

Anna KRZEPIŁKO¹ i Iwona ZYCH-WĘŻYK¹

WPLYW WZBOGACENIA JADALNYCH SIEWEK BROKOŁU SELENEM NA AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNĄ ORAZ ZAWARTOŚĆ CHLOROFILU

EFFECT OF SELENIUM ENRICHMENT OF EDIBLE BROCCOLI SEEDLINGS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY AND CHLOROPHYLL CONTENT

Abstrakt: Selen jest niezbędnym mikroelementem o właściwościach przeciwutleniających. Brokuł ma zdolność do akumulowania selenu z gleb i pożywek wzbogaczanych w jego związku. Celem prezentowanej pracy była ocena wpływu dodatku selenu (w postaci Na_2SeO_3) na aktywność antyoksydacyjną i zawartość chlorofilu w jadalnych siewkach brokołu. Zastosowano różne stężenia Na_2SeO_3 : 10, 50 oraz 100 μg na 1 g nasion. Obserwacje morfologiczne siewek brokołu na wczesnych etapach kiełkowania pozwalają na stwierdzenie, że dodatek selenianu(VI) sodu przyspiesza proces kiełkowania nasion i wykształcania korzenia zarodkowego. Siewki brokołu hodowane z dodatkiem selenianu charakteryzowały się większą biomasa w porównaniu do roślin kontrolnych. Oznaczając stężenie chlorofilu, stwierdzono, że stężenie chlorofilu *a* było wyższe niż chlorofilu *b* zarówno w kontroli, jak i w siewkach hodowanych z dodatkiem selenianu. Dodatek selenianu przyspieszał proces wytwarzania chlorofilu w siewkach brokołu, co wyraźnie stwierdzono w czwartym dniu hodowli. Dodatek selenianu stymulował także wytwarzanie chlorofilu *b* w siewkach brokołu w początkowym okresie ich wzrostu. Stężenie chlorofilu w próbkach z selenianem było wyższe niż w kontroli w początkowym okresie wzrostu siewek. Jednak w kolejnych dniach hodowli zawartość chlorofilu w kontroli zwiększała się szybciej niż w próbkach z selenianem. Wewnątrzkomórkowe stężenie selenu wpływa na procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach. Oznaczając całkowitą zdolność antyoksydacyjną w ekstraktach z siewek brokołu, stwierdzono, że w czwartym dniu hodowli zawartość antyoksydantów wyrażona w ekwiwalencie troloksu była podobna w próbkach kontrolnych i rosnących w obecności selenianu. W 5 i 6 dniu hodowli obserwowano spadek całkowitej zdolności antyoksydacyjnej (CZA) we wszystkich próbkach. W szóstym dniu hodowli siewki rosnące w obecności selenianu charakteryzowały się niższą wartością CZA niż obiekt kontrolny. Związki selenu w zależności od stężenia mogą działać prooksydacyjnie na komórki roślin.

Słowa kluczowe: selenian(VI) sodu, siewki brokołu, aktywność antyoksydacyjna, zawartość chlorofilu

Wstęp

Selen jest niezbędnym mikroelementem o właściwościach przeciwutleniających. Optymalna dzienna dawka Se dla człowieka to 50 ± 200 μg , natomiast dawka ponad 600 ± 800 μg staje się toksyczna [1]. Selen wchodzi w skład enzymów, występuje m.in. w peroksydazie glutationowej, która bierze udział w rozkładzie nadtlenu wodoru oraz chroni przed utlenianiem lipidów [2]. Selen odgrywa ważną rolę w zapobieganiu chorobom sercowo-naczyniowych [3] oraz nowotworom [4, 5]. Rośliny zawierają niewielkie ilości selenu. Na pobieranie selenu wpływa pH gleby oraz temperatura otoczenia. Rośliny różnią się zdolnością do pobierania i akumulowania selenu. Zawartość selenu w większości roślin uprawnych jest mała i nie przekracza $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. Istnieje jednak grupa produktów roślinnych, takich jak: nasiona jęczmienia, soi, jadalne części szparaga, kalarepy, cykorii oraz orzechy kokosowe, bogata w selen [6]. Szczególnie bogate w selen są gatunki targanka

¹ Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Szczepieszka 102, 22-400 Zamość, tel. 84 677 27 20, email: anna.krzepilko@up.lublin.pl

(*Astragalus*) [7]. Rośliny z rodziny *Cruciferae* charakteryzują się znacznie większą zawartością selenu niż np. sałata, pomidor czy truskawki [8].

Kapusta oraz brokuł mają zdolność do akumulowania selenu z gleb wzbogacanych w jego związki. Prowadzone są prace w licznych ośrodkach mające na celu wzbogacenie roślin jadalnych w selen, tak aby stały się one źródłem jego biodostępnych form [9]. Jest to szczególnie istotne, gdyż w Europie występują niedobory selenu w glebach, co wpływa na skład żywności. Rośliny wzbogacane w selen mogą być potencjalnym suplementem jego związków [10, 11]. Liczne badania wykazały, iż wzbogacenie brokołu w Se wywiera korzystny wpływ na zapobieganie chorobom nowotworowym [12-15]. Brokuł gromadzi selen jako Se-metyloselenocysteinę, związek o właściwościach przeciwnowotworowych. Nasiona brokołu kiełkujące na pożywkach wzbogacanych w selen miały zdolność do akumulowania dużych ilości tego związku [12]. Kiełki brokołu zawierają też duże ilości sulforafanu. Związek ten powstaje w nasionach i nie jest produkowany podczas wzrostu roślin [16]. Jedna siewka brokołu zawiera taką samą ilość sulforafanu jak w pełni wyrosnięty (dojrzały) brokuł [17].

Celem prezentowanej pracy jest ocena wpływu dodatku selenu (w postaci Na_2SeO_3) na aktywność antyoksydacyjną i zawartość chlorofilu w jadalnych siewkach brokołu. Wyniki te porównywano z próbą kontrolną bez dodatku selenu.

Materiały i metody

Do badań zastosowano nasiona brokołu - nasiona na kiełki zakupione w firmie PNOS w Ożarowie Mazowieckim S.A. Nasiona kiełkowały na szalkach Petriego wyłożonych bibułą filtracyjną, w naturalnych warunkach oświetlenia, w temperaturze 22°C. Na szalkę odważono 1 g nasion brokołu i dodawano roztworu selenianu(VI) sodu. Zastosowano różne stężenia Na_2SeO_3 : 10, 50 oraz 100 μg na 1 g nasion. Równocześnie przygotowano obiekt kontrolny, gdzie nasiona zwilżano wodą destylowaną. W kolejnych dniach nasiona podlewano wodą w miarę potrzeby. Materiał do badań zbierano od 4 do 6 dnia.

Do przygotowania ekstraktów do pomiaru zawartości chlorofilu zbierano po 0,5 g siewek bez okryw nasiennych. Siewki homogenizowano z wodą, a następnie dodawano acetonu do stężenia 80%, tak by objętość próbki po ekstrakcji wynosiła 50 cm^3 . W badanych ekstraktach z siewek brokołu oznaczono ilość chlorofilu *a* i *b* oraz *a+b* w świeżej masie siewek metodą spektrofotometryczną, opisaną przez Blamowskiego i Borowskiego [18].

Aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z siewek brokołu oznaczono metodą z zastosowaniem rodnika DPPH (*1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl*). Ekstrakty do pomiaru aktywności antyoksydacyjnej przygotowano, homogenizując 0,5 g siewek bez okryw nasiennych z 5 cm^3 wody, otrzymany homogenat odwirowano. Do 50 mm^3 ekstraktu z siewek dodawano po 1500 mm^3 etanolowego roztworu DPPH. Podczas reakcji DPPH z antyoksydantem stabilny rodnik DPPH przejmuje elektrony od antyoksydanta i zanika jego fioletowe zabarwienie. Spadek absorbancji mierzono w stosunku do próbki kontrolnej (roztwór DPPH + etanol) po 30 minutach od zainicjowania reakcji przy długości fali $\lambda = 517 \text{ nm}$ [19]. Zawartość antyoksydantów wyrażano w μM troloksu na 1 g świeżej masy siewek.

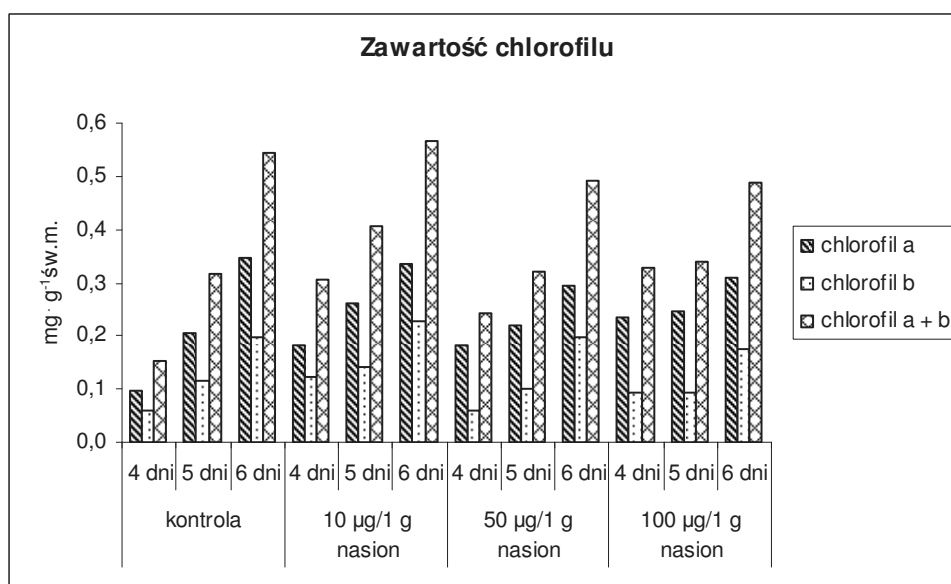
Wyniki, ich omówienie i analiza

Obserwacje morfologiczne siewek brokołu na wczesnych etapach kiełkowania pozwalają na stwierdzenie, że wzbogacenie selenem przyspiesza proces kiełkowania nasion i wykształcania korzenia zarodkowego. W trzecim dniu hodowli w próbce kontrolnej pękniętą okrywą nasienną miało 68% nasion, natomiast w próbkach z selenianem(VI) sodu odpowiednio: 10 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion - 86%, 50 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion - 70% a w próbce 100 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion - 76%. Korzeń zarodkowy o długości powyżej 3 mm wykształcił się w trzecim dniu hodowli, w próbce kontrolnej, u 34% siewek, a w próbkach z dodatkiem selenianu(VI) sodu 10 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion - 52%, 50 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion - 52%, a w próbce 100 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion - 48%. Siewki brokołu hodowane z dodatkiem selenianu(VI) sodu charakteryzowały się większą biomasą w porównaniu do roślin kontrolnych. W szóstym dniu hodowli biomasa siewek rosnących z dodatkiem selenianu była o około 40% większa niż w próbce kontrolnej. Przyrost biomasy pomiędzy 4 a 6 dniem hodowli wynosił 95% dla próbki kontrolnej (za 100% przyjęto masę siewek w 4 dniu hodowli dla danej próbki). Dodatek selenianu wyraźnie zwiększał przyrost biomasy siewek: dla dawki selenianu(VI) sodu 10 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion o 132%; dla 50 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion o 126%; a dla 100 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion o 59%. Rozpuszczalne formy związków (seleniany(VI) i seleniany(IV)) są łatwo pobierane przez rośliny [6]. Prace wielu autorów potwierdzają, że selen jest dobrze pobierany z pożywki, a jego stężenie w organach roślin wzrasta. Hawrylak i in. badali zawartości selenu w korzeniach kukurydzy w uprawie hydroponicznej i stwierdzili, że wraz ze wzrostem jego stężenia w pożywce jego zawartość w korzeniach była znacznie większa w postaci selenianu(IV) niż selenianu(VI) [20].

Teresiński i in. podają, że selen powoduje u niektórych gatunków zaburzenia kiełkowania i wzrostu [21]. Selen na stopniu utlenienia +IV hamuje kiełkowanie nasion kolendry, natomiast selen na stopniu utlenienia +VI wpływa na kiełkowanie nasion fasoli. Nadmiar selenu w podłożu może negatywnie oddziaływać na podział i wzrost komórek, hamuje organogenezę, syntezę białek i kwasów nukleinowych [22]. Hawrylak i Szymańska zwracają uwagę na fitotoksyczność różnych form selenu dla korzeni kukurydzy. Selenian(VI) w stężeniu 25 $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ stymulował elongację systemu korzeniowego kukurydzy, natomiast duże dawki selenianu(IV) powodowały zaburzenia geotropizmu systemu korzeniowego [20].

Zawartość chlorofilu w roślinach nierozzerwalnie wiąże się z produktywnością roślin [23]. Podczas kiełkowania nasion brokołu liścienie wykształcają się w 4 dniu hodowli. W tym czasie barwniki fotosyntetyczne i struktury chloroplastu syntetyzowane są *de novo* i dlatego też kiełki są dogodnym modelem do badań nad wpływem selenu na zawartość chlorofilu. Oznaczając zawartość chlorofilu, stwierdzono, że stężenie chlorofilu *a* było wyższe niż chlorofilu *b* zarówno w kontroli, jak i w siewkach hodowanych z dodatkiem selenianu(VI) sodu. Dodatek selenianu przyspieszał proces wytwarzania chlorofilu w siewkach brokołu, co wyraźnie stwierdzono w czwartym dniu hodowli. W próbce z selenianem(VI) sodu 100 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion stężenie chlorofilu *a* było o 146% wyższe niż w kontroli. W 5 dniu hodowli te różnice zmniejszały się, a w 6 dniu obserwowano nieco niższe stężenie chlorofilu *a* w próbkach z dodatkiem selenianu niż w kontroli. Dodatek selenianu(VI) sodu stymulował także wytwarzanie chlorofilu *b* w siewkach brokołu w początkowym okresie ich wzrostu. Stwierdzono, że w czwartym dniu hodowli siewki

rosnące z dodatkiem selenianu(VI) sodu o zawartości 10 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion charakteryzowały się najwyższą zawartością chlorofilu *b*, o 109% wyższą niż w kontroli. W następnych dniach hodowli stężenie chlorofilu *b* wzrastało we wszystkich wariantach doświadczenia, jednak różnice pomiędzy próbką kontrolną a próbkami z selenianem zmniejszały się. W szóstym dniu hodowli w próbkach z selenianem o zawartości 50 i 100 $\mu\text{g}/1\text{ g}$ nasion stężenie chlorofilu było niższe niż w próbce kontrolnej. Reasumując, stężenie chlorofilu w próbkach z selenianem było większe niż w kontroli w początkowym okresie wzrostu siewek. Jednak w kolejnych dniach hodowli zawartość chlorofilu w kontroli zwiększała się szybciej niż w próbkach z selenianem (rys. 1). Stężenie wewnątrzkomórkowego selenu wpływa na procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach. Selenian(VI) jest łatwiej przyswajalną formą tego pierwiastka, jego pobieranie jest procesem regulowanym metabolicznie [24].



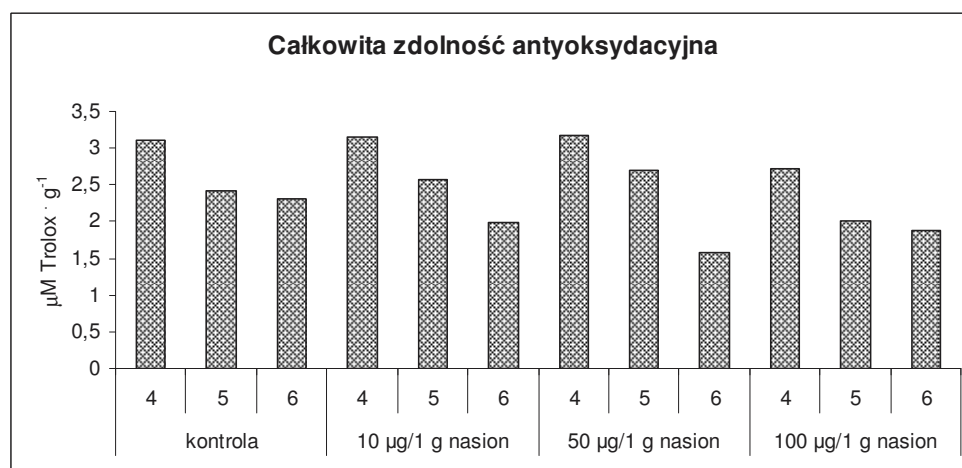
Rys. 1. Wpływ stężenia selenianu(VI) sodu na zawartość chlorofilu w siewkach brokołu

Fig. 1. Effect of sodium selenate concentration on chlorophyll content in broccoli seedlings

Glony *Spirulina platensis* [25] mają zdolność do gromadzenia dużych ilości selenu. W niskich stężeniach Se zwiększał produkcję biomasy i wpływał na zawartość barwników fotosyntetycznych, przy wysokich stężeniach te parametry znacząco obniżały się. Równocześnie stwierdzono, że enzymy antyoksydacyjne odgrywają ważną rolę w ochronie komórek przed stresem wywołanym obecnością wysokich dawek Se. Wyższe stężenia Se ($\geq 175\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) doprowadziły do wzrostu aktywności *peroksydazy glutationowej* (GPX), *dysmutazy ponadtlenkowej* (SOD), *katalazy* (CAT) i *peroksydazy* (POD) oraz do *peroksydacji lipidów* (LPO).

Hawrylak i Szymańska, stwierdzili, że selenian(VI) o stężeniu $25 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ wykazuje działanie antyoksydacyjne, hamując proces peroksydacji lipidów oraz stymulując elongację systemu korzeniowego kukurydzy. Natomiast selenian(VI) o stężeniu $50 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz selenian(IV) o stężeniach 25 i $50 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ powoduje wzrost produktów peroksydacji w korzeniach kukurydzy. Selen, niezależnie od stosowanej formy, wpływa na wzrost zawartości glutationu w tkankach korzeni [20].

Wpływ selenu na biosyntezy chlorofilu badano u siewek fasoli mung [26]. Prekursorem porfiryn jest kwas 5-aminolewulinowego, jednak selen nie wpływał na jego syntezę. Selen hamuje aktywność syntezy porfobilinogenu i zmniejszenie całkowitej zawartości chlorofilu siewek rosnących w naturalnym oświetleniu. Zmiany aktywności syntezy porfobilinogenu były zależne od dawki selenu. Wpływ selenu na biosyntezę chlorofilu potwierdzono w doświadczeniach przeprowadzonych na izolowanych chloroplastach. Również w tych badaniach selen hamował aktywność kluczowego enzymu dla syntezy chlorofilu [26].



Rys. 2. Wpływ stężenia selenianu(VI) sodu na całkowitą zdolność antyoksydacyjną siewek brokułu oznaczoną metodą DPPH

Fig. 2. Effect of sodium selenate concentration on total antioxidant capacity of broccoli seedlings, determined by the DPPH method

Metoda oznaczania DPPH pozwala na pomiar zawartości wszystkich związków o właściwościach antyoksydacyjnych zawartych w próbce. Oznaczając całkowitą zdolność antyoksydacyjną w ekstraktach z siewek brokułu, stwierdzono, że w czwartym dniu hodowli zawartość antyoksydantów wyrażona w ekwiwalencie troloksu była podobna w próbkach kontrolnych i rosnących w obecności selenianu. W 5 i 6 dniu hodowli obserwowano spadek całkowitej zdolności antyoksydacyjnej we wszystkich próbkach. W szóstym dniu hodowli siewki rosnące w obecności selenianu(VI) sodu charakteryzowały się niższą wartością CZA niż obiekt kontrolny (rys. 2). Związki selenu w zależności od stężenia mogą działać prooksydacyjnie na komórki roślin. Dodatek do podłoża selenu na

+IV i +VI stopniu utlenienia w dawce $0,05 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w znaczący sposób zmieniał zawartość nieenzymatycznych antyutleniaczy: kwasu askorbinowego, glutationu, fenoli, flawonoidów, co, jak sugerują Telesiński i in., może być wynikiem występowania stresu oksydacyjnego w badanych roślinach dwuliściennych [22]. Hawrylak i Szymańska zwracają uwagę na gromadzenie się produktów peroksydacji w korzeniach kukurydzy rosnącej w obecności selenianu(VI) o stężeniu $50 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ lub selenianu(IV) o stężeniach 25 i $50 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. O tym, że związki te wpływają na homeostazę prooksydacyjno-antyoksydacyjną, świadczy też wzrost zawartości glutationu w tkankach korzeni po zastosowaniu selenu [20].

Literatura

- [1] Wachowicz B. Selen w roślinach. *Wiadom Botaniczne*. 1993;37:87-89.
- [2] Bartosz G. *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2003.
- [3] Lymbury R, Tinggi U, Griffiths L, Rosenfeldt F, Perkins AV. Selenium status of the Australian population: effect of age, gender and cardiovascular disease. *Biol Trace Elem Res*. 2008;126:1-10. DOI: 10.1007/s12011-008-8208-6
- [4] Abdulah R, Miyazaki K, Nakazawa M, Koyama H. Chemical forms of selenium for cancer prevention. *J Trace Elem Med Biol*. 2005;19:141-150. DOI: 10.1016/j.jtemb.2005.09.003
- [5] Peters U, Takata Y: Selenium and the prevention of prostate and colorectal cancer. *Mol Nutr Food Res* 2008;52:1261-1272. DOI: 10.1002/mnfr.200800103.
- [6] Wesołowski M, Ulewicz B. Selen - pierwiastek śladowy niezbędny dla człowieka, występowanie, znaczenie biologiczne i toksyczność. *Farm. Pol*. 2000;56:1004-1019.
- [7] Mizutani T, Tanabe K, Watanabe K, Goto M. Selenium contents in Astragalus and uncultivated soils in Japan. *Jpn. J. Toxicol. Environ. Health*. 1996;42:360-366.
- [8] Ahmed HK. Differences between some plants in selenium accumulation from supplementation soils with selenium. *Agric. Biol. J. N. Am*. 2010;1(5):1050-1056. DOI: 10.5251/abjna.2010.1.5.1050.1056.
- [9] Elless MP, Blaylock MJ, Huang JW, Gussman CD. Plants as a natural source of concentrated mineral nutritional supplements. *Food Chem*. 2000;71:181-188.
- [10] Mazej D, Fálnoga I, Veber M, Stibilj V. Determination of selenium species in plant leaves by HPLC-UV-HG-AFS. *Talanta*. 2006;68:558-568. DOI: 10.1016/j.talanta.2005.04.056.
- [11] Pezzarossa B, Petruzzelli G, Petacco F, Malorgio F, Ferri T. Absorption of selenium by *Lactuca sativa* as affected by carboxymethylcellulose. *Chemosphere*. 2007;67:322-329.
- [12] Abdulah R, Faried A, Kobayashi K, Yamazaki C, Suradji EW, Ito K, Suzuki K, Murakami M, Kuwano H, Koyama H. Selenium enrichment of broccoli sprout extract increases chemosensitivity and apoptosis of LNCaP prostate cancer cells. *BMC Cancer*. 2009;9:414-425. DOI: 10.1186/1471-2407-9-414.
- [13] Finley JW, Davis CD, Feng Y. Selenium from high selenium broccoli protects rats from colon cancer. *J Nutr*. 2000;130(9):2384-2389.
- [14] Davis CD, Zeng H, Finley JW. Selenium-enriched broccoli decreases intestinal tumorigenesis in multiple intestinal neoplasia mice. *J Nutr*. 2002;132(2):307-309.
- [15] Zeng H, Davis CD, Finley JW. Effect of selenium-enriched broccoli diet on differential gene expression in min mouse liver(1,2). *J Nutr Biochem*. 2003;14(4):227-231. DOI: 10.1016/S0955-2863(03)00005-6.
- [16] Fahey JW, Zhang Y, Talalay P. Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1997;94:10367-10372.
- [17] Donaldson MS. Nutrition and cancer: A review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition Journal*. 2004;3:19. DOI: 10.1186/1475-2891-3-19.
- [18] Blamowski ZK, Borowski E. *Ćwiczenia z fizjologii roślin*. Lublin: Wyd. AR; 2006.
- [19] Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol*. 1995;28:25-30. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
- [20] Hawrylak B, Szymańska M. Wybrane aspekty antyoksydacyjnej i prooksydacyjnej aktywności selenu w korzeniach kukurydzy (*Zea mays* L.). *Roczn AR Poznan*. 2007;41:487-491.
- [21] Telesiński A, Klódka D, Komsta A, Mroczek J. Zmiany zawartości kwasu askorbinowego, glutationu, flawonoidów oraz związków fenolowych w wybranych gatunkach roślin w zależności od stopnia utlenienia selenu dodanego do podłoża, część II. Rośliny dwuliścienne. *Ochr Środ Zasob Natur*. 2009;40:372-379.

- [22] Pazurkiewicz-Kocot K, Galas W. Zależność pomiędzy akumulacją K, Na i Ca w tkankach siewek *Zea mays* L. a stężeniem SeO_2 i NaHSeO_3 w środowisku zewnętrznym. *Zesz Probl Post Nauk Roln.* 2002;481:545-551.
- [23] Fambrini M, Castagna A, Dalla Vecchia F, Degl'Innocenti E, Ranieri A, Vernieri P, et al. Characterization of a pigment-deficient mutant of sunflower (*Helianthus annuus* L.) with abnormal chloroplast biogenesis, reduced PS II activity and low endogenous level of abscisic acid. *Plant Science.* 2004;167:79-89. DOI: 10.1016/j.plantsci.2004.03.002.
- [24] Terry N, Zayed AM, de Souza MP, Tarun AS. Selenium in higher plants. *Ann Rev Plant Physiol. Plant Mol Biol.* 2000;51:401-432. DOI: 10.1146/annurev.arplant.51.1.401.
- [25] Chen TF, Zheng WJ, Wong YS, Yang F. Selenium-induced changes in activities of antioxidant enzymes and content of photosynthetic pigments in *Spirulina platensis*. *J Integr Plant Biol.* 2008;50(1):40-48. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2007.00600.x.
- [26] Padmaja K, Prasad DDK, Prasad ARK. Effect of selenium on chlorophyll biosynthesis in mung bean seedlings. *Phytochemistry.* 1989;28:3321-3324.

THE EFFECT OF SELENIUM ENRICHMENT OF EDIBLE BROCCOLI SEEDLINGS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY AND CHLOROPHYLL CONTENT

Faculty of Agricultural Sciences in Zamosc, University of Life Sciences in Lublin, Zamość

Abstract: Selenium is an essential micronutrient with antioxidant properties. Broccoli is capable of accumulating selenium from the soil and from media enriched with its compounds. The aim of the study was to evaluate the effect of selenium supplements (in the form of Na_2SeO_3) on the antioxidant activity and chlorophyll content of edible broccoli seedlings. Different concentrations of Na_2SeO_3 were used: 10, 50 and 100 μg per 1 g of seeds. Morphological observations of the broccoli seedlings during the early stages of germination indicate that sodium selenate supplementation accelerates the germination process and radicle formation. Broccoli seedlings grown with selenate had greater biomass than the control plants. Determinations of chlorophyll concentration showed that chlorophyll *a* concentration was higher than that of chlorophyll *b* both in the control and in the seedlings grown with selenate. Selenate accelerated the chlorophyll-production process in the broccoli seedlings, which could be clearly seen on the fourth day of growth. Selenate supplementation also stimulated production of chlorophyll *b* in the broccoli seedlings during the initial period of growth. Chlorophyll concentration in the samples with selenate was higher than in the control in the initial period of growth. On successive days of growth, however, chlorophyll content in the control increased faster than in the samples with selenate. The intracellular concentration of selenium affects physiological processes taking place in the plants. Determination of total antioxidant capacity in the broccoli seedling extracts showed that on the fourth day of growth antioxidant content expressed as trolox equivalent was similar in the control samples and those grown in the presence of selenate. On days 5 and 6 of growth, a decrease in TEAC was observed in all samples. On the sixth day, the seedlings grown in the presence of selenium had lower TEAC than the control samples. Selenium compounds, depending on their concentration, can have a pro-oxidant effect on the cells of the plants.

Keywords: sodium selenate, broccoli seedlings, antioxidant activity, chlorophyll content