mogą zarówno zwiększać, jak i zmniejszać objawy niedoboru cynku w roślinach. Wynika to głównie z plonotwórczego działania azotu oraz wpływu na zmiany wartości pH w strefie korzeniowej roślin. Również aplikacja siarki w postaci $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ powodowała niewielkie zwiększenie zawartości cynku w słomie pszenicy jarej. W częściach wegetatywnych roślin z pozostałych obiektów doświadczalnych natomiast zanotowano wyraźne zmniejszenie ilości rozpatrywanego mikroelementu do poziomu 25,2–31,2 $mg \cdot kg^{-1}$. Zmniejszenie zawartości cynku w słomie pszenicy jarej mogło negatywnie wpływać na wzrost i rozwój tej rośliny. Przyjmuje się bowiem, że cynk bierze udział w powstawaniu tryptofanu, który uważany jest za materiał wyjściowy do syntezy regulatorów wzrostu [Prośba-Białczyk i in. 2000].

Ilość cynku w słomie jęczmienia jarego wyraźnie różniła się w poszczególnych latach doświadczenia. W częściach wegetatywnych tej rośliny uprawianej w II roku prowadzenia badań zawartość Zn była na poziomie 39,5–72,5 $mg \cdot kg^{-1}$, w III roku badań była natomiast wyraźnie większa i kształtowała się w granicach 63,0–131,0 $mg \cdot kg^{-1}$. W wypadku obydwu roślin również zarysowuje się tendencja do zmniejszenia się ilości tego mikroelementu pod wpływem nawożenia rozpatrywanymi związkami siarki. Najkorzystniej na zawartość cynku w słomie jęczmienia jarego wpływała aplikacja siarki w formie RSM z dodatkiem siarki i H_2SO_4 (II rok badań) oraz S elementarnej (III rok badań). Znajduje to swoje odzwierciedlenie w zmianach wartości pH_{KCl} materiału glebowego. W analizowanych obiektach odczyn gleby był bardzo kwaśny lub kwaśny. Jak podają liczni autorzy [Bednarek i in. 2008; Sady, Smoleń 2004] odczyn gleby jest uważany za jeden z najważniejszych czynników wpływających na przyswajalność cynku dla roślin uprawnych.

W częściach generatywnych testowanych gatunków roślin największą zawartość cynku stwierdzono w nasionach gorczycy białej: 98,0–155,2 $mg \cdot kg^{-1}$. Wartość ta zbliżona była do poziomu przyjętego za naturalny, który według Kabaty-Pendias i współautorów [1993] jest przyjmowany w granicach od 15 do 150 mg $Zn \cdot kg^{-1}$ suchej masy. Największa zawartość cynku charakteryzowała nasiona gorczycy białej nawożonej siarką w postaci RSM z dodatkiem siarki. W częściach generatywnych roślin z powyższego obiektu ilość rozpatrywanego składnika od 1,4 do 1,5 razy przekraczała zawartości stwierdzone w nasionach z pozostałych obiektów doświadczalnych. Na uwagę zasługuje również, że w obiekcie kontrolnym (S_0), w którym nawożenia siarką nie wprowadzano, gorczyca biała – jako roślina o dużych wymaganiach względem siarki [Podleśna 2005] – nie wydała plonu nasion.

Podobnie kształtowała się sytuacja w przypadku nasion rzepaku jarego. Najkorzystniej na zawartość cynku wpływała aplikacja siarki w formie $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ oraz RSM z dodatkiem siarki. W wymienionych obiektach ilość tego mikroelementu wynosiła 73,0–75,0 $mg \cdot kg^{-1}$ i od 1,1 do 1,9 razy przekraczała zawartości, jakie charakteryzowały rośliny z pozostałych obiektów doświadczalnych. Znajduje to odzwierciedlenie w zmianach wartości pH materiału glebowego.

W ziarnie pszenicy jarej zawartość cynku wynosiła 41,2–67,2 $mg \cdot kg^{-1}$ i w większości obiektów mieściła się w zakresie proponowanych przez IUNG progowych zawartości metali śladowych w płodach rolnych. Wartości te wynoszą odpowiednio dla surowców przeznaczonych na cele konsumpcyjne: Zn < 50,0 $mg \cdot kg^{-1}$ s.m., a dla celów paszowych: Zn < 100,0 $mg \cdot kg^{-1}$ s.m. [Kucharzewski, Dębowski 1996]. Największa ilość rozpatrywanego mikroelementu charakteryzowała ziarno pszenicy jarej w uprawie, w której stosowano RSM z dodatkiem siarki. W analizowanym obiekcie zawartość cynku 1,1 razy przekraczała wartości stwierdzone dla części generatywnych tej rośliny, pochodzącej z obiektu kontrolnego (S_0) oraz od 1,3 do 1,6 razy dla roślin z pozostałych obiektów doświadczalnych. Nawożenie innymi formami siarki natomiast powodowało wyraźne zmniejszenie ilości cynku w suchej masie nasion pszenicy jarej.

Za optymalny stan zaopatrzenia jęczmienia jarego w mikroelementy przyjmuje się górną połowę zakresu, który według Bergmana wynosi 15–60 mg Zn·kg^{-1} suchej masy [Bednarek, Lipiński 1996]. W warunkach przeprowadzonego doświadczenia wazonowego zawartość cynku w ziarnie jęczmienia jarego zbieranego w II roku badań wynosiła 39,5–67,0 mg·kg^{-1}, natomiast w roślinach uprawianych w III roku prowadzenia badań wahała się od 41,5 do 72,5 mg·kg^{-1}. Stosowanie analizowanych form nawożenia siarką wiązało się z wyraźnym zmniejszeniem ilości rozpatrywanego mikroelementu w odniesieniu do obiektu S_0. Spośród wprowadzonych form siarki największe zwiększenie zawartości cynku stwierdzono po aplikacji RSM z dodatkiem siarki. W ziarnie jęczmienia jarego zbieranego w II roku badań zwiększenie to było od 1,3 do 1,5 razy w odniesieniu do wartości zanotowanych po wprowadzeniu pozostałych form siarki oraz od 1,1 do 1,2 razy dla roślin zbieranych w III roku prowadzenia badań.

Zawartość cynku w suchej masie kupkówki pospolitej również zmieniała się pod wpływem nawożenia analizowanymi formami siarki, ale dodatkowo zależała od pokosu tej rośliny. W I pokosie ilość Zn kształtowała się w granicach od 95,5 do 148,0 mg·kg^{-1}, w II pokosie natomiast zawartość tego mikroelementu była na poziomie 92,0–112,5 mg·kg^{-1}. Według Kabaty-Pendias i współautorów [1993] przekroczenie poziomu 100 mg Zn·kg^{-1} w paszy może być przyczyną zatrucia tym pierwiastkiem zwierząt. Specjaliści w zakresie żywienia zwierząt domowych uznają ponadto, że prawidłowa zawartość mikroelementów w paszy jest najlepszym sposobem dostarczenia tych składników zwierzętom [Czuba 2000]. W pierwszym pokosie kupkówki pospolitej w większości obiektów doświadczalnych stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej normy zawartości cynku w roślinach przeznaczonych na cele paszowe. Jedynie aplikacja RSM z dodatkiem siarki powodowała, że ilość rozpatrywanego mikroelementu mieściła się w granicach przyjętych za optymalne i wynosiła 98,0 mg·kg^{-1}. Największa zawartość cynku charakteryzowała natomiast rośliny w uprawie, której siarkę wnoszono w formie H_2SO_4, K_2SO_4 oraz $(NH_4)_2SO_4$. Może to częściowo wynikać z zakwaszającego wpływu tych nawozów na glebę oraz z podkreślanego w literaturze stymulującego wpływu azotu na pobieranie cynku przez kupkówkę pospolitą [Bednarek, Lipiński 1996]. W drugim pokosie kupkówki pospolitej zawartość cynku w suchej masie tej rośliny była wyraźnie mniejsza w porównaniu z wartościami stwierdzonymi w pierwszym pokosie i w większości obiektów nie wykraczała poza normy przyjęte dla roślin przeznaczonych na cele paszowe. Jedynie aplikacja siarki w postaci H_2SO_4, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ oraz Na_2SO_4 związana była ze zwiększeniem zawartości cynku do poziomu 107,5–112,5 mg·kg^{-1}, co mogło być przyczyną pogorszenia jakości takiej paszy [Czuba 2000].

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania, a także analiza zebranych danych literaturowych, pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1) zastosowane formy nawożenia siarką oraz gatunek uprawianej rośliny wywarły wyraźny wpływ na zmiany w zawartości cynku w suchej masie roślin testowych;
2) największe ilości tego pierwiastka stwierdzono w słomie oraz w częściach generatywnych roślin uprawnych nawożonych siarką w postaci RSM z dodatkiem siarki, w przypadku I pokosu kupkówki pospolitej natomiast – po aplikacji H_2SO_4, K_2SO_4 i $(NH_4)_2SO_4$, a w II pokosie po wprowadzeniu H_2SO_4, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ oraz Na_2SO_4;
3) nawożenie analizowanymi formami siarki większości roślin uprawnych nie powodowało jednak przekroczenia progowych zawartości cynku dla surowców przeznaczonych na cele konsumpcyjne i paszowe; jedynie w I pokosie kupkówki pospolitej ilość cynku wyraźnie przekroczyła dopuszczalne zawartości tego mikroelementu określone dla traw przeznaczonych na cele paszowe;
4) biorąc pod uwagę gatunek uprawianej rośliny można stwierdzić, że wyraźnie większe zawartości tego mikroelementu występują w słomie i w nasionach gorczycy białej oraz rzepaku jarego oraz w I pokosie kupkówki pospolitej.

PIŚMIENNICTWO

BARCZAK B., NOWAK K., MAJCHERCZAK E., KOZERA W. 2006. Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami na wielkość plonu ziarna owsa. Pam. Puł. 142: 19–30.

BEDNAREK W., LIPIŃSKI W. 1996. Zaopatrzenie jęczmienia jarego w mangan i cynk w warunkach zróżnicowanego nawożenia fosforem, magnezem i wapnowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 30–35.

BEDNAREK W., TKACZYK P., DRESLER S. 2008. Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości ziarna pszenicy ozimej. Acta Agrophys. 12(2): 315–326.

CZEKAŁA J., JAKUBUS M. 2000. Występowanie miedzi, cynku i manganu w glebach uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 219–228.

CZUBA R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 161–169.

KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG – Puławy. P(53): 1–20.

KOCOŃ A. 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. Pam. Puł. 139: 55–64.

KUCHARZEWSKI A., DĘBOWSKI M. 1996. Ocena stopnia skażenia płodów rolnych Dolnego Śląska metalami ciężkimi i siarką. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 777–786.

KULCZYCKI G. 2004. Wpływ nawożenia siarką elementarną na zawartość mikroelementów w roślinach i glebach. Cz. I. Cynk i miedź. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 502: 199–206.

PODLEŚNA A. 2005. Nawożenie siarką jako czynnik kształtujący metabolizm roślin uprawnych i jakość płodów rolnych. Pam. Puł. 139: 161–172.

PROŚBA-BIAŁCZYK U., SPIAK Z., MYDLARSKI M. 2000. Wpływ nawożenia na zawartość mikroelementów w buraku cukrowym. Cz. II. Cynk. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 449–454.

SADY W., SMOLEŃ S. 2004. Wpływ czynników glebowo-nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach. Mat. na X Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe nt: Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych. Kraków, 17–18 czerwca 2004, 269–277.

SZATANIK-KLOC A., BOWANKO G. 2007. Wpływ pH i jonów cynku na powierzchnię właściwą korzeni żyta (*Secale Cereale* L.) wyznaczaną metodą adsorpcji-desorpcji azotu. Acta Agrophys. 10(3): 705–713.