

## ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY AKUMULACJĄ K, Na I Ca W TKANKACH SIEWEK *Zea mays* L. A STĘŻENIEM $\text{SeO}_2$ I $\text{NaHSeO}_3$ W ŚRODOWISKU ZEWNĘTRZNYM

Krystyna Pazurkiewicz-Kocot <sup>1</sup>, Witold Galas <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Fizjologii Roślin, Uniwersytet Śląski w Katowicach

<sup>2</sup> Zakład Chemii Analitycznej, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach

### Wstęp

Właściwe funkcjonowanie organizmów żywych w znacznym stopniu zależy od ilości dostarczonych im w pożywkach makro- i mikroelementów [FOX, GUERINOT 1998; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. W ostatnich latach istotne znaczenie w żywieniu organizmów, szczególnie zwierzęcych, przypisuje się selenowi. Selen, co potwierdza wiele badań naukowych prowadzonych na zwierzętach, może modyfikować pobieranie i akumulację niektórych metali, w tym wywierających szkodliwy wpływ na organizmy żywe – metali ciężkich. Z drugiej strony rola selenu w komórkach roślinnych nie jest dokładnie poznana i jest dyskusyjna [LANDBERG, GREGER 1994].

Rośliny pobierają selen z gleby dość łatwo, jeżeli jest on dostępny w formach rozpuszczalnych [ZAYED, TERRY 1994], a pobieranie zachodzi przypuszczalnie selektywnie, ponieważ zaznaczają się wyraźne gatunkowe i odmianowe różnice [ARVY 1992]. Również czynniki glebowe w znacznym stopniu wpływają na przyswajalność tego pierwiastka [BANULEOS, MEEK 1990]. Stężenie selenu w roślinach jest w znacznym stopniu uwarunkowane zawartością tego metalu w glebie. Metal ten jest pobierany łatwiej z gleb alkalicznych, zanieczyszczonych lub zasolonych, a stopień fitoprzyswajalności wzrasta w miarę podwyższenia się pH gleby i temperatury otoczenia. Biologiczna rola selenu w roślinach jest słabo poznana [BROWN, SHRIFF 1982]. Stwierdzono, że jego wpływ zależy od stężenia i rodzaju podanego związku [ZAYED i in. 1992; DE SOUZA i in. 2000]. Zaobserwowano korzystne oddziaływanie niskich stężeń na rozwój roślin, jednakże częstszy jest toksyczny wpływ tego metalu. Wysokie stężenie pierwiastka może negatywnie oddziaływać na organogenezę, syntezę białek i kwasów nukleinowych. Selen może oddziaływać w organizmach żywych z innymi metalami tworząc związki kompleksowe [SUNDE 1990], co ma szczególne znaczenie w przypadku metali ciężkich, może bowiem obniżać ich szkodliwość. Stwierdzono, że selen może dawać większy lub mniejszy detoksykujący efekt w zależności od indywidualnych cech organizmu oraz rodzaju użytego metalu [CUVIN-ARALAR, FURNESS 1990].

Celem pracy były badania, dotyczące wpływu różnych związków selenu (związku obojętnego i kwaśnej soli), w zakresie stężeń  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  mol·dm<sup>-3</sup>, na

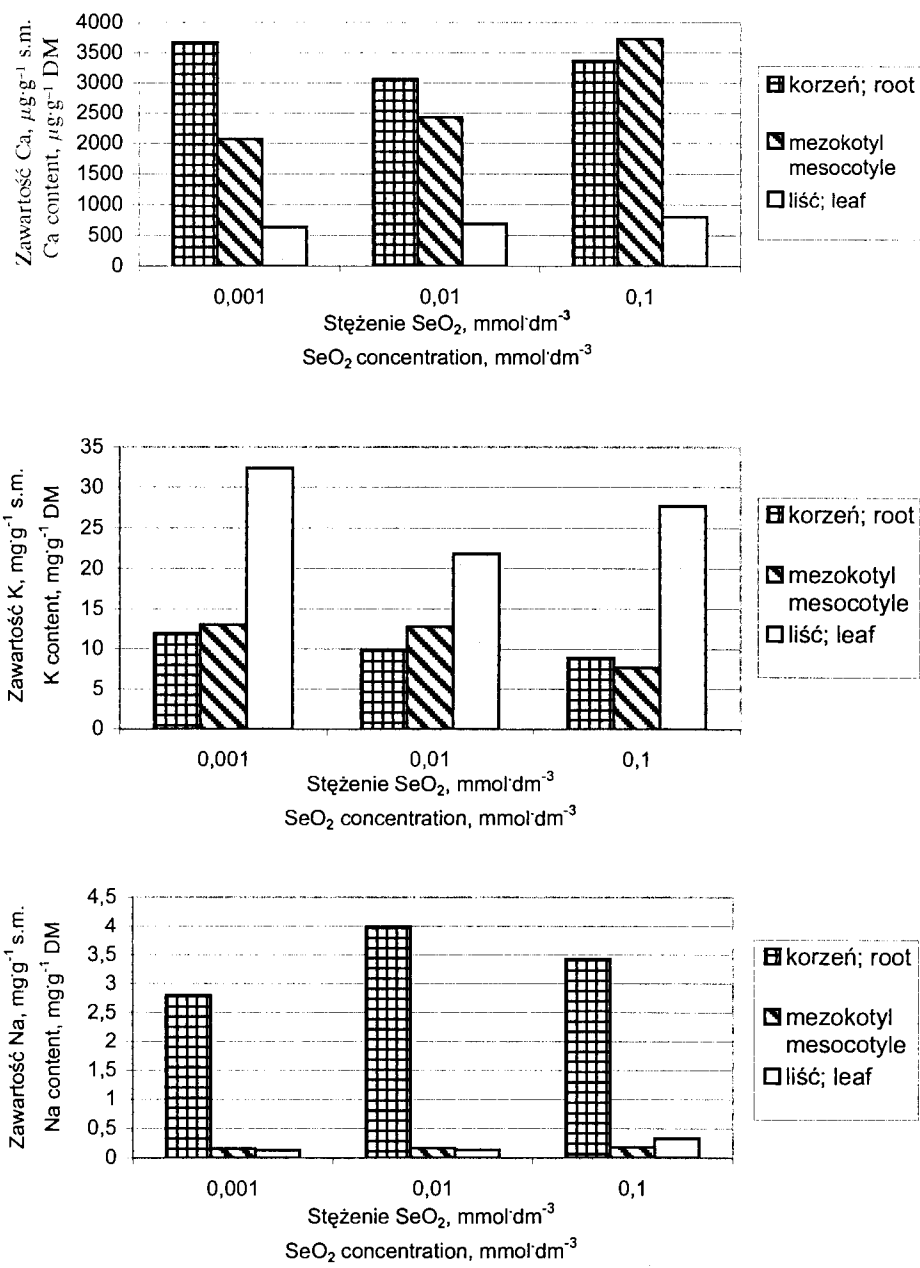
akumulację w siewkach kukurydzy ważnych pod względem fizjologicznym jonów potasu, sodu oraz wapnia.

### Materiał i metody

Doświadczenia zostały przeprowadzone na 8–9-dniowych siewkach *Zea mays* L. var. K33xF2 pochodzących ze Stacji Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Kobierzycach. Kultury roślin prowadzono na płynnej pożywce Hoaglanda (pH = 6,5) w temperaturze około 25°C. Rośliny hodowano w warunkach działania 12-godzinnego dnia i nocy. Natężenie światła w trakcie hodowli wynosiło w przybliżeniu  $450 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . W zależności od wariantu doświadczenia w trakcie hodowli siewki przenoszono na pożywkę Hoaglanda zawierającą w swoim składzie dodatkowo związki  $\text{SeO}_2$ , względnie  $\text{NaHSeO}_3$  w stężeniach  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  mol( $\text{SeO}_2$ )·dm<sup>-3</sup> oraz  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  mol( $\text{NaHSeO}_3$ )·dm<sup>-3</sup>. Materiał roślinny suszono w suszarce w temperaturze 70°C do stałej masy i tak przygotowany materiał poddawano analizie chemicznej. Zawartość badanych pierwiastków w korzeniach, mezokotyłach i liściach wyznaczono metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w argonowej plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-AES). Zastosowanie tej metody w analizie materiałów pochodzenia roślinnego wymaga najczęściej mineralizacji próbki do wykonania oznaczeń. Metoda ICP-AES umożliwia jednak jednoczesne oznaczanie kilku pierwiastków w analizie otrzymanym w wyniku mineralizacji próbki. Suchą masę próbki o masie około 0,5 g zadawano stężonym  $\text{HNO}_3$  i ogrzewano stosując mineralizator bezciśnieniowy. Pod koniec tego procesu dodawano 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ , aż do uzyskania koloru jasnożółtego, co świadczyło o pełnej mineralizacji próbek. Oznaczenia Ca, K i Na przeprowadzono na spektrometrze sekwencyjnym ICP (Spectro Analytical Instruments). Linie analityczne dla poszczególnych pierwiastków były następujące: Ca – 318,128 nm, Na – 589,592 nm, K – 766,490 nm, a czas integracji 3 s. Najlepsze dopasowanie krzywej wzorcowej do punktów wzorcowych w przypadku wapnia otrzymano dla funkcji liniowej ( $y = ax + b$ ), natomiast dla sodu i potasu do wielomianu drugiego stopnia ( $ax^2 + bx + c$ ). Kalibrację spektrometru dla analizowanych pierwiastków wykonano w zakresie stężeń: dla wapnia 5–100  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , dla sodu 1,5–30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  i potasu 15–300  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Roztwory wzorcowe otrzymano z roztworu podstawowego sporządzonego z roztworów o stężeniu 1 mg·g<sup>-1</sup> (prod. Merck). Do rekalkibracji spektrometru stosowano wodę redestylowaną oraz wzorzec o najwyższym stężeniu.

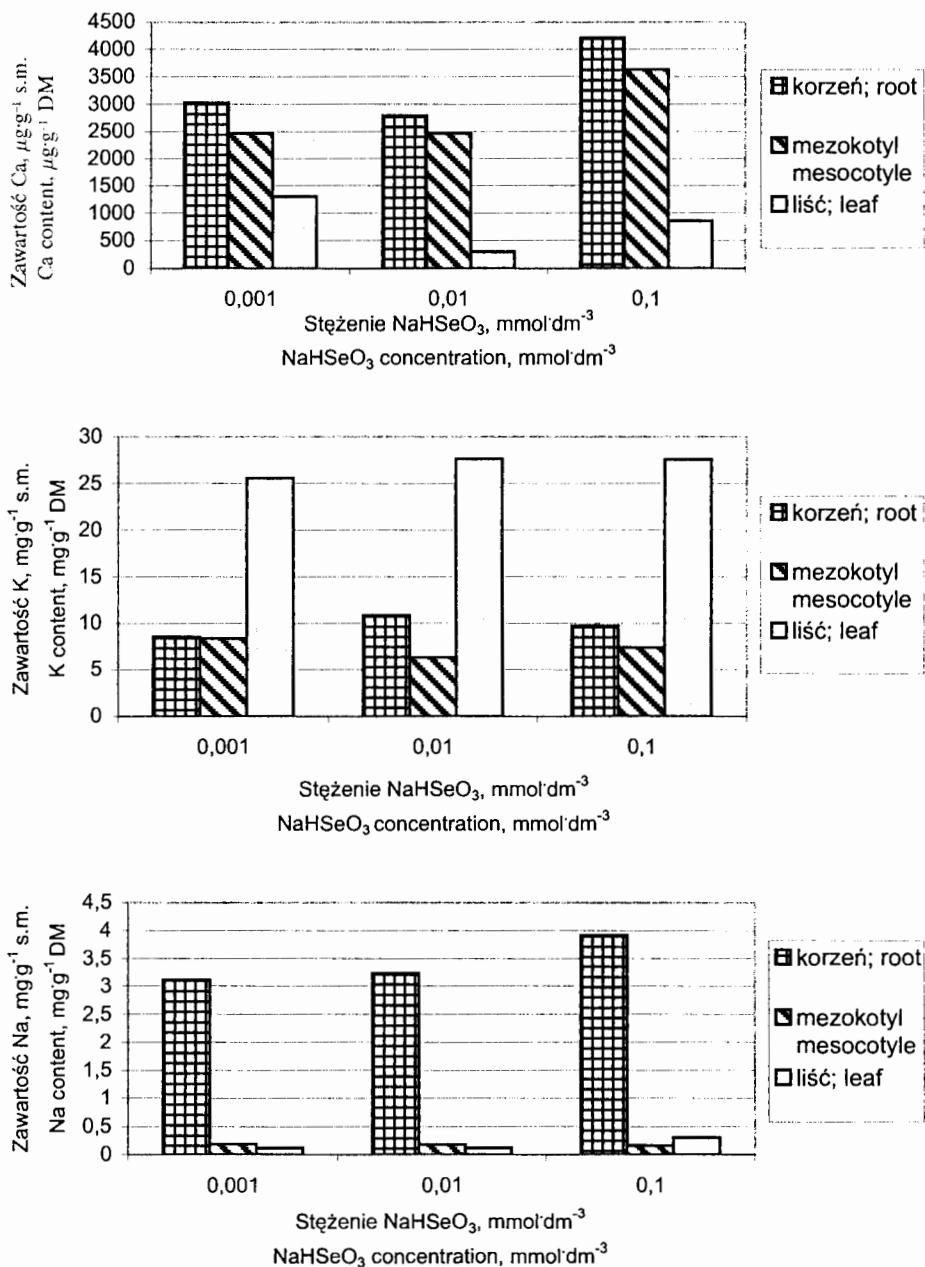
### Wyniki i dyskusja

W pracy przeprowadzono badania dotyczące wpływu różnych związków selenu na akumulację w liściach kukurydzy potasu, sodu oraz wapnia. Uzyskane wyniki wskazują na pewne różnice w akumulacji tych pierwiastków w tkankach korzeni, mezokotyli oraz liści siewek kukurydzy, które hodowano na pożywkach zawierających selen w postaci  $\text{SeO}_2$ , w porównaniu z roślinami hodowanymi na pożywce zawierającej selen w formie  $\text{NaHSeO}_2$ . Siewki kukurydzy (*Zea mays* L.) hodowane na pożywce zawierającej selen pobierają ten pierwiastek z podłoża i akumulują go w tkankach korzeni, mezokotyli i liści [PAZURKIEWICZ-KOCOT i in.



Rys. 1. Akumulacja wapnia, potasu i sodu w siewkach *Zea mays* L. poddanych działaniu SeO<sub>2</sub> (każdy wynik jest średnią z 5 pomiarów, błąd pomiarowy około 6%)

Fig. 1. Accumulation of calcium, potassium and sodium in plants of *Zea mays* L. treated by SeO<sub>2</sub> (values in the figure represent the means obtained from 5 measurements, relative error about 6%)



Rys. 2. Akumulacja wapnia, potasu i sodu w siewkach kukurydzy poddanych działaniu  $\text{NaHSeO}_3$  (wyniki są średnią z 5 doświadczeń, błąd pomiarowy poniżej 8%)

Fig. 2. Accumulation of calcium, potassium and sodium in plants of maize treated by  $\text{NaHSeO}_3$  (values shown in the figure represent the means obtained from 5 measurements, relative error below 8%)

1999; PAZURKIEWICZ-KOCOT, GALAS 2000a, 2000b]. Akumulacja potasu, sodu i wapnia w tych organach, w obecności selenu w pożywce w postaci  $\text{SeO}_2$  (stężenie  $10^{-6}$ – $10^{-4}$   $\text{mol}(\text{SeO}_2)\cdot\text{dm}^{-3}$ ), w porównaniu z zawartością tych pierwiastków w roślinach poddanych działaniu związku  $\text{NaHSeO}_2$  w stężeniu  $10^{-6}$ – $10^{-4}$   $\text{mol}(\text{NaHSeO}_2)\cdot\text{dm}^{-3}$ , ulegała znacznym modyfikacjom (rys. 1, 2). Wyniki przeprowadzonych w niniejszej pracy badań wskazują na zwiększoną akumulację potasu w tkankach siewek kukurydzy hodowanych na pożywce zawierającej selen w postaci  $\text{SeO}_2$ , w porównaniu z roślinami hodowanymi na pożywce zawierającej  $\text{NaHSeO}_2$  (rys. 1 i 2). Zawartość potasu w badanych organach generalnie spada wraz ze wzrostem stężenia selenu w środowisku. Z kolei, jak wskazują na to wyniki badań, akumulacja sodu w roślinie wzrasta wraz ze wzrostem stężenia selenu w pożywce (rys. 1, 2). Nie stwierdzono (z wyjątkiem korzeni) wyraźnej zależności akumulacji tego metalu od rodzaju użytego związku selenowego. Stwierdzono też wzrost akumulacji wapnia, szczególnie w mezokotylach i korzeniach roślin, przy wysokich stężeniach selenu w podłożu (rys. 1 i 2). W liściach zależność taka jest widoczna jedynie, gdy zastosowano w badaniach związek  $\text{SeO}_2$ . Wyniki przeprowadzonych badań mogą wskazywać na istnienie różnych mechanizmów oddziaływania selenu z innymi metalami w roślinach, w zależności od postaci zastosowanego związku selenowego (sól kwaśna, tlenek), a rezultatem tego jest zróżnicowana akumulacja badanych metali w roślinie. Również stężenie selenu w środowisku, a nie tylko rodzaj użytego związku, wpływają na zawartość badanych metali w tkankach roślinnych.

## Wnioski

Uzyskane w pracy wyniki wskazują na pewne różnice w akumulacji potasu, sodu i wapnia w tkankach korzeni, mezokotyli oraz liści kukurydzy (*Zea mays* L.), hodowanej na pożywkach zawierających selen w postaci  $\text{SeO}_2$  i  $\text{NaHSeO}_2$ , w zakresie stężeń  $10^{-6}$ – $10^{-4}$   $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Zarówno stężenie selenu w pożywce, jak i rodzaj użytego związku chemicznego w różnorodny sposób modyfikują pobieranie i akumulację w tkankach roślin badanych metali.

## Literatura

- ARVY M.P. 1992. *Selenate and selenite uptake and translocation in bean plants*. J. Exp. Bot. 44: 1083–1087.
- BANULEOS G.S., MEEK D.W. 1990. *Accumulation of selenium in plants grown on selenium-treated soil*. J. Environ. Qual. 19: 772–777.
- BROWN T.A., SIIRIFT A. 1982. *Selenium toxicity and tolerance in higher plants*. Biol. Rev. 57: 59–84.
- CUVIN-ARALAR M.L.A., FURNESS R.W. 1990. *Tissue distribution of mercury and selenium in minnows (Phoxinus phoxinus)*. Bull. Envir. Contam. Toxicol. 45: 775–782.
- DE SOUZA M.P., LYTLE C.M., MULHOLLAND M.M., OTTE M.L., TERRY N. 2000. *Selenium assimilation and volatilization from dimethylselenoniopropionate by indian mustard*. Plant Physiol. 122: 1281–1288.
- FOX T.C., GUERINOT M.L. 1998. *Molecular biology of cation transport in plants*.

Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 669–696.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa: 398 ss.

LANDBERG T., GREGER M. 1994. *Influence of selenium on uptake and toxicity of copper and cadmium in pea (Pisum sativum) and wheat (Triticum aestivum)*. Physiol. Plant. 90: 637–644.

PAZURKIEWICZ-KOCOT K., GALAS W., KITA A. 1999. *Oddziaływanie selenu na akumulację potasu w roślinach Zea mays L.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 469: 465–472.

PAZURKIEWICZ-KOCOT K., GALAS W. 2000a. *Oddziaływanie selenu na akumulację sodu w roślinach Zea mays L.* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 473: 211–217.

PAZURKIEWICZ-KOCOT K., GALAS W. 2000b. *Effect of selenium on the accumulation of calcium in Zea mays L.* Abstr. IV Intern. Conf. Ecophysiol. Plant. Prod. Proc. Stress Cond., Rackova Dolina, Slovakia, 12–14 IX 2000: 58.

SUNDE R.A. 1990. *Molecular biology of selenoproteins*. Annu. Rev. Nutr. 10: 451–471.

ZAYED A.M., LYTLE C.M., TERRY N. 1992. *Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants*. Planta 206: 284–292.

ZAYED A.M., TERRY N. 1994. *Selenium volatilization in roots and shoots: effect of shoot removal and sulfate level*. J. Plant Physiol. 143: 8–14.

**Słowa kluczowe:** *Zea mays* L.,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{NaHSeO}_3$ , akumulacja Na, K i Ca, metoda ICP-AES

### Streszczenie

Selen, co potwierdza wiele badań naukowych prowadzonych na zwierzętach, jest metalem śladowym, który pełni znaczącą rolę w organizmach żywych. Biologiczna rola selenu w roślinach, w stosunku do organizmów zwierzęcych, jest słabo poznana i wymaga dalszych badań. Celem przeprowadzonych badań było określenie stopnia współzależności pomiędzy akumulacją niektórych metali (K, Na, Ca) w tkankach korzeni, mezokotyli oraz liści siewek *Zea mays* L. hodowanych na pożywce zawierającej selen w postaci  $\text{SeO}_2$  i  $\text{NaHSeO}_3$ . Doświadczenia przeprowadzono na 8–9-dniowych siewkach kukurydzy (*Zea mays* L. var. K33xF2), które rosły w temperaturze 25°C, na pożywce Hoaglanda zawierającej związku selenu w postaci  $\text{SeO}_2$  i  $\text{NaHSeO}_3$  i w stężeniach  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  mol·dm<sup>-3</sup>. Akumulację badanych pierwiastków (potasu, sodu, wapnia) w korzeniach, mezokotyłach i liściach mierzono metodą spektrometryczną (ICP-AES). W tkankach roślinnych oznaczano zawartość metali stosując spektrometr ICP. Linie analityczne dla poszczególnych pierwiastków były następujące: Ca – 318,128 nm, Na – 589,592 nm, K – 766,490 nm, a czas integracji 3 s. Uzyskane w pracy wyniki wskazują na pewne różnice w pobieraniu i akumulacji tych pierwiastków w korzeniach, mezokotyłach oraz liściach siewek *Zea mays* L., hodowanych na pożywkach zawierających jony selenu w postaci  $\text{SeO}_2$  i  $\text{NaHSeO}_3$ . Zmiany dotyczące pobierania i akumulacji niektórych makro- i mikroelementów są prawdopodobnie jednym z pierwszych symptomów toksycznego działania selenu na rośliny i zależą od rodzaju podanego związku oraz jego stężenia.

THE RELATIONSHIP BETWEEN ACCUMULATION OF K, Na,  
AND Ca IN PLANT TISSUES OF *Zea mays* L. AND CONCENTRATION  
OF  $\text{SeO}_2$  AND  $\text{NaHSeO}_3$  IN EXTERNAL MEDIUMKrystyna Pazurkiewicz-Kocot<sup>1</sup>, Witold Galas<sup>2</sup><sup>1</sup>Department of Plant Physiology, Silesian University, Katowice<sup>2</sup>Department of Analytical Chemistry, Silesian University, KatowiceKey words: *Zea mays* L.,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{NaHSeO}_3$ , accumulation of Na, K and Ca, ICP-AES method

## Summary

Selenium is a trace element which has several essential functions in living organisms. Although for the animals its role is well known, in the case of plants it still needs further investigations. In this work the relationships between the accumulation of selenium ( $\text{SeO}_2$ ,  $\text{NaHSeO}_3$ ) and some nutrient elements (K, Na, Ca) in plant tissues of roots, mesocotyls and leaves of *Zea mays* L. plants were studied.

The experiments were carried out with 8–9 days old maize plants (*Zea mays* L. var. K33xF2) grown on the Hoagland's medium at 25°C. Seeds of maize were cultivated in the darkness. The individual seedlings were transferred into aerated solution containing the macro- and micro-elements. The concentrations of selenium in external medium were:  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  mol( $\text{SeO}_2$ )-dm<sup>-3</sup> and  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  mol( $\text{NaHSeO}_3$ )-dm<sup>-3</sup>, pH of the medium was 6.5. The accumulation of potassium, sodium and calcium in the roots, mesocotyls and leaves of maize was measured by emission spectroscopy using sequential spectrometer with excitation by argon inductively coupled plasma technique (ICP-AES). Analytical lines were: Ca – 318.128 nm, Na – 589.592 nm, K – 766.490 nm. We have noticed that selenium ions ( $\text{SeO}_2$ ,  $\text{NaHSeO}_3$ ), present in external medium of growing plants, change the uptake and accumulation of some ions ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) in plant tissues of leaves, mesocotyls and roots. The change of transport of some nutrient elements is probably one of the first observed symptoms of selenium toxic effects on plants. The observed symptoms of selenium effects on plants tissues were dependent on the kind of selenium compound and its concentration.

Dr Krystyna Pazurkiewicz-Kocot  
Katedra Fizjologii Roślin  
Uniwersytet Śląski  
ul. Jagiellońska 28  
40-032 KATOWICE