ACTA AGROBOTANICA
Vol. 59, z. 1 2006
s. 447 462

Kwitnienie i owocowanie *Lycopersicon esculentum* Mill. i *Cucumis sativus* L. rosnących w środowisku skażonym niklem w obecności substratu jonitowego BIONA 312

RENATA MATRASZEK

Katedra Fizjologii Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20 950 Lublin
Department of Plant Physiology, Agricultural University of Lublin,
Akademicka 15 Street, Lublin, Poland

Florescence and fructification of *Lycopersicon esculentum* Mill. and *Cucumis sativus* L. growing in the medium contaminated with nickel under presence of the ion exchange substrate BIONA 312

(Otrzymano: 3.12.2005)

S u m m a r y

The purpose of undertaken investigation was to test the possibility of decreasing nickel toxic influence on florescence and fructification of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 'Koralik' cv. and cucumber (*Cucumis sativus* L.) 'Hermes F_1' cv. plants by introducing into contaminated medium the ion exchange substrate BIONA 312 ion exchange resin possessing sorptive properties and containing nutrient elements. In experiment, two levels of nickel ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$), i.e. 40 or 100 mg Ni·kg ^{1} of the substrate, as well as two doses of the ion exchange substrate BIONA 312 ie. 20 or 50 g·kg ^{1} of the substrate (relatively 2 and 5% of medium weight), were applied. As a substrate hortisol and quartz sand at rate 2:1 was used. Nickel significantly influenced florescence and fructification date of experimental plants. Nickel at dose 40 mg Ni·kg ^{1} of the substrate caused earlier florescence and earlier setting of tomato fruits, as well as significant decrease in the number of cucumber female flowers. Late and limited blooming of tomato plants growing in the medium contained 100 mg Ni·kg ^{1} of the substrate resulted in not ripping fruits till the ened of experiment. Under these circumstances, during florescence a complete lack of cucumber female and male flowers was recorded that resulted in complete lack of fruit crop. Ion exchange substrate BIONA 312 introduced to the contaminated medium decreased toxic influence of nickel on the experimental plant species significantly increasing flowers and fruits number. Irrespective of the nickel dose introduced to the medium more efficent for the reduction of this metal phytotoxicity turned out to be addition of ion exchange

substrate BIONA 312 at the dosage 5 than 2%. Moreover after introducing 2 or 5% ion exchange substrate dose tomato plants groving in the medium containing 40 mg Ni·kg ^{1} earlier and more intensive florescence as well as eariel fruits ripeness were observed.

Key words: tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), blooming, fructification, ion exchange substrate BIONA 312, nickel

WSTĘP

Postępujące zanieczyszczenie środowiska naturalnego oraz dewastacja i degradacja znacznych obszarów uprawnych terenów rolniczych skłaniają do usilnego poszukiwania nowych, bardziej skutecznych i ekonomicznych rozwiązań, które przyczynią się do przywrócenia produktywności gleb uprawnych oraz do rekultywacji terenów zdewastowanych. Rozwiązaniem takim wydaje się możliwość wykorzystania wymieniaczy jonowych zwanych inaczej substratami jonitowymi lub glebami jonitowymi (Chomczyńska, 2001; Sołdatov, i in., 2001; 2002). Substraty jonitowe typu BIONA są doskonałymi nośnikami związków biogennych, dzięki czemu mogą spełniać rolę nawozu mineralnego, co pozwala na zastosowanie jonitów jako dodatku do podłoża ogrodniczego, gleby ogrodowej czy torfu torfowiska wysokiego (Sołdatov i in., 1996; 1997; 1998). Jonity zawierają 5-8% substancji pokarmowych w formach łatwo dostępnych dla roślin. Wysokie stężenie jonów biogennych w substracie nie wpływa negatywnie na wzrost roślin jak to ma miejsce w przypadku wprowadzenia do podłoża zbyt wysokiej dawki stosowanych powszechnie nawozów mineralnych. Pierwiastki biogenne występują w glebach jonitowych w dużych koncentracjach, w formach łatwo dostępnych dla roślin, jednak są nieaktywne osmotycznie, co nie powoduje nadmiernego stężenia roztworu glebowego (Starck, 1980; Sołdatov i in., 1996; Soldatov i in., 1997; Sołdatov i in., 2001; Chomczyńska i in., 2002). W początkowym okresie wzrostu roślin jonit jest źródłem składników pokarmowych, a po wyczerpaniu się ich zapasu zatrzymuje wprowadzone do podłoża składniki odżywcze zapobiegając ich wymywaniu i w rezultacie poprawia właściwości sorpcyjne podłoża (Chomczyńska i in. 2001; 2002). Celem pracy było określenie wpływu niklu na kwitnienie oraz owocowanie roślin pomidora i ogórka oraz wykazanie czy wprowadzenie do skażonego niklem podłoża substratu jonitowego BIONA 312 ogranicza fitotoksyczność polutanta. Nikiel jest pierwiastkiem o znacznej mobilności, co szczególnie wyraźnie zaznacza się w podłożu o kwaśnym odczynie. Występuje w środowisku odżywczym roślin w formach bardzo łatwo przyswajalnych. W glebach występuje w kilku postaciach: wymiennej, specyficznie adsorbowanej, połączonej z półtoratlenkami, tlenkami Fe i Mn, substancją organiczną oraz siecią krystaliczną minerałów, natomiast w roztworze glebowym pojawia się jako wolny jon (Ni^{2+}) oraz w postaci rozpuszczalnych, kompleksowych połączeń z ligandami organicznymi i nieorganicznymi (Adriano, 1986; Dudka i in., 1993; Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Nadmierna akumulacja niklu w glebach, obok bezpośredniej szkodliwości dla flory i fauny glebowej, sprzyja gromadzeniu

tego pierwiastka i włączaniu go poprzez rośliny konsumpcyjne w łańcuch troficzny, co stanowi poważne zagrożenie dla człowieka i zwierząt (Sauerbeck, 1989; Małysz, 1991; Kukier i in., 1997; Terelak i in. 1997; Martyn i in., 1998). Zwiększone pobieranie niklu przez rośliny, będące konsekwencją wzrastających ilości mobilnych form tego metalu w podłożu, w rezultacie zakłóca wiele procesów biochemicznych i fizjologicznych, powoduje dezintegrację struktury morfologicznej i anatomicznej organów oraz uszkadza komórki na ultrastrukturalnym poziomie ich organizacji (Mishra i Kar, 1974; Čiamparovà i Majstrik, 1993; Krupa i Baszyński, 1995; Bielecki i in. 1996; L'Hullier i in., 1996; Baccouch i in., 1998; Kevrešan i in., 1998; Jasiewicz i Antonkiewicz, 2002; Molas, 2002). Nikiel ma mutageniczne, teratogeniczne i kancerogenne oddziaływanie na organizmy żywe (Lèonard i in., 1981; Coogan i Latta, 1989; Strączyński, 1997). Uwzględniając nie do końca jeszcze poznaną biologiczną rolę niklu, liczne źródła zanieczyszczenia tym metalem (ścieki, odpady organiczne i nieorganiczne, pyły i dymy dostające się do atmosfery, wód i gleby) oraz łatwość z jaką ten toksyczny dla organizmów żywych pierwiastek włącza się w łańcuch pokarmowy poddano ocenie możliwość złagodzenia niekorzystnego wpływu niklu na rośliny poprzez wprowadzenie do skażonego podłoża substratu jonitowego BIONA 312 posiadającego właściwości sorbcyjne i będącego zarazem nośnikiem związków biogennych. Prezentowane w niniejszej pracy rezultaty stanowią jedynie fragment badań nad możliwością łagodzenia skutków obecności niklu w środowisku przez zastosowanie sorbentu jonitowego BIONA 312. Oprócz zamieszczonych w pracy aspektów problemu badawczego badano produkcyjność roślin pomidora i ogórka, dokonano pomiaru cech biometrycznych roślin (objętości korzeni, długości pędu głównego, liczby pędów bocznych i liści), oszacowano zawartość poszczególnych frakcji chlorofilu, analizowano koncentrację, gromadzenie i wykorzystanie wybranych makroskładników (N, P, K, Ca, Mg) oraz oznaczono zawartość niklu w biomasie eksperymentalnych roślin (Matraszek, 2004; Szymańska i in., 2004).

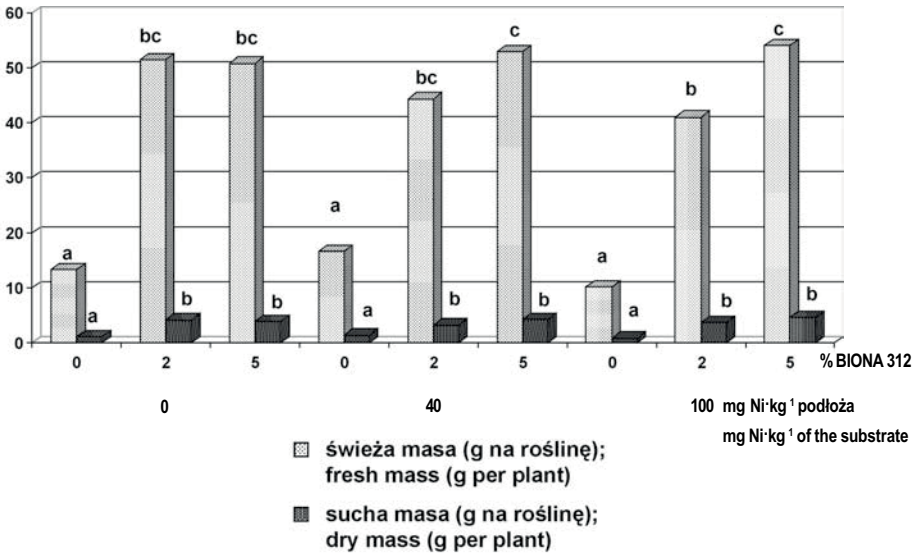
MATERIAŁ I METODY

Zastosowany w badaniach własnych substrat jonitowy BIONA 312 jest jednym z najefektywniejszych substratów przygotowanych w Instytucie Chemii Fizycznej i Organicznej Białoruskiej Akademii Nauk w Mińsku, będących mieszaninami kationitów i anionitów nasyconych w odpowiednich proporcjach makro- i mikroelementami (Sołdatov i in., 1969). BIONA 312 jest mieszaniną jonowymiennego substratu BIONA 112 (56% wagowych) i naturalnego zeolitu klinoptylolitu (44% wagowych). Stanowiąca podstawę BIONY 312 BIONA 112 sporządzona została na bazie typowego, silnie kwaśnego kationitu KU-2 i polifunkcyjnego, słabo zasadowego anionitu EDE-10P, zmieszanych w proporcji wagowej 1:1,5. Jonity wchodzące w skład substratu BIONA 312 charakteryzują się całkowitymi pojemnościami wymiennymi, wynoszącymi odpowiednio 5,02 i 9,5-10,5 $mmol \cdot g^{1}$. Robocza pojemność kationitu KU-2 i anionitu EDE 10P wynosiła odpowiednio 5,02 i 2,5 -3,5

mmol·g [1]. Skład chemiczny substratu jonitowego BIONA 312 (g·kg [1] substratu): N 3.1, P 1.1, K 17.6, Ca 22.2, Mg 4.4, S 2.0, Fe 2.2, Mn 0.220, Cu 0.064, Zn 0.057, Co 0.015, Mo 0.044, B 0.110, Cl 3.900, Na 1.380; kwasowość substratu wynosi 6.5 7,0 (Sołdatov i in., 1978; Sołdatov i in., 1997; Sołdatov i in., 1998; Chomczyńska i in., 2002). Eksperyment przeprowadzono w hali wegetacyjnej, metodą kultur stałych, w wazonach o pojemności 2,7 dm^3 mogących pomieścić 2 kg podłoża. Obiekt badań stanowiły 2 gatunki roślin: pomidor gruntowy (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odmiany 'Koralik' charakteryzujący się małymi (średnicy 1,5-2 cm), intensywnie czerwonymi owocami, bardzo licznie osadzonymi na gronach i ogórek gruntowy (*Cucumis sativus* L.) odmiany 'Hermes F_1' o kształtnych (stosunek długości do średnicy 3:1), cylindrycznych, zielonych z jasnymi smugami, lekko błyszczących owocach nie wykazujących tendencji do przerastania na grubość i zniekształceń. W eksperymencie zastosowano 2 poziomy niklu aplikowanego w formie $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, tj. 40 lub 100 mg Ni·kg [1] podłoża i 2 dawki substratu jonitowego BIONA 312 20 lub 50 g·kg [1] podłoża, co stanowiło odpowiednio 2 i 5% masy podłoża. W całym eksperymencie jako podłoże zastosowano glebę ogrodową zmieszaną z pozbawionym wszelkich zanieczyszczeń i składników mineralnych piaskiem w stosunku 2:1. Skład chemiczny użytej w doświadczeniu gleby ogrodowej, określony na podstawie wyciągu wodnego, przedstawiał się następująco: N 22.54, P 0.05, K 52.39, Ca 189.73, Mg 9.19, S 17.73, Fe 10.89, Cl 22.90, Na 11.79 mg·dm^3 oraz 4.78% humusu. Składniki pokarmowe podłoża we wszystkich seriach (wariantach) doświadczenia uzupełniono do poziomu: N 450 (NH_4NO_3 i KNO_3), P 180 (KH_2PO_4), K 400 (KNO_3 i KH_2PO_4), Ca 700 ($CaCO_3$), Mg 200 ($MgCl_2$) mg na wazon. Przy zakładaniu doświadczenia i po zbiorze roślin pH podłoża wynosiło odpowiednio 6,5 6,0. Przez cały okres wegetacji utrzymywano optymalną wilgotność podłoża, tj. 60% pełnej pojemności wodnej. Wegetację roślin prowadzono w następujących przedziałachczasowych: pomidor 06.03 (wysiew nasion), 15.05 (pikowanie rozsady do wazonów), 1.07 (faza kwitnienia I likwidacja), 7.08 (faza owocowania II likwidacja); ogórek 15.05 (wysiew nasion), 28.06 (faza kwitnienia I likwidacja), 10.07 (faza owocowania II likwidacja). Zatem sprzętu roślin dokonano dwukrotnie, likwidując w każdej serii po 10 wazonów w fazie kwitnienia, tzn. po 17 (pomidor) i 7 (ogórek) tygodniach wegetacji oraz po 10 wazonów w fazie owocowania odpowiednio 22 i 9 tygodniach wzrostu. Uzyskane dane liczbowe dotyczące liczby zawiązków kwiatowych i owocowych, liczby kwiatów i owoców oraz świeżej i suchej masy owoców poddano analizie statystycznej wykorzystując program Arstat opracowany przez pracowników Ośrodka Informatyki AR w Lublinie. Analizę wariancji przeprowadzono z wyznaczeniem średnich arytmetycznych oraz najmniejszej udowodnionej różnicy Tukey'a dla par średnich (NUR ang. LSD) przy poziomie istotności p=0.05. Wyniki są średnią z pomiarów przeprowadzonych w 3 niezależnych powtórzeniach. Dla zwiększenia czytelności dane liczbowe umieszczone na wykresach zostały zaokrąglone.

WYNIKI

Rezultaty przeprowadzonych badań wykazały, że aplikacja 2 lub 5% (wagowo) dawki jonitu do środowiska odżywczego pomidora odmiany 'Koralik' wpłynęła na istotny wzrost liczby zawiązków kwiatowych jak również liczby oraz plonu świeżej i suchej masy owoców. Liczba zawiązków owocowych pomidora i liczba kwiatów w fazie owocowania zwiększyła się istotnie, ale tylko po zastosowaniu 5% dawki jonitu. Wprowadzenie sorbentu jonitowego do tzw. „czystego", tzn. nie zawierającego niklu środowiska odżywczego ogórka odmiany 'Hermes F_1' skutkowało istotnym wzrostem liczby kwiatów żeńskich w fazie kwitnienia, liczby kwiatów męskich i to

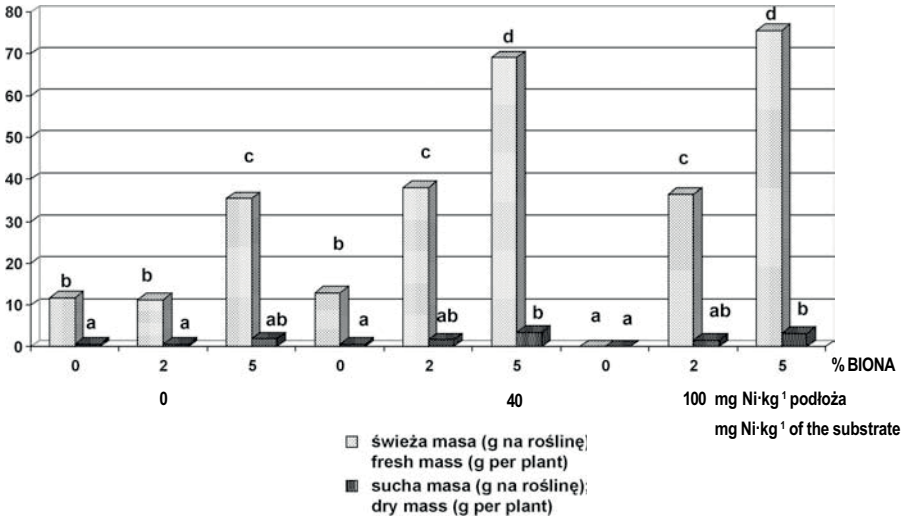


Ryc. 1. Plon owoców roślin pomidora uprawianych w środowisku skażonym niklem w warun kach różnej zawartości jonowymiennego substratu BIONA 312 w podłożu.

* zarówno dla plonu świeżej jak i suchej masy wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie przy poziomie istotności p= 0.05. Oznacza to, że wartości podpisane podwójnymi literami jak np. ab i bc nie różnią się od siebie statystycznie, podobnie jak oznaczone literami bc i cd. Jednocześnie wartość oznaczona podwójnymi literami np. ab nie różni się statystycznie ani od wielkości podpisanej literą a, ani też od wielkości podpisanej literą b

Fig. 1. Fruit yield of tomato plants growing in the medium contaminated with nickel under different dose of ion exchange substrate BIONA 312 in the medium.

* for fresh mass as well as for dry mass, values marked with the same letter are not significantly different at the level p=0.05. That means that the values marked with two letters, for example ab and bc, did not differ significantly, as well as the values marked with letters bc and cd. The value marked with double letter, for example ab, did not differ significantly with the value marked with single letters a and b



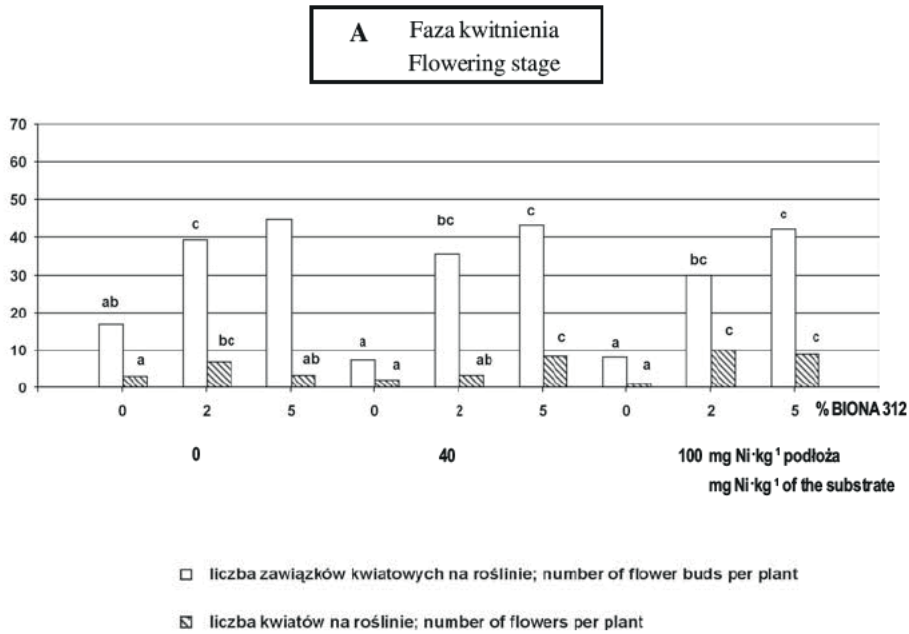
Ryc. 2. Plon owoców roślin ogórka uprawianych w środowisku skażonym niklem w warunkach różnej zawartości jonowymiennego substratu BIONA 312 w podłożu.

* tak jak na rysunku nr 1

Fig. 2. Fruit yield of cucumber plants growing in the medium contaminated with nickel under different dose of ion exchange substrate BIONA 312 in the medium.

* the same as on the figure number 1

zarówno w fazie kwitnienia jak i owocowania oraz istotnym zwiększeniem plonu świeżej masy owoców. Z poczynionych w trakcie wegetacji obserwacji wynika, że nikiel w sposób wyraźny wpłynął na termin kwitnienia i owocowania pomidora. Najwcześniej zakwitały i zawiązywały owoce rośliny z serii zawierającej 40 mg Ni·kg ^{1} podłoża. Rośliny rosnące w podłożu zawierającym 100 mg Ni·kg ^{1} najpóźniej „weszły" w fazę generatywną, a późne i ograniczone kwitnienie sprawiło, że zawiązywane owoce do końca trwania doświadczenia nie osiągnęły dojrzałości konsumpcyjnej. Dodatek sorbentu jonitowego BIONA 312 ograniczał niekorzystne oddziaływanie wspomnianej, najwyższej zastosowanej w eksperymencie dawki niklu, czego przejawem był istotny wzrost liczby zawiązków kwiatowych oraz liczby kwiatów i owoców. W rezultacie istotnie zwiększył się plon świeżej i suchej masy owoców. Również rośliny rosnące w obecności 40 mg Ni·kg ^{1} podłoża, po aplikacji do środowiska odżywczego jonitu, szybciej i obficiej zakwitały, a owoce wcześniej się zawiązywały dając znacznie wyższy plon niż w podłożu z samym niklem, czy też w warunkach kontrolnych (Ryc. 1, 3a i 3b).

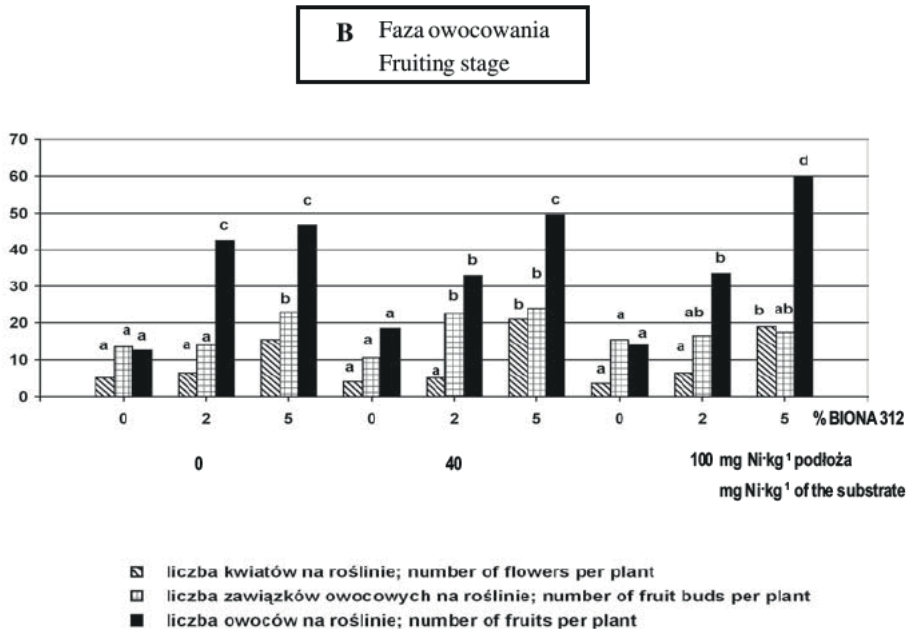


Ryc. 3a. Wpływ niklu na rośliny pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odm. 'Koralik' w fazie kwitnienia (A) rosnące w warunkach różnej zawartości jonowymiennego substratu BIO NA 312 w podłożu.

* dla każdej z analizowanych cech wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności p=0.05. Oznacza to, że wartości podpisane podwójnymi literami jak np. ab czy bc nie różnią się od siebie statystycznie, podobnie jak oznaczone literami bc i cd. Jednocześnie wartość oznaczona podwójnymi literami np. ab nie różni się statystycznie ani od wielkości podpisanej literą a, ani też od wielkości podpisanej literą b

Fig. 3a. The influence of nickel on tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 'Koralik' cv. at flowering (A) stage growing under different dose of ion exchange substrate BIONA 312 in the medium.

* for each of traits, values marked with the same letter are not significantly different at the level p=0.05. That means that the values marked with two letters, for example ab and bc, did not differ significantly, as well as the values marked with letters bc and cd. The value marked with a double letter, for example ab, did not differ significantly with the value marked with single letters a and b

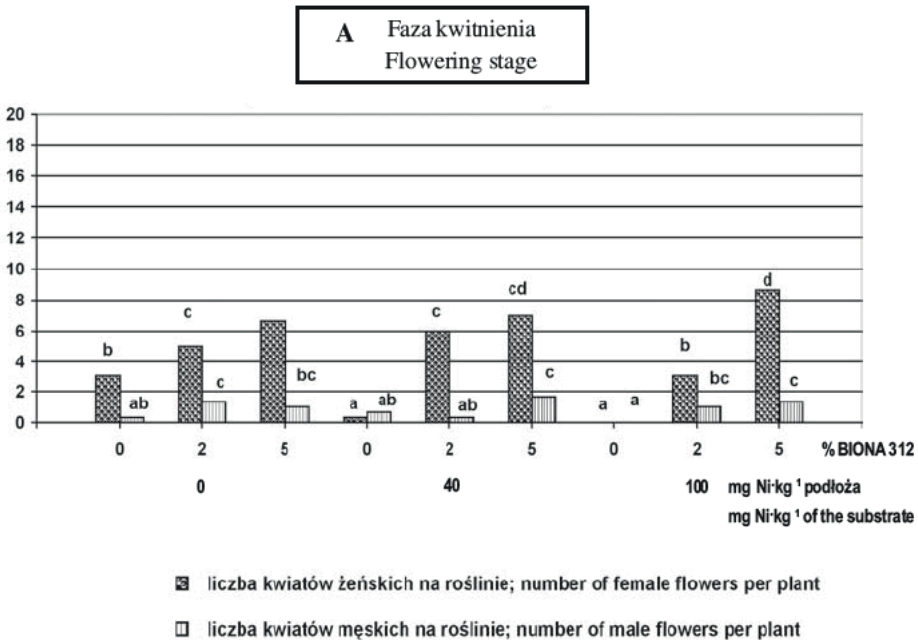


Ryc. 3b. Wpływ niklu na rośliny pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odm. 'Koralik' w fazie owocowania (B) rosnące w warunkach różnej zawartości jonowymiennego sub stratu BIONA 312 w podłożu.

* tak jak na rysunku nr 3a

Fig. 3b. The influence of nickel on tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 'Koralik' cv. at fruiting (B) stage growing under different dose of ion exchange substrate BIONA 312 in the medium.

* the same as on the figure number 3a

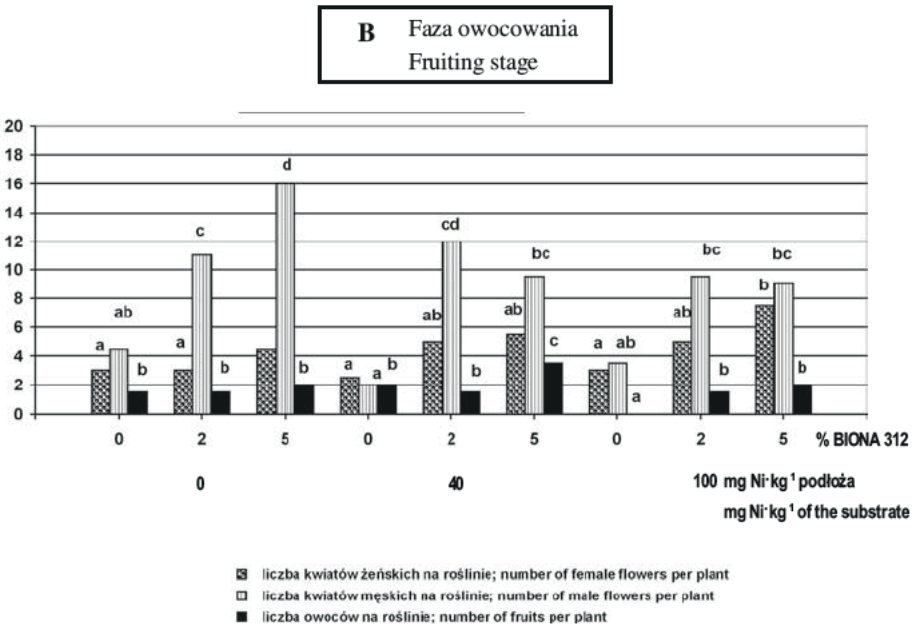


Rys. 4a. Wpływ niklu na rośliny ogórka (*Cucumis sativus* L.) odm. Hermes F1 w fazie kwitnienia (A) rosnące w warunkach różnej zawartości jonowymiennego substratu BIONA 312 w podłożu.

* tak jak na rysunku nr 3a

Fig. 4a. The influence of nickel on cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) 'Hermes' cv. at flowering (A) stage growing under different dose of ion exchange substrate BIONA 312 in the medium.

* the same as on the figure number 3a



Ryc. 4b. Wpływ niklu na rośliny ogórka (*Cucumis sativus* L.) odm. Hermes F1 w fazie owocowania (B) rosnące w warunkach różnej zawartości jonowymiennego substratu BIONA 312 w podłożu.

* tak jak na rysunku nr 3a

Fig. 4b. The influence of nickel on cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) 'Hermes' cv. at fruiting (B) stage growing under different dose of ion exchange substrate BIONA 312 in the medium.

* the same as on the figure number 3a

Nikiel w podłożu w ilościach progowych (40 mg Ni·kg ^{1} podłoża) powodował statystycznie istotny spadek liczby kwiatów żeńskich ogórka odmiany 'Hermes F_1'. Nikiel w dawce 100 mg Ni·kg ^{1} podłoża wpłynął na całkowity brak kwiatów męskich i żeńskich w fazie kwitnienia, czego rezultatem był brak plonu owoców. Aplikacja sorbentu jonitowego BIONA 312 do skażonego niklem podłoża istotnie zwiększyła liczbę kwiatów żeńskich i męskich oraz liczbę i plon owoców (Ryc. 2, 4a i 4b).

Niezależnie od gatunku rośliny i zastosowanego poziomu niklu skuteczniejsza w łagodzeniu toksycznego wpływu tego pierwiastka okazała się 5% dawka substratu jonitowego w porównaniu z dawką 2%.

DYSKUSJA

Zgodnie z przyjętymi normami zawartość niklu w uprawnych glebach lekkich nie może przekraczać 30, a w glebach ciężkich 100 mg·kg^{1} (Monitor Polski, 1986). Według Kabaty-Pendias i Pendias (1999) górna granica zawartości niklu w glebach uprawnych wynosi 100 mg·kg^{1} podłoża. Klocky (cyt. za Gorlach i in., 1996), za najwyższą dopuszczalną (progową) dawkę uznaje 50 mg Ni·kg^{1}. Ta ostatnia wartość podawana jest przez Kabatę-Pendias i współpracowników (1993) jako najwyższa naturalna zawartość niklu, charakteryzująca gleby nieskażone tym metalem. Zatem jedna z zastosowanych w eksperymencie dawek niklu (40mg·kg^{1}) mieściła się w górnych granicach zawartości przyjętych za naturalne, tj. dopuszczalnych dla gleb uprawnych, a druga (100 mg Ni·kg^{1}) znacznie przekraczała zawartości niklu charakteryzujące gleby nieskażone tym metalem.

Obserwowane w badaniach własnych późne i ograniczone kwitnienie roślin pomidora, oraz całkowity brak w fazie kwitnienia kwiatów męskich i żeńskich u roślin ogórka rosnących w podłożu zawierającym 100 mg Ni·kg^{1} są podobne do rezultatów uzyskanych przez Bessonovą (1993) dotyczących badań nad kwitnieniem roślin rosnących w środowisku skażonym ołowiem. Zdaniem autorki opóźnione i ograniczone kwitnienie roślin w obecności metali ciężkich jest następstwem zmniejszenia zawartości cytokinin i giberelin oraz cukrów w merystemie wierzchołkowym, co może być jedną z przyczyn trudności przeorganizowania wierzchołka wzrostu pędu do wytwarzania zawiązków kwiatowych. Z danych literaturowych wynika, że zależnie od stężenia toksykanta (ołowiu) stwierdzono albo przyspieszony, nawet o 2 tygodnie, proces kwitnienia np. u roślin *Silene vulgaris* L. (Wierzbicka i Panufnik, 1998) lub opóźnione o ponad tydzień tworzenie i rozkwitanie kwiatów np. u *Potentilla anserina* L., *Sinapis alba* L., czy *Glycine max* (L.) Merr. czy *Eschsolzia californica* Cham. (Saikkonen i in., 1998; Weryszko-Chmielewska i Chwil, 2000; Chwil, 2002; Chwil i Weryszko-Cmielewska, 2002). Również w badaniach własnych stwierdzono, że metale ciężkie (nikiel) w sposób wyraźny wpływają na termin kwitnienia i owocowania pomidora. Najwcześniej zakwitały i zawiązywały owoce rośliny z serii zawierającej 40 mg Ni·kg^{1} podłoża, natomiast rośliny rosnące w obecności 100 mg Ni·kg^{1} bardzo późno wchodziły w fazę generatywną. Zaobserwowane przez Bessonową (1993) rozregulowanie pod wpływem toksykanta (metali ciężkich) gospodarki hormonalnej zaburza prawidłowy rozwój poszczególnych elementów kwiatu. Tak np. wiadomo, że auksyny opóźniają, a gibereliny stymulują rozwój pręcikowia, natomiast tworzenie słupkowia przyspieszają auksyny i cytokininy (Jankiewicz, 1997), co wyjaśnia jedną z przyczyn nadmiernego tworzenia kwiatów żeńskich (Wierzbicka i Panufnik, 1998) lub męskich (Alaimo i in., 2000) u roślin uprawianych w obecności metali ciężkich. Tak np. u roślin *Silene vulgaris* L., rosnących w środowisku skażonym ołowiem zarejestrowano zwiększoną liczbę kwiatów żeńskich w następstwie zaburzonego rozwoju pręcików (Wierzbicka i Panufnik, 1998). W prezentowanych badaniach własnych stwierdzono, że nikiel w dawce 40 mg Ni·kg^{1} podłoża powodował statystycznie istotny spadek liczby kwiatów żeńskich ogórka odmiany 'Hermes F_1', natomiast w koncentracji 100 mg Ni·kg^{1} podłoża wpłynął na całkowity brak kwiatów męskich i żeńskich w fazie kwitnienia, czego rezultatem był brak plonu owoców.

Uzyskany w prezentowanych badaniach własnych efekt ograniczenia przez sorbent jonitowy BIONA 312 toksycznego wpływu niklu na rośliny pomidora (istotny wzrost liczby zawiązków kwiatowych oraz liczby kwiatów i owoców) oraz ogórka (istotne zwiększenie liczby kwiatów żeńskich i męskich oraz liczby i plonu owoców) wiąże się z najprawdopodobniej zarówno z dużą pojemnością chłonną wchodzącego w skład BIONY 312 anionitu EDE-10P (3,5 mmol·g ^{1}), co zmniejsza mobilność niklu i determinuje niewielką przyswajalność tego metalu przez rośliny, jak i z wysokim powinowactwem do niklu naturalnego zeolitu klinoptylolitu składnika stanowiącego 44% wagowych badanego jonitu (Fiediukin i Koszeljewa, 1985). Wysoką selektywność klinoptylolitu wykazano również w odniesieniu do innych metali ciężkich: miedzi, cynku i kadmu (Tsitsihvili i in., 1992; Kesraoui-Ouki i in., 1994; Athanasiadis i in., 2004; Athanasiadis i Herlmreich, 2005). W badaniach własnych (Matraszek, 2004; Szymańska i in., 2004, oraz dane niepublikowane) stwierdzono, że dodatek sorbentu jonitowego BIONA 312 do skażonego niklem podłoża istotnie zmniejsza zawartość niklu w biomasie pomidora i ogórka. Dla przykładu po aplikacji 2 lub 5% jonitu do podłoża zawierającego 100 mg Ni·kg ^{1} zawartość toksycznego dla roślin metalu w częściach nadziemnych pomidora zmniejszyła się z wartości 236 mg·kg ^{1} s.m. (0% BIONY 312) odpowiednio do 204 (2%) i 210 mg·kg ^{1} s.m. (5% BIONY 312), a w korzeniach koncentracja niklu spadła z 13 do 8 i 8 mg·kg ^{1}. Analogicznie w częściach nadziemnych ogórka zarejestrowano obniżenie zawartości niklu z wartości 10 mg·kg ^{1} s.m. do 7 oraz 3 mg·kg ^{1} s.m., natomiast w korzeniach ze 197 mg·kg ^{1} s.m. koncentracja Ni zmniejszyła się do 131 oraz 180 mg·kg ^{1} s.m. Ograniczenie toksycznego wpływu niklu na rośliny przez aplikację do skażonego Ni podłoża sorbentu jonitowego BIONA 312 może również wynikać z obecności w jonicie łatwo przyswajalnych dla roślin składników odżywczych jak również z zatrzymywania przez substrat w podłożu składników pokarmowych. Z badań Chomczyńskiej i współpracowników (2001; 2002) wynika, że w początkowym okresie wzrostu roślin jonit jest źródłem składników pokarmowych, a po wyczerpaniu się ich zapasu zatrzymuje wprowadzone do podłoża składniki odżywcze, zapobiegając ich wymywaniu i w konsekwencji poprawia właściwości sorpcyjne podłoża. Optymalne zaopatrzenie roślin, już we wczesnych fazach ich rozwoju, w podstawowe składniki pokarmowe, zwłaszcza kationy wapnia i magnezu, częściowo niweluje toksyczne oddziaływanie niklu na rośliny (Gorlach i Gambuś, 1991; Krzywy i Wołoszyk, 1997; Gembarzewski i Greinert, 1998; Matraszek i Wawron 1999; Matraszek 2001).

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych rezultatów sformułowano następujące wnioski:

1. Rośliny pomidora rosnące w obecności 40 mg Ni·kg ^{1} podłoża, po aplikacji do środowiska odżywczego jonitu, szybciej i obficiej zakwitają, a owoce wcześniej się zawiązują dając znacznie wyższy plon niż w podłożu z samym niklem, czy też w warunkach kontrolnych. Dodatek sorbentu jonitowego BIONA 312 ogranicza nie-

korzystne oddziaływanie najwyższej zastosowanej w eksperymencie dawki niklu (100 mg Ni·kg^{1} podłoża), czego przejawem jest istotny wzrost liczby zawiązków kwiatowych oraz liczby kwiatów i owoców.

2. Aplikacja sorbentu jonitowego BIONA 312 do skażonego niklem środowiska odżywczego ogórka istotnie zwiększa liczbę kwiatów żeńskich i męskich oraz liczbę i plon owoców.

3. Niezależnie od zastosowanego poziomu niklu skuteczniejsza w łagodzeniu toksycznego wpływu tego pierwiastka na kwitnienie oraz owocowanie pomidora i ogórka okazała się 5% dawka substratu jonitowego w porównaniu z dawką 2%.

LITERATURA

Adriano D. C., 1986. Trace elements in the terrestial environment. Springer Verlag, New York, 533 p.

Alaimo M. G., Lipani B., Lombardo M. G., Orecchio S., Turano M., Melati M. R., 2000. The mapping of stress in the predominant plants in the city Palermo by lead dosage. Aerobiologia, 16: 47 54.

Athanasiadis K., Herlmreich B., Petter C., Hillinges R., Wilderer P. A., 2004. On site treatment of runoff from roofs and roads prior to infiltration. Water and Environmental Management Series. IWA Publishing: 61 68.

Athanasiadis K., Herlmreich B., 2005. Influence chemical conditioning on the ion exchange capacity and on kinetic of zinc uptake by chinoptilolite. Water Res. 39: 1527 227.

Baccouch S., Chaoiu A., El Ferjani E., 1998 Nickel toxicity: Effect on growth and metabolism of maize. J. Plant Nutr. 3:577 588.

Bessonova V. P., 1993. Effect of environmental pollution with heavy metals on hormonal and trophic factors in buds of shrub plants. Rus. J. Ecol. 24: 91 95.

Bielecki K., Spiak Z., Grzyś E., 1996. Wpływ niklu na fluorescencje chlorofilu w liściach pszenicy w końcowym okresie wegetacji. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434: 985 989.

Chomczyńska M., 2001. Utylizacja zużytych jonitów do rekultywacji zdegradowanych utworów piaszczystych badania modelowe. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 3: 1 112.

Chomczyńska M., Matusewicz V. V., Pawłowski L., Szymańska M., Wasąg H., Sołdatov V. S., 2001. Riekultiwacja istoszczienny poczw jonoobmienny mi substratami. Dokłady Nacjonalnoj Akademii Nauk Bełarusi, 45: 116 119.

Chomczyńska M., Wasąg H., Pawłowski L., Sołdatov V. S., Matushevich V., Szymańska M., 2002. Wpływ substratu jonitowego BIONA 312 na retencję składników mineralnych w podłożu badania modelowe. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 5: 213 221.

Chwil M., 2002. Oddziaływanie ołowiu na cechy morfologiczne kwiatów *Sinapis alba* L. i *Glycine max* (L.) Merr. Ann. Univ. Mariae Curie Sklodowska sect. EEE. Hortic. 10: 91 97.

Chwil M., Weryszko Chmielewska E., 2002. Charakterystyka kwiatów eszolcji kalifornijskiej (*Eschscholzia californca* Cham.) wytwarzanych w zależności od stężenia ołowiu w podłożu. Ann. Univ. Mariae Curie Sklodowska sect. EEE. Hortic. 10: 83 89.

Čiamparovà M., Majstrik I., 1993. Ultrastructural response of root cells to stressfull conditions. Environ. Exp. Bot. 33: 11 26.

Coogan T.P., Latta D.M., 1989. Toxicity and carcogenicity of nickel. CRC Critical Rev. 19: 341 384.

Dudka S., Piotrowska M., Chłopecka A., 1993. Formy chromu i niklu w glebach. W: Chrom, nikiel i glin w środowisku. Zesz. Nauk. PAN, 5:15 22.

Fiediukin D.V., Koszeljewa Ł. Ł., 1985. Effektiwnost zmieny w iskusstwiennoj jonit noj poczwe IS 2 sinteticzeskowo kationita KU 2 prirodnym jonoobmiennikom. Bioło gija, 29: 367 370.

Gembarzewski H., Greinert H., 1998. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na pobieranie ^{54}Mn, ^{75}Co, ^{63}Ni i ^{90}Sr. J. Agric. Res. 18: 189 190.

Gorlach E., Gambuś F., 1991. The effect of liming, adding peat and phosphorus fertilization on the uptake of heavy metals by plants. Pol. J. Soil Sci. 24: 199 204.

Gorlach E., Gambuś F., Brydak K., 1994. Zawartość metali ciężkich w glebach i rośli nach lądowych wokół Huty im. Tadeusza Sendzimira. Acta Agr. Silv. Agr. 32: 13 24.

Jankiewicz L. S., 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Tom 1. Właściwości i działanie. Wydawnictwo Naukowe PWN. W wa., 282s.

Jasiewicz Cz., Antonkiewicz J., 2002. Wpływ metali ciężkich na uszkodzenia błon komórkowych i aparatu fotosyntetycznego oraz plon kukurydzy (Zea mays L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 481: 439 446.

Kabata Pendias A., Motowicka Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T., 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Wyd. IUNG Puławy, P (53): 20.

Kabata Pendias A., Pendias H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, 398 p.

Kevrešan S., Petrović N., Popović M., Kondrač J., 1998. Effect of heavy metals on nitrate and protein metabolism in sugar beet. Biol. Plant. 41: 235 240.

Kesraoui Ouki S., Cheeseman C., Perry R., 1994. Natural zeolite utilization in pollution control: a review of applications to metal effluents. J. Chem. Technol. Biotech nol. 59: 121 126.

Krupa Z., Baszyński T., 1995. Some aspects of heavy metals toxicity towards photosyn thetic apparatus direct and indirect effect of light and dark reaction. Acta Physiol. Plant. 17: 177 190.

Krzywy E., Wołoszyk Cz., 1997. Wpływ nawożenia osadami surowymi i kompostowa nymi z miejskich oczyszczalni ścieków na wysokość plonu oraz zawartość kadmu w życicy trwałej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 448b: 163 168.

Kukier U., Che Fauziach I., Miller W. P., Sumner M. E., 1997. Wpływ odczynu na uruchamianie niklu z popiołów lotnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 448: 163 168.

Lèonard A., Greber G. B., Jacquet P., 1981. Carcinogenicity, mutagenicity and terato genicity of nickel. Mutation Res. 87: 1 15.

L'Hullier L., D'Uzac J., Durand M., Michaud Ferrčre N., 1996. Nickel effect on two maize (*Zea mays* L.) cultivars: growth, structure, Ni concentration, and localiza tion. Can. J. Bot. 74; 1547 1554.

Małysz J., 1991. Bezpieczeństwo żywnościowe strategiczna potrzeba ludzkości. PWN, War szawa: 12 125.

Martyn W., Molas J., Onuch Amborska J., 1998. Oddziaływanie hortisoli o różnej zawartości metali ciężkich na jakość biologiczną sałaty odmiany Bona. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 461: 279 289.

Matraszek R., 2001. Wrażliwość roślin na nikiel w warunkach różnej koncentracji żelaza w lub wapnia w środowisku odżywczym. Acta Agrobot. 54: 69 80.

Matraszek R., 2004. Ion exchanger BIONA 312 as a component of soils polluted with nickel in cultivation of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Acta Agrobot. 57: 49 55.

Matraszek R., Wawron M., 1999. Fitotoksyczne oddziaływanie niklu w zależności od stężenia jonów Ca i Fe w podłożu. Materiały VIII Ogólnopolskiego Zjazdu Naukowego Hodowców Roślin Ogrodniczych pt.: „Hodowla Roślin Ogrodniczych u progu XXI wieku". AR Lublin, 4 5 02. 1999 r. 2: 545 549.

Mishra D., Kar M., 1974. Nickel in plant growth and metabolism. Bot. Rev. 40: 395 452.

Molas J., 2002. Changes of chloroplast ultrastructure and total chrolophyll cocentration in cabbage leaves caused by excess of organic Ni(II) complexes. Environ. Exp. Bot. 47: 115 126.

Monitor Polski, 1986, nr 23, poz. 170, 285.

Saikkonen K., Koivunen S., Vuorisalo T., Mutikainen P., 1998. Interactive effects of pollination and heavy metals on resource allocation in *Potentilla anserina* L. Ecology, 79, 5: 1620 1629.

Sauerbeck D., 1989. Der Transfer von Schwermetallen in die Pflanze. Beurteilung von SM Kontaminationen in Boden. Dechma [Hrsg. von D. Behrens, J. Weisner]. Frankfurt/ Main: 281 317.

Sołdatov V. S., Tierientiev W. M., Pieryszkina N. G., 1969. Iskusstwiennyje pitatelnyje sriedy dla rosta rastenij na osnowie jonoobmiennych materiałow. Agrochimija, 2: 101 107.

Sołdatov V. S., Pieryszkina N. G., Horoszko R. P., 1978. Jonitowyje poczwy. Nauka i Technika, Mińsk, 271 pp.

Sołdatov V. S., Szymańska M., Pawłowski L., Kloc E., Szwed R., Matusewicz V.V., 1996. Wykorzystanie hydrożelu jonitowego BIONA 111 jako substratu ogrodnicze go. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 429: 279 285.

Sołdatov V. S., Pawłowski L., Kloc E., Szymańska M., Matusevič V. V., 1997. Remadiation of depleted soils by addition of ion exchange resins. Ecol. Eng. 8: 337 345.

Sołdatov V. S., Pawłowski L., Szymańska M., Matushevich V. V., Chom czyńska M., Kloc M., 1998. Ion exchange substrate Biona 111 as an efficient mean of barren grounds fertilization and soils improvement. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 461: 425 436.

Sołdatov V. S., Pawłowski L., Szymańska M., Chomczyńska M., Matu shevich V. V., Wasag H., Machon A., Kowalik H., Kobusinski P., 2001. Application of ion exchange substrates BIONA for the fertilization of depleted soils and bare sand. Ecol. Eng. 18: 227 232.

Sołdatov V. S., Pawłowski L., Szymańska M., Matusewicz V. V., Chom czyńska M., Wasąg H., Kloc E., 2002. Ispolzowanije jonoobmiennych substra tow w kaczestwie udobrenija dla istoszczienny poczw. Agrochimija, 8: 49 53.

Starck Z., 1980. Fizjologiczna reakcja roślin na zasolenie ze szczególnym uwzględnieniem roli regulatorów wzrostu. Wiad. Bot. 24: 182 185.

Strączyński S. J., 1997. Zawartość kadmu i niklu w wybranych gatunkach roślin uprawia nych na glebach zanieczyszczonych niklem i ołowiem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 448: 295 302.

Szymańska M., Matraszek R., Ziemba A., 2004. The response of cucumber (*Cucu mis sativus* L.) cultivated in the ion exchanger medium BIONA 312 to nickel. Folia Hort. 16: 17 26.

Terelak H., Stuczyński T., Piotrowska M., 1997. Heavy metals in agricultural soils in Poland. Polish Journ. Soil Sci. 30: 35 42.

Tsitsihvili G. V., Andronikashvili T. G., Kirov G. M., Filizova L. D., 1992. Natural zeolite. Ellis Horwood Limited. Chichester. UK.

Weryszko Chmielewska E., Chwil M., 2000. Wpływ wzrastających stężeń ołowiu na wzrost i rozwój organów bobu (*Vicia faba* var. Major Harz.) Bibl. Fragm. Agron. 8:281 287.

Wierzbicka M., Panufnik D., 1998. The adaptation of *Silene vulgaris* to growth on a calamine waste heap (S. Poland). Enviromn. Pollut. 101: 415 426.

Streszczenie

Podjęte badania miały na celu sprawdzenie możliwości ograniczenia niekorzystnego wpływu niklu na proces kwitnienia i owocowania pomidora gruntowego (*Lycopersicon esculentum* Mill.) drobnoowocowego odmiany 'Koralik' i ogórka gruntowego (*Cucumis sativus* L.) odmiany 'Hermes F_1' przez wprowadzenie do skażonego podłoża substratu jonitowego BIONA 312, charakteryzującego się właściwościami sorpcyjnymi, a równocześnie zawierającego podstawowe składniki pokarmowe. W eksperymencie zastosowano 2 poziomy niklu aplikowanego w formie $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ 40 lub 100 mg Ni·kg ^{1} podłoża i 2 dawki substratu jonitowego BIONA 312 20 lub 50 g·kg ^{1} podłoża stanowiące odpowiednio 2 lub 5% masy podłoża. Jako podłoże zastosowano glebę ogrodową zmieszaną z piaskiem w stosunku 2:1. Nikiel w sposób wyraźny determinował termin kwitnienia i owocowania eksperymentalnych roślin. Zastosowany w dawce 40 mg·kg ^{1} podłoża Ni wpłynął na wcześniejsze zakwitanie i zawiązywanie owoców pomidora oraz istotny spadek liczby kwiatów żeńskich ogórka. Późne i ograniczone kwitnienie roślin pomidora rosnących w podłożu zawierającym 100 mg Ni·kg ^{1} sprawiło, że zawiązywane owoce do końca trwania doświadczenia nie osiągały dojrzałości konsumpcyjnej, natomiast u roślin ogórka w tych warunkach zaznaczył się całkowity brak kwiatów żeńskich i męskich, a w rezultacie brak było plonu owoców. Dodatek substratu jonitowego BIONA 312 do skażonego niklem podłoża ograniczał niekorzystny wpływ tego metalu ciężkiego na obydwa eksperymentalne gatunki roślin istotnie zwiększając liczbę kwiatów i owoców, przy czym niezależnie od gatunku rośliny i zastosowanego poziomu polutanta, skuteczniejsza w łagodzeniu toksycznego wpływu niklu okazała się 5% dawka substratu jonitowego. Również rośliny pomidora rosnące w obecności 40 mg Ni·kg ^{1} podłoża, po zastosowaniu 2 lub 5% dawki jonitu, szybciej i obficiej zakwitały, a owoce wcześniej dojrzewały niż w podłożu z samym niklem czy też w warunkach kontrolnych.