

SELEN W ROŚLINACH

Selenium in plants

Barbara WACHOWICZ

Summary. Selenium (Se) is an essential trace element for man and it should be supplied to the organism in a relatively narrow range of concentration (50–200 µg daily). Epidemiological evidence showed a higher incidence and mortality rate of cancer in geographical areas poor in Se. Se could be considered to be one of the most important elements exerting protection against the action of carcinogens. The route of Se from the soil into the human organism leads through plants. Plants vary greatly in their ability to absorb, metabolize and accumulate Se. Among all plant species 25 from genera *Astragalus*, *Stanleya* i *Haplopappus* are unique with the ability to absorb extremely high amount of Se from the soil. This group of plants may contain up to 2–3% of Se in dry matter and it is called Se-accumulator plants. These plants store most of the Se in free aminoacids such as Se – cysteine or its derivatives which are not incorporated into proteins. The nonaccumulator plants incorporate their Se in the Se-methionine which is stored in proteins. Se is absorbed much more by plants in the form of selenate than selenite. The biological role of Se in higher plants is not well understood at present. In plants Se-containing transfer RNAs with a new, not yet characterized selenonucleoside have been found.

Key words: Selenium in plants, selenoaminoacid

Dr hab. Barbara Wachowicz, Katedra Biochemii Ogólnej, Uniwersytet Łódzki, 90–237 Łódź, ul. Banacha 12/16

Stan zdrowia człowieka w znacznym stopniu zależy od ilości dostarczanego selenu [5, 13, 22]. Ten pierwiastek, jako składnik peroksydazy glutationowej jest niezbędny dla prawidłowej funkcji organizmu ludzkiego, a spożywanie Se w odpowiedniej ilości odgrywa istotną rolę w profilaktyce i leczeniu wielu schorzeń, m.in. nowotworów [6, 12, 14, 17]. Istnieje jednak ściśle określona dawka Se bezpieczna dla zdrowia człowieka. Za optymalną dzienną dawkę można uważać spożycie 50–200 µg Se. Dawka powyżej 600–800 µg staje się toksyczna. Brak i niedobór Se jest również przyczyną wielu chorób, w tym chorób nowotworowych [5, 17, 19, 21, 22]. Dla człowieka podstawowym źródłem selenu jest woda pitna oraz pożywienie pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

W Europie, w tym także i w Polsce, występuje znaczny niedobór selenu, zarówno w glebie, jak i w ziemiopłodach [5, 21]. W Finlandii, w celu zlikwidowania deficytu selenu, już od 1984 r. stosuje się powszechnie nawożenie gleby selenem w formie selenianu sodowego. Pozwoliło to na wzbogacenie traw, a wśród nich zbóż oraz warzyw i pasz w ten ważny dla człowieka i zwierząt pierwiastek [7–11]. Wzbogacanie gleby preparatami selenu stwarzać może jednak w określonych warunkach klimatycznych niebezpieczeństwo lokalnych zatruć, zarówno u zwierząt jak i ludzi [8].

Znaczenie selenu we wzroście i rozwoju roślin nie jest jeszcze wyjaśnione. Wiadomo jednak, że rośliny są zdolne do pobierania, metabolizowania i akumulowania selenu [1, 2, 3, 8, 16,

23]. Ilość tego pierwiastka w poszczególnych gatunkach roślin znacznie się różni i waha się od 0,01 μg do 1,2 mg/g suchej masy [8].

Zawartość Se w roślinach zależy od gatunku rośliny, rodzaju gleby i ilości tego pierwiastka w glebie, warunków klimatycznych i wegetacyjnych, stosowanego nawożenia, a przede wszystkim od związku selenu dostępnego dla roślin [8]. Rośliny wykorzystują Se zarówno w formie seleninów, selenianów jak i selenków.

Informacje na temat zawartości selenu w roślinach rosnących na różnych obszarach geograficznych są fragmentaryczne. Najwięcej danych dostarczyły badania prowadzone w Stanach Zjednoczonych Ameryki, Chinach, Nowej Zelandii, a także w krajach skandynawskich, przede wszystkim w Finlandii [7, 8, 18, 19, 20].

Istnieją rośliny, które w sposób selektywny pobierają Se z gleby. Spośród wszystkich zbadanych gatunków roślin, aż 25 z rodzajów *Astragalus*, *Stanleya* i *Haplopappus* jest unikalnych ze względu na fakt, że rosną doskonale na glebie bogatej w selen i pobierają wyjątkowo duże ilości Se z gleby [3, 8, 16]. Mogą one zawierać 100–200 razy więcej tego pierwiastka niż inne rośliny rosnące na tym samym obszarze [2, 8]. W niektórych z nich zawartość Se dochodzi nawet do 2–3% suchej masy [2]. Te rośliny nazywa się akumulatorami selenu. W przeciwieństwie do akumulatorów Se, rośliny nie akumulujące selenu giną, gdy stężenie tego mikroelementu sięga powyżej 0,005% [2]. Uważa się, że Se jest pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu tych roślin. Ze względu na wysoką zawartość Se rośliny takie są trujące zarówno dla ludzi jak i zwierząt.

Akumulatory selenu gromadzą ten pierwiastek głównie w postaci selenocysteiny charakterystycznej dla komórek zwierzęcych oraz selenometioniny. Nie wbudowują jednak tych selenoaminokwasów do białek [3, 8, 16]. Selenometionina i selenocysteina są aminokwasami, w których atom siarki został zastąpiony atomem Se. U roślin nie akumulujących selenu pobierany z gleby selenin czy też selenian jest natychmiast metabolizowany i wbudowany do sele-

nometioniny. Selenometionina może być kumulowana w postaci wolnego aminokwasu lub też wbudowana do białek rośliny [3, 16, 20].

Przez większość roślin selen jest przyswajany znacznie łatwiej w formie selenianu niż seleninu [1], ale np. rzęsa wodna *Lemna paucicostata* pobiera trzykrotnie więcej seleninu niż selenianu [8].

Selenian jest transportowany i gromadzony w wegetatywnych częściach roślin, m.in. w znacznych ilościach w liściach szpinaku, kapusty, fasoli, buraka, soku korzenia fasoli, a w niewielkim stopniu w nasionach i owocach [1, 7, 8]. Rośliny nie należące do akumulatorów Se transportują selenian przy udziale takiego samego mechanizmu jak siarczany. Obecność siarczanów zmniejsza włączanie Se w formie selenianu, ale tylko przy bardzo wysokich, toksycznych stężeniach. Nie ma natomiast wpływu na włączanie niewielkich ilości selenianów [8, 16].

Gatunki roślin bogate w siarkę, m.in. z rodziny Cruciferae i Liliaceae, charakteryzują się 2–5 krotnie wyższą zawartością Se niż zboża uprawiane na tym samym obszarze [7, 8]. Znaczne różnice w zawartości Se wykazano w poszczególnych gatunkach rodziny Cruciferae. Badania Eurola i wsp. [7] wykazały, że cebula oraz jarzyny z rodziny Cruciferae (kapusta, brokuły) zawierały znacznie więcej Se niż inne jarzyny rosnące na glebie wzbogaconej selenianami. Przy braku siarki wzrasta pobieranie seleninu do roślin, ale istotnie obniża się frakcja selenoaminokwasów w roślinie [2].

W niektórych roślinach, w tym także akumulujących Se (*Astragalus bisulcatus*), podobnie jak i w bakteriach, wykryty został seleno-tRNA [4, 23, 24]. Badania Wena i wsp. [23] wykazały, że zarówno kultury komórek *Chlamydomonas*, dzikiej marchwi, bambusa, ryżu, jak i sadzonki fasoli i soi włączały ^{75}Se do tRNA. Zawartość znakowanych Se tRNA w tych komórkach wahała się od 0,04 do 1,89 % całkowitej ilości tRNA. Biologiczna rola selenu w tRNA roślin nie jest jeszcze poznana. W *Clostridium sticklandii*, gdzie stwierdzono duże ilości seleno-tRNA, zidentyfikowano w pętli antykodono-

wej nukleozyd zawierający Se jako selenourydynę [4].

Rośliny akumulujące Se są zdolne do przyswajania Se niedostępnego dla traw, przekształcania go do przyswajalnych, organicznych form – selenoaminokwasów. Trawy zawierają więcej Se (poziom wzrasta 6–7 krotnie), jeżeli rosną w pobliżu roślin akumulujących Se (*Astragalus bisulcatus*) [8]. Pierwiastek ten staje się dostępny dla innych roślin podczas rozkładu obumarłych części akumulatorów selenu. Przy udziale mikroorganizmów związki selenu są przekształcane w lotne związki i dochodzi wówczas do utraty pierwiastka z gleby.

Nadmierne stosowanie nawozów sztucznych, środków owadobójczych, a także skażenia przemysłowe pogłębiają niedobór selenu w glebie i płodach rolnych [7–11]. W rejonach, w których gleba zawiera mało selenu, nawet racjonalne odżywianie nie może gwarantować organizmowi dostatecznej ilości tego biopierwiastka. Dostępnym, bogatym źródłem Se mogą być drożdże, a także produkty pochodzenia roślinnego z obszarów o wysokiej zawartości selenu (orzeszki ziemne, płatki kukurydziane).

LITERATURA

- [1] ASHER G. J., BUTLER G. W., PETERSON P. J. 1977. Selenium transport in root systems of tomato. *J. Exp. Botany*. **28** : 279–291.
- [2] BROWN T. A., SHRIFF A. 1982. Selenium: toxicity and tolerance in higher plants. *Biol. Rev.* **57** : 59–84.
- [3] CHEN D. M., NIGAM S. N., McCONNEL W. B. 1970. Biosynthesis of Se-methylselenocysteine and S-methylcysteine in *Astragalus bisulcatus*. *Can. J. Biochem.* **48** : 1278–1283.
- [4] CHING W. M., STADTMAN T. M. 1982. Selenium containing tRNA from *Clostridium sticklandii*. Correlation of aminoacylation with selenium content. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. **79** : 374–377.
- [5] COMBS G. F., COMBS S. B. 1984. The nutritional biochemistry of selenium. *Ann. Rev. Nutr.* **4** : 257–280.
- [6] DHUR A., GALAN P., HERCBERG S. 1990. Relationship between selenium immunity and resistance against infection. *Comp. Biochem. Physiol.* **96C** : 271–280.
- [7] EUROLA M., EKHOLM P., YLINEN M., KOIVISTOINEN P., VARO P. 1989. Effects of selenium fertilization on the selenium content of selected finnish fruits and vegetables. *Acta Agric. Scand.* **39** : 345–350.
- [8] GIESSEL-NIELSEN G., GUPTA U. C., LAMAND M., WESTERMARCK T. 1984. Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. *Advances in Agronomy*. **37** : 397–460.
- [9] GIESSEL-NIELSEN G. 1984. Improvement of selenium status of pasture crops. *Biol. Trace Element. Res.* **6** : 281–288.
- [10] GIESSEL-NIELSEN G. 1986. Comparison of selenium treatments of crops in the field. *Biol. Trace Element. Res.* **10** : 209–213.
- [11] GIESSEL-NIELSEN G. 1987. Fractionation of selenium in barley and rye-grass. *J. Plant Nutr.* **10** : 2147–2152.
- [12] HOCMAN G. 1988. Chemoprevention of cancer: selenium. *Int. J. Biochem.* **20** : 123–32.
- [13] LEVANDER O. A. 1988. A global view of human selenium nutrition. *Ann. Rev. Nutr.* **7** : 227–250.
- [14] MEDINA D., MORRISON D. G. 1988. Current ideas on selenium as chemopreventive agent. *Pathol. Immunopathol. Res.* **7** : 187–199.
- [15] MUTANEN M. 1986. Bioavailability of selenium. *Ann. Clin. Res.* **18** : 48–54.
- [16] NG B. H., ANDERSON J. W. 1978. Synthesis of selenocysteine by cysteine synthase from selenium accumulator and non-accumulator plants. *Phytochem.* **17** : 2069–2074.
- [17] NORHEIM G. 1986. An approach to the problem of optimum selenium intake in man. *Acta Pharmacol. Toxicol.* **59** suppl. 7 : 177–178.
- [18] OLSON O. E. 1970. Investigations on selenium in wheat. *Phytochem.* **9** : 1181–1188.
- [19] ROBINSON M. F. 1988. McCollum Award Lecture. The New Zealand selenium experience. *Am. J. Clin. Nutr.* **48** : 521–534.
- [20] SUNDE R. A. 1990. Molecular biology of selenoproteins. *Ann. Rev. Nutr.* **10** : 451–474.
- [21] THORLING E. B., OVERVAD K., GEBOERS J. 1986. Selenium status in Europe. Human data, a multicenter study. *Ann. Clin. Res.* **18** : 3–77.
- [22] WACHOWICZ B. 1989. Selen w płytkach krwi. *Kosmos*. **38** : 319–329.
- [23] WEN T. N., LI C., CHEN C. S. 1988. Ubiquity of selenium-containing tRNA in plants. *Plant Science*. **57** : 185–193.
- [24] YOUNG P. A., AISER I. I. 1979. Isolation and partial characterization of transfer RNAs from *Astragalus bisulcatus*. *Plant Physiol.* **63** : 511–517.