

## CHARAKTERYSTYKA RÓŻNORODNOŚCI W RODZAJU *Nicotiana* NA PRZYKŁADZIE POBIERANIA I KUMULOWANIA KADMU PRZEZ DZIKIE GATUNKI

*Teresa Doroszevska*

Zakład Hodowli i Uprawy Roślin Specjalnych  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

### Wstęp

Rodzaj *Nicotiana* jest jednym z liczniejszych w rodzinie *Solanaceae* pod względem liczby gatunków. Naturalne rozmieszczenie rodzaju *Nicotiana* ogranicza się do Ameryki Płn. i Płd., Australii, kilku wysp na płd. Pacyfiku i Afryki. Stosowana obecnie najczęściej systematyka została opracowana przez GOODSPEEDA [1954]. W obrębie rodzaju *Nicotiana* wyróżnił on 3 podrodzaje i 14 sekcji, w których sklasyfikował 60 gatunków. Nieco później systematykę tę uzupełniono o nowo odkryte gatunki. Systematyka *Nicotiana* oparta jest na geograficznym rozmieszczeniu gatunków, ogólnej morfologii, anatomii włosków, danych kariologicznych oraz koniugacji chromosomów w pokoleniu  $F_1$  mieszańców międzygatunkowych. Podstawowym mechanizmem ewolucyjnym, którego efektem są współczesne gatunki *Nicotiana* było najprawdopodobniej samorzutne krzyżowanie międzygatunkowe.

Różnorodność w obrębie rodzaju przejawia się zróżnicowaną liczbą chromosomów u poszczególnych gatunków, różnym stopniem krzyżowalności gatunków dzikich zarówno w obrębie podrodzajów i sekcji jak też z tytoniem uprawnym. Zmienność fenotypowa wyraża się zróżnicowaniem morfologicznym (wysokość roślin, pokrój, wielkość i kształt liści, budowa i barwa kwiatów) oraz reakcją fotoperiodyczną. W rodzaju *Nicotiana* znany jest zróżnicowany stopień odporności na szkodniki oraz choroby grzybowe, bakteryjne i wirusowe.

Podjęto prace mające na celu rozpoznanie genetycznie uwarunkowanych reakcji na jeden z czynników abiotycznych – pobierania i kumulowania kadmu z gleby przez gatunki rodzaju *Nicotiana*. Kadm jest pierwiastkiem, którego nawet niewielkie ilości są bardzo szkodliwe dla człowieka. Powoduje choroby nerek, nadciśnienie i arteriosklerozę, choroby sercowo-naczyniowe oraz zaburzenia metabolizmu wapnia i witaminy D. Jako pierwiastek rakotwórczy ma zdolności synergistycznego wpływu na organizm człowieka podczas palenia tytoniu [MUELLER 1970]. Kadm jest metalem ciężkim, rozproszonym w poziomach powierzchniowych i w skałach macierzystych gleb. Charakteryzuje się dużą mobilnością w środowisku glebowym, szczególnie w glebach lekkich i kwaśnych [TERELAK i in. 1998]. Jest łatwo pobierany i kumulowany w roślinach. Gromadzenie kadmu w częściach wegetatywnych roślin wykazuje silny związek z odczynem gleb oraz z ich właściwościami sorbcyjnymi. Zagrożenie kadmem jest tym większe, że pierwiastek ten ma zdolności utrzymywania się bardzo długo na powierzchni gleby [PHU LICH i in. 1990].

Tytoń ma duże zdolności pobierania i kumulowania tego pierwiastka w liściach co ma ważne znaczenie przy stosunkowo łatwych możliwościach wnikania do organizmu człowieka. Zakres poziomu kadmu u tytoniu wynosi od 0,77–7,02 ppm podczas gdy poziom kadmu u innych roślin, stanowiących pożywienie nie przekracza 0,05 ppm [SCHENKER 1984]. Rozpoznanie reakcji poszczególnych gatunków na wysokie stężenie kadmu w glebie może być wykorzystane w dwojaki sposób. Ze względów zdrowotnych istnieje potrzeba wyeliminowania z hodowli genotypów kumulujących metale ciężkie [WAGNER i in. 1987]; z drugiej strony genotypy o dużych zdolnościach magazynowania kadmu mogą być wykorzystane do oczyszczania gleb skażonych, z uwagi na niezbyt wymagające warunki glebowe. Większość dzikich gatunków *Nicotiana* w swych naturalnych warunkach rośnie na glebach ubogich, często na podłożu skalistym, niezbyt zasobnym w wodę.

## Materiał i metody

W badaniach nad zdolnością pobierania kadmu uwzględniono 59 gatunków *Nicotiana* i sześć odmian botanicznych *N. rustica* i *N. tabacum*. Badania prowadzono w warunkach szklarniowych w latach 1995–1998. Doświadczenie prowadzono na glebie kompostowej o naturalnej zawartości kadmu 0,15 ppm i pH 5,6. Kadm dodawano w postaci  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ , dostarczając 8 mg Cd na kg gleby. Badane gatunki wysadzano w trzech powtórzeniach w kombinacji z dodawanym kadmem oraz w kombinacji kontrolnej.

Zbiór liści i korzeni prowadzono w okresie kwitnienia i dojrzewania nasion czyli fazy najbardziej zbliżonej do dojrzałości technicznej odmian

uprawnych. Bardzo delikatnie wyjmowano korzenie z lekko podsuszanej gleby, dokładnie płukano celem wyeliminowania zanieczyszczeń glebowych i suszono w temperaturze 35–40°C. Zawartość kadmu w liściach i korzeniach określano za pomocą spektrometru emisji plazmowej z uprzednim zwilżaniem wodą i działaniem HNO<sub>3</sub> i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w ramach grup gatunków uwzględniających systematykę rodzaju *Nicotiana*. NIR wyliczono posługując się wartościami krytycznymi testu Tukey'a przy 5% poziomie istotności dla poszczególnych gatunków w obrębie sekcji z uwzględnieniem badanych obiektów. Dane przedstawiono w tabelach dla sekcji liczących mniej gatunków oraz na wykresach dla sekcji liczących powyżej czterech badanych genotypów.

## Wyniki

W wyniku przeprowadzonych badań chemicznych uzyskano dane dotyczące zawartości kadmu w liściach i korzeniach większości gatunków *Nicotiana* i odmian botanicznych *N. rustica* i *N. tabacum*. Pozwoliły one na przeprowadzenie kompleksowej analizy zdolności pobierania i gromadzenia kadmu z uwzględnieniem pozycji systematycznej poszczególnych gatunków.

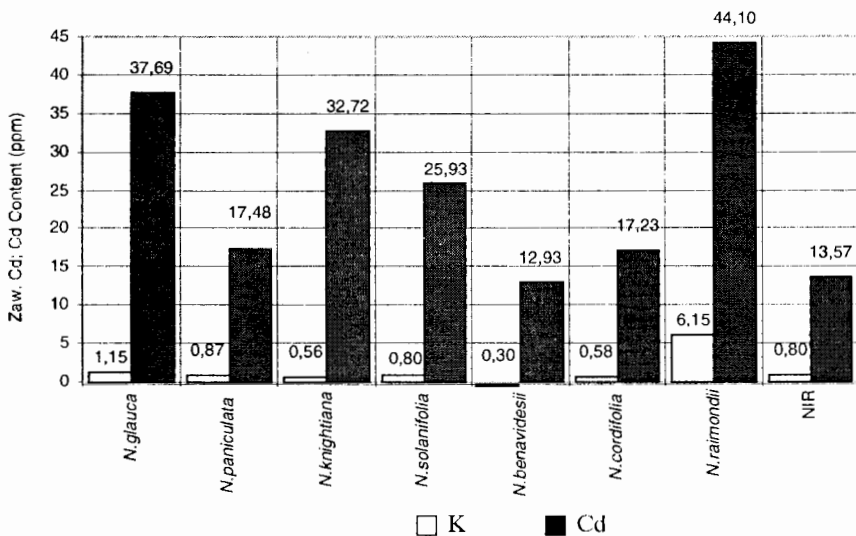
### Podrodzaj: *Rustica*

#### Sekcja: *Paniculatae*

Sekcja *Paniculatae* należąca do podrodzaju *Rustica* liczy siedem gatunków, z których wszystkie pochodzą z Ameryki Południowej (Boliwia, Argentyna, Chile i Peru). Są to gatunki 24-chromosomowe, w większości wieloletnie z wyjątkiem *N. paniculata* i *N. knightiana*. Wszystkie gatunki z tej sekcji zostały uwzględnione w badaniach nad zdolnością pobierania kadmu.

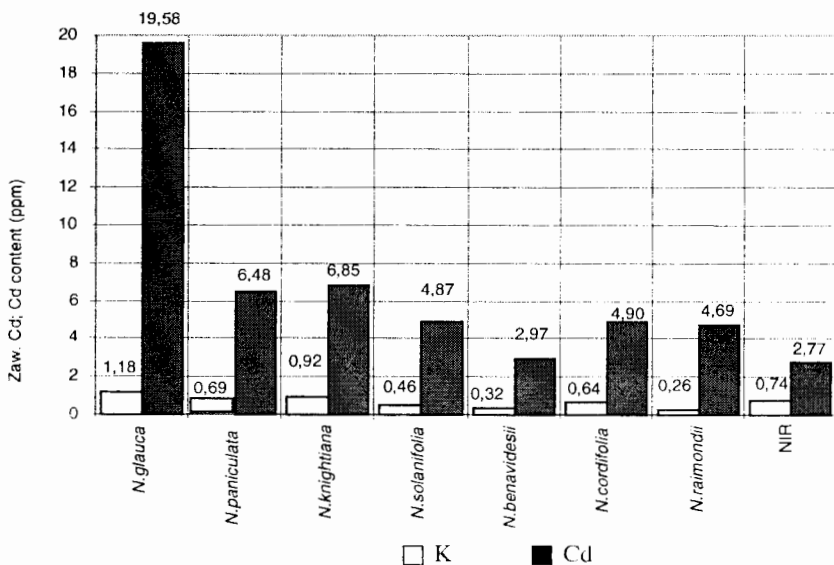
Najwyższą zawartością kadmu w liściach roślin rosnących w warunkach kontrolnych charakteryzował gatunek *N. raimondii*, co istotnie wyróżniało go z całej sekcji. W przypadku pozostałych gatunków poziom zawartości kadmu w liściach był bardzo niski i różnice nieistotne statystycznie (rys. 1). *N. raimondii* wykazywał też najwyższą zawartość kadmu w liściach roślin rosnących na podłożu z wzbogaconą zawartością tego pierwiastka. W tym obiekcie obserwowano też duże zróżnicowanie w obrębie sekcji *Paniculatae* (rys. 1). Istotnie wyższe zawartości kadmu obserwowano także u *N. glauca* względem *N. paniculata*, *N. benavidesii* i *N. cordifolia*. Gatunek *N. glauca* wykazał również najwyższą zawartość kadmu w korzeniach. W obiekcie kontrolnym różnica ta nie była istotna statystycznie

(rys. 2), natomiast w obiekcie z podwyższoną zawartością kadmu różnica była istotna, zaś poziom tego pierwiastka był około trzykrotnie wyższy od poziomu u pozostałych gatunków.



Rys. 1. Zawartość kadmu w liściach gatunków sekcji *Paniculatae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 1. Cadmium content in leaves of *Paniculatae* section grown on natural compost soil and on the compost soil enriched with 8 ppm Cd



Rys. 2. Zawartość kadmu w korzeniach gatunków sekcji *Paniculatae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 2. Cadmium content in roots of *Paniculatae* section grown on control compost soil and on the compost soil enriched with 8 ppm Cd

Seksja: *Thyrsiflorae* i *Rusticae*

Seksja *Thyrsiflorae* i *Rusticae* należą także do podrodzaju *Rusticae* i zawierają tylko po jednym gatunku w każdej sekcji. *N. thyrsiflora* posiada 24 chromosomy w komórkach somatycznych, pochodzi z północnego Peru i jest gatunkiem krótkodniowym. *N. rustica* rośnie w Andach, w południowej części Peru i północnej Bolivii. Jest gatunkiem 48 chromosomowym, jednorocznym i kwitnie podczas długiego dnia. Występuje kilka odmian botanicznych i uprawnych, znanych pod nazwą machorka. W badaniach nad zawartością kadmu uwzględniono dwie odmiany botaniczne: *N. rustica* var. *brasilia* i *N. rustica* var. *pumila*.

Dane o zawartości kadmu u *N. thyrsiflora* przedstawione są w tabeli 1. Porównując dwie odmiany botaniczne *N. rustica* nie wykazano istotnych różnic w gromadzeniu kadmu zarówno w liściach jak i w korzeniach roślin rosnących w obydwu badanych obiektach.

Tabela 1; Table 1

Porównanie zawartości kadmu w liściach i korzeniach gatunku *N. thyrsiflora* i odmian botanicznych sekcji *Rusticae* rosnących w ziemi kompostowej o naturalnej zawartości tego pierwiastka oraz w glebie z dodatkiem kadmu w ilości 8 ppm

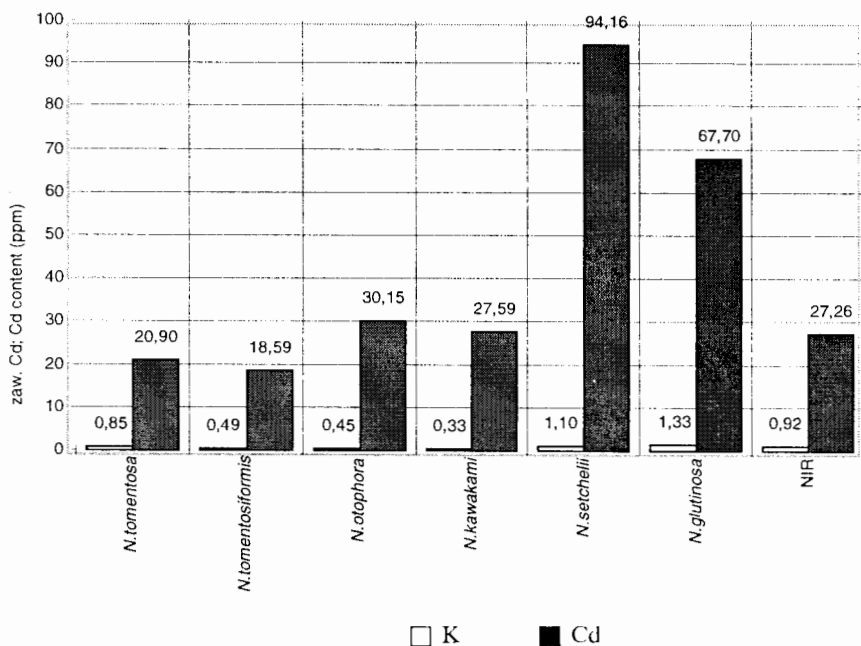
Comparison of cadmium content in the leaves and roots of *N. thyrsiflorae* and botanical varieties grown on natural compost soil (control) and on soil enriched with 8 ppm cadmium

Seksja Section	Gatunek Species	Liczba chromosomów (2n) No of chromosome	Zawartość Cd w liściach Cd content in leaves		Zawartość Cd w korzeniach Cd content in roots	
			gleba naturalna natural soil	gleba z dod. Cd Cd-enriched soil	gleba naturalna natural soil	gleba z dod. Cd Cd-enriched soil
<i>Thyrsiflorae</i>	<i>N. thyrsiflora</i>	24	1,15	37,93	1,18	19,58
<i>Rusticae</i>	<i>N. rustica</i> var. <i>brasilia</i>	48	0,56	32,72	0,92	6,85
	<i>N. rustica</i> var. <i>pumila</i>	48	0,80	25,93	0,46	4,87

## Podrodzaj: *Tabacum*

### Sekcja: *Tomentosae*

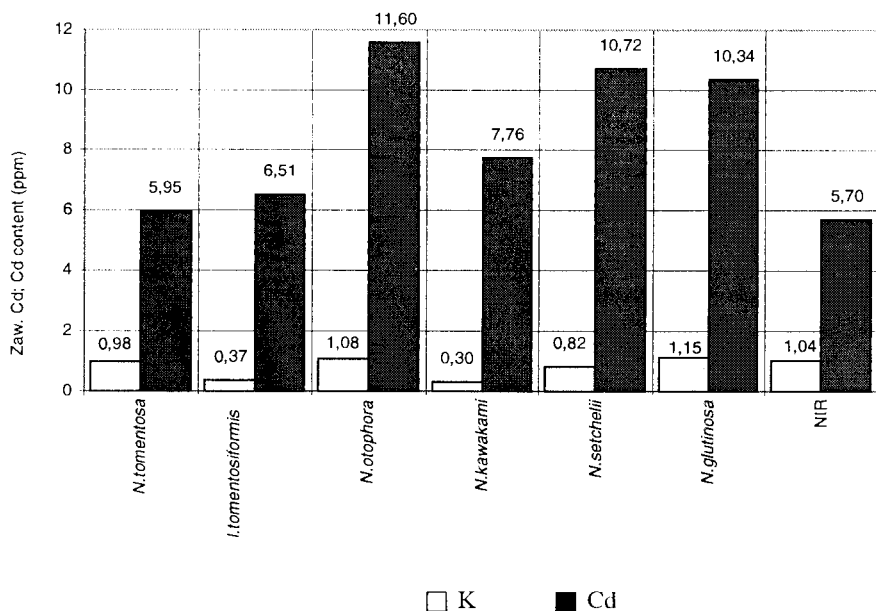
Sekcja *Tomentosae* należy do podrodzaju *Tabacum* i zawiera sześć 24-chromosomowych gatunków występujących w naturalnym stanie w Boliwii, Peru i Ekwadorze. Wszystkie gatunki należące do tej sekcji zostały uwzględnione w badaniach nad pobieraniem kadmu. W obiekcie kontrolnym ilość nagromadzonego kadmu w liściach była stosunkowo niska u wszystkich gatunków i nie wykazywała statystycznych różnic (rys. 3).



Rys. 3. Zawartość kadmu w liściach gatunków sekcji *Tomentosae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 3. Cadmium content in leaves of *Tomentosae* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd

Odmienne zjawisko obserwowano w obiekcie wzbogaconym kadmem, gdzie wysoki poziom tego pierwiastka w suchej masie liści *N. setchellii* był około trzykrotnie wyższy od poziomu w pozostałych gatunkach. Obecność kadmu w suchej masie korzeni nie różniła się istotnie w żadnym z obiektów (rys. 4).



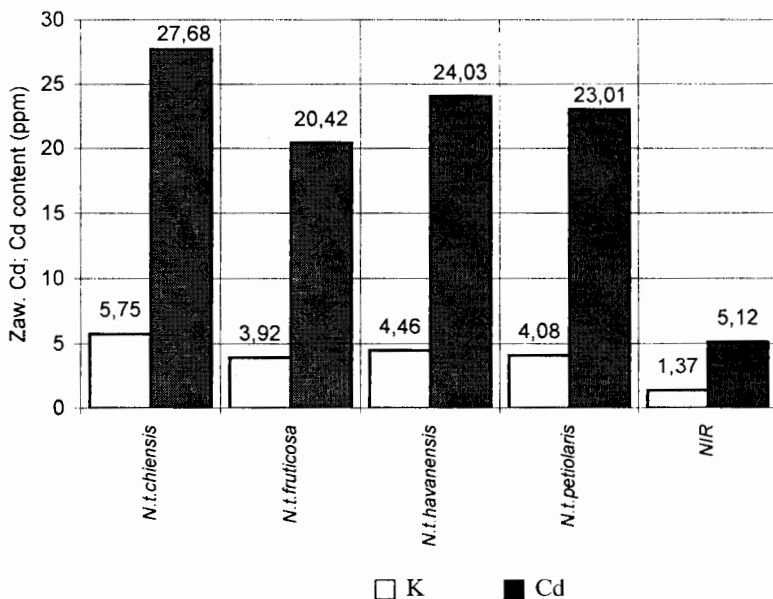
Rys. 4. Zawartość kadmu w korzeniach gatunków sekcji *Tomentosae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 4. Cadmium content in roots of *Tomentosae* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd

### Sekcja: *Genuinae*

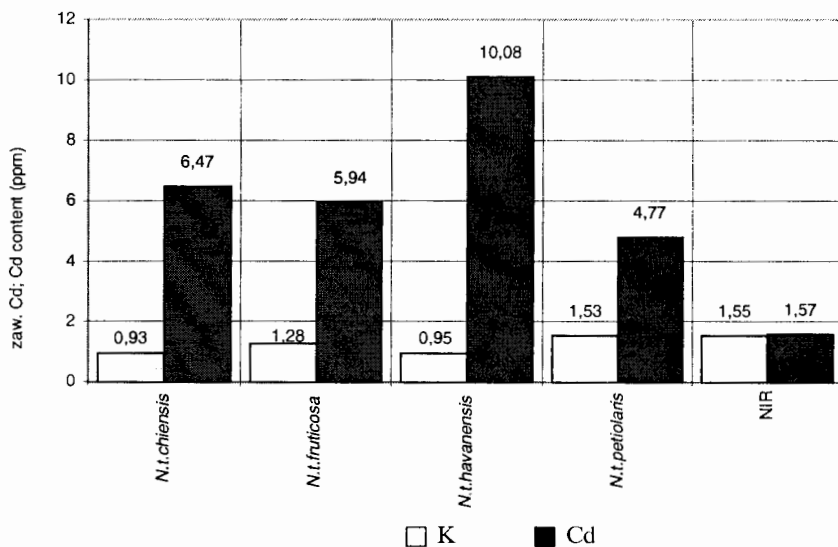
W sekcji *Genuinae* wyodrębniono tylko jeden gatunek *N. tabacum*, który dał początek ogromnej ilości odmian istniejących dziś na całym świecie. Jest to obecnie 48-chromosomowy gatunek, którego genom składa się z dwóch podgenomów; jeden z nich jest homologiczny z genomem *N. sylvestris*, drugi z genomem *N. tomentosiformis*, będących przodkami tytoniu uprawnego. Odmiany uprawne *N. tabacum* stanowią odrębny przedmiot badań, zaś w badaniach nad zawartością kadmu uwzględniono kilka odmian botanicznych.

Poziom kadmu nagromadzony przez badane odmiany botaniczne *N. tabacum* był stosunkowo wysoki w liściach roślin rosnących na podłożu kontrolnym, jednakże zbliżony u poszczególnych odmian i nie różniący się istotnie. Podobnie nie wykazano istotnych różnic w zawartości kadmu w liściach roślin rosnących na podłożu wzbogaconym oraz w korzeniach w obydwu obiektach (rys. 5, 6).



Rys. 5. Zawartość kadmu w liściach odmian botanicznych *N. tabacum* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 5. Cadmium content in leaves of *N. tabacum* botanical varieties grown on compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd



Rys. 6. Zawartość kadmu w korzeniach odmian botanicznych *N. tabacum* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 6. Cadmium content in roots of *N. tabacum* botanical varieties grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd



**Podrodzaj: *Petunioides***

Podrodzaj *Petunioides* jest najliczniejszy w rodzaju *Nicotiana*, zawiera bowiem 9 sekcji i 51 gatunków. Jest najbardziej zróżnicowany pod względem rozmieszczenia geograficznego jak też charakteru genetycznego poszczególnych gatunków. Liczba chromosomów w tym podrodzaju wynosi od 18 do 48. Występują w nim gatunki pochodzenia poliploidalnego oraz aneuploidalnego.

**Sekcja: *Undulatae***

Sekcja *Undulatae* zawiera trzy gatunki: *N. undulata*, *N. arentsii* i *N. wigandioides*, rosnące w swym naturalnym stanie w Boliwii i Peru. W badaniach nad zawartością kadmu stwierdzono istotne różnice w zdolnościach gromadzenia tego pierwiastka w liściach i korzeniach dwu badanych gatunków rosnących w obiektach z podwyższoną zawartością tego pierwiastka (tab. 2.).

Tabela 2; Table 2

Porównanie zawartości kadmu w liściach i korzeniach gatunków sekcji *Undulatae* i *Trigonophylla* rosnących w ziemi kompostowej o naturalnej zawartości tego pierwiastka oraz w glebie z dodatkiem kadmu w ilości 8 ppm

Comparison of cadmium content in the leaves and roots of *Undulatae* and *Trigonophylla* section grown on compost soil (control) and on soil enriched with 8 ppm cadmium

Sekcja Section	Gatunek Species	Liczba chromosomów (2n) No of chromosome	Zawartość Cd w liściach Cd content in the leaves		Zawartość Cd w korzeniach Cd content in the roots	
			gleba naturalna natural soil	gleba z dod. Cd Cd-enriched soil	gleba naturalna natural soil	gleba z dod. Cd Cd-enriched soil
<i>Undulatae</i>	<i>N. undulata</i>	24	1,37	17,8	0,86	17,8
	<i>N. arentsii</i>	48	0,71	8,17	0,81	5,03
	NIR		0,89	6,63	0,60	6,43
<i>Trigonophylla</i>	<i>N. trigonophylla</i>	24	0,40	35,51	0,55	13,2
	<i>N. palmerii</i>	24	0,73	43,88	1,27	11,32
	NIR		0,45	12,86	1,41	4,35

**Sekcja: *Trigonophylla***

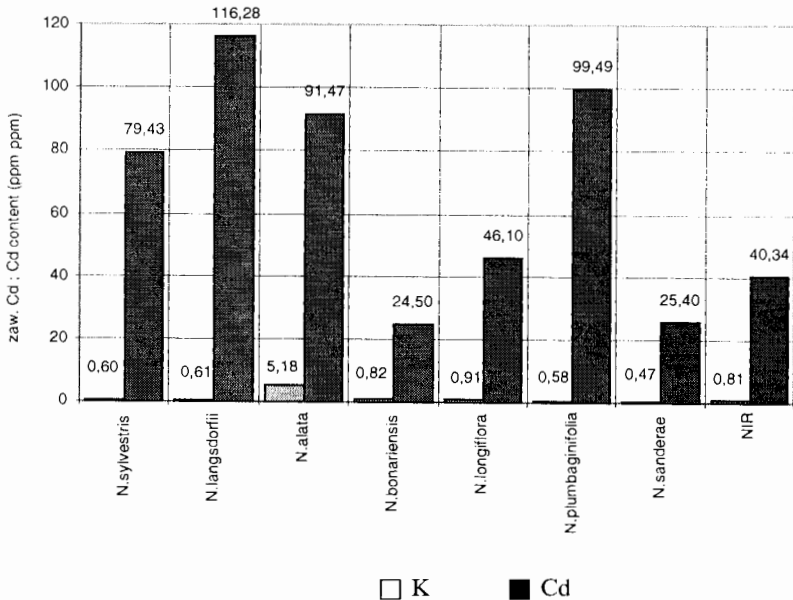
Sekcja *Trigonophylla* zawiera dwa gatunki, pochodzące z Meksyku i południowej części Stanów Zjednoczonych Ameryki. Niektórzy systema-

tycy traktują je jako jeden gatunek wyodrębniając tylko odmiany botaniczne. W doświadczeniach nad zdolnością pobierania i gromadzenia kadmu gatunki te nie wykazują istotnych różnic zawartości tego pierwiastka w liściach i korzeniach w obu badanych obiektach, co również wskazuje na ich bliskie pokrewieństwo.

### Sekcja: *Alatae*

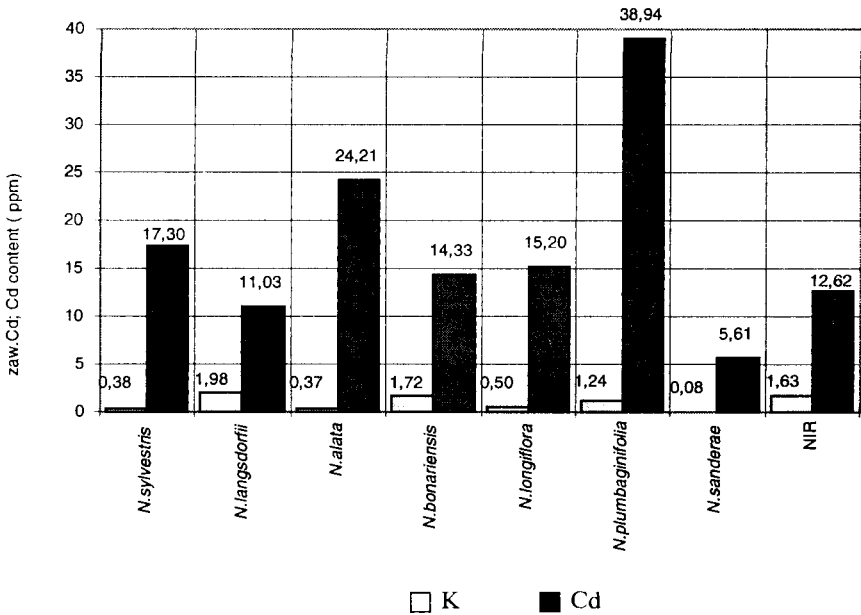
Sekcja *Alatae* liczy siedem gatunków pochodzących z Ameryki Południowej, szczególnie z Argentyny, Boliwii, Paragwaju, Urugwaju i Brazylii. Zawiera gatunki różniące się liczbą chromosomów. Wszystkie gatunki są roślinami jednorocznymi, zakwitającymi w naszych warunkach dość wcześnie.

Badania nad zawartością kadmu wykazały duże różnice w gromadzeniu tego pierwiastka w liściach *N. alata* w obiekcie kontrolnym oraz duże zróżnicowanie międzygatunkowe w obiekcie ze wzbogaconą zawartością kadmu (rys. 7). W tym obiekcie istotnie wyróżniał się gatunek *N. plumbaginifolia* pod względem zawartości kadmu w korzeniach (rys. 8).



Rys. 7. Zawartość kadmu w liściach gatunków sekcji *Alatae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 7. Cadmium content in the leaves of *Alatae* section grown on control compost soil and on the compost soil enriched with 8 ppm Cd



Rys. 8. Zawartość kadmu w korzeniach gatunków sekcji *Alatae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 8. Cadmium content in roots of *Alatae* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd

### Sekcja: *Repandae*

Sekcja *Repandae* liczy trzy gatunki: *N. repandae*, *N. stoctonii* i *N. nesofila*. Pochodzą one z południowej części USA (Texas) oraz z Meksyku i okolicznych wysp. Są to gatunki 48 chromosomowe, jednoroczne. Z uwagi na brak w puławskiej kolekcji gatunku *N. stoctonii* w badaniach uwzględniono tylko dwa pozostałe gatunki, przy czym *N. repandae* jako forma di- i tetraploidalna. Wykazano istotne różnice w zawartości kadmu w liściach i korzeniach roślin rosnących na podłożu z dodawanym kadmem (tab. 3). Porównując formy *N. repandae* o różnej liczbie chromosomów, widać malejące zdolności do gromadzenia kadmu wraz ze wzrostem ploidalności.

### Sekcja: *Noctiflorae*

Sekcja *Noctiflora* zawiera cztery gatunki 24-chromosomowe, z czego *N. ameghinoi* występuje jedynie w postaci zasuszonej w herbarium w Argentynie, zaś *N. acaulis* w niektórych kolekcjach w warunkach *in vitro*. W badaniach nad zawartością kadmu uwzględniono tylko dwa gatunki: *N. noctiflora* i *N. petunioides*. Mimo bardzo dużego podobieństwa fenotypowego omawianych gatunków, wystąpiły istotne różnice zdolności groma-

dzenia kadmu, zarówno w liściach jak i korzeniach roślin obydwu gatunków rosnących na podłożu wzbogaconym w ten pierwiastek (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Porównanie zawartości kadmu w liściach i korzeniach gatunków sekcji *Repandae*, *Noctiflorae*, *Bigelovianae* i *Nudicaulis* rosnących w ziemi kompostowej o naturalnej zawartości tego pierwiastka oraz w glebie z dodatkiem kadmu w ilości 8 ppm

Comparison of cadmium content in the leaves and roots of *Repandae*, *Noctiflorae*, *Bigelovianae* and *Nudicaulis* section grown on compost soil (control) and on soil enriched with 8 ppm cadmium

Sekcja Section	Gatunek Species	Liczba chromo- somów (2n) No of chromo- some	Zawartość Cd w liściach Cd content in the leaves		Zawartość Cd w korzeniach Cd content in the roots	
			zaw. Cd w obiek- cie kon- trol. control	zaw. Cd w obiek- cie bad. experi- ment	zaw. Cd w obiek- cie kontrol control	zaw. Cd w obiek- cie bad. experi- ment
<i>Repandae</i>	<i>N. repanda</i>	48	0,81	42,86	0,55	20,27
	<i>N. repanda</i> tetra	96	0,55	34,14	1,47	12,96
	<i>N. nesofila</i>	48	0,85	12,19	0,83	10,56
	NIR		0,65	15,14	1,16	3,91
<i>Noctiflorae</i>	<i>N. noctiflora</i>	24	1,39	26,94	1,02	6,96
	<i>N. petunioides</i>	24	1,15	61,13	0,90	25,23
	NIR		0,63	12,8	0,91	8,27
<i>Bigelovianae</i>	<i>N. bigelovii</i>	48	5,47	16,74	1,27	11,61
	<i>N. clevelandii</i>	48	1,03	39,18	1,48	30,52
	NIR		2,15	9,42	0,53	4,45
<i>Nudicaulis</i>	<i>N. nudicaulis</i>	48	0,37	30,33	1,09	30,45

### Sekcja: *Bigelovianae*

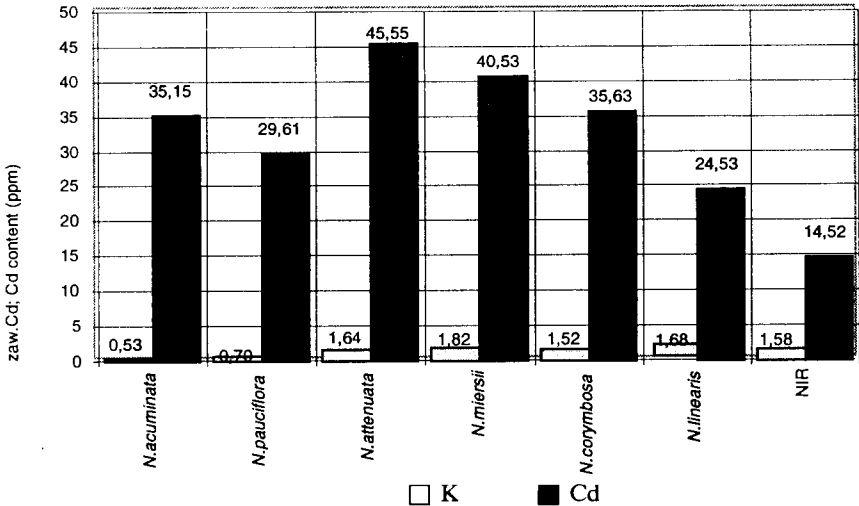
Sekcja *Bigelovianae* liczy dwa 48-chromosomowe gatunki. *N. bigelovii* pochodzi z Kalifornii (USA), zaś *N. clevelandii* znaleziono w pld.-zach. części USA i w pñ.-wsch. Meksyku. Badania prowadzone nad zawartością kadmu w obydwu gatunkach wykazały istotne różnice między nimi, dotyczące zarówno ilości kadmu w liściach jak i korzeniach (tab. 3).

### Sekcja: *Nudicaulis*

W tej sekcji wyodrębniono tylko jeden 48-chromosomowy gatunek o takiej samej nazwie gatunkowej, pochodzący z pñ.-wsch. części Meksyku. Wyniki uzyskane w prowadzonych badaniach zawarto w tabeli zbiorczej (tab. 3).

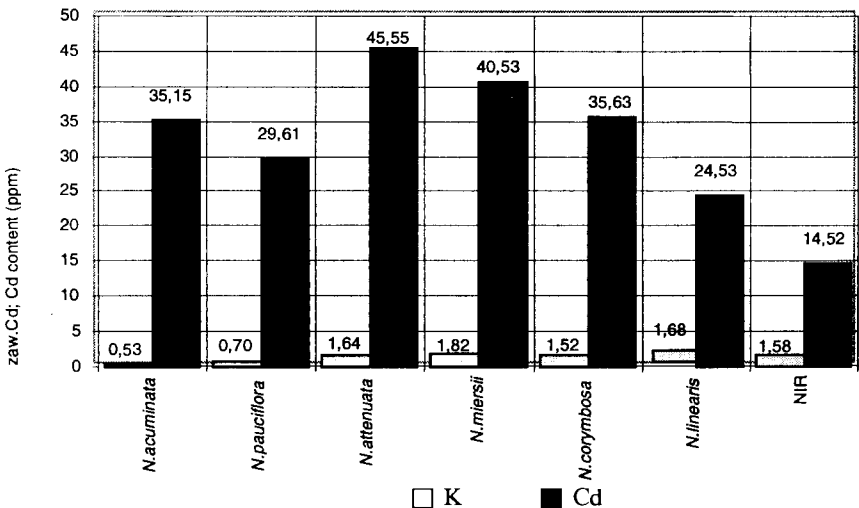
Seksja: *Acuminatae*

Seksja *Acuminatae* liczy osiem 24-chromosomowych gatunków, z których wszystkie pochodzą z Ameryki Płd. i płn. części USA. W badaniach uwzględniono sześć gatunków utrzymywanych w puławskiej kolekcji *Nicotiana*. Najwyższe wartości kadmu wykazywały gatunki *N. miersii* i *N. linearis* (rys. 9 i 10).



Rys. 9. Zawartość kadmu w liściach gatunków sekcji *Acuminatae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 9. Cadmium content in the leaves of *Acuminatae* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd



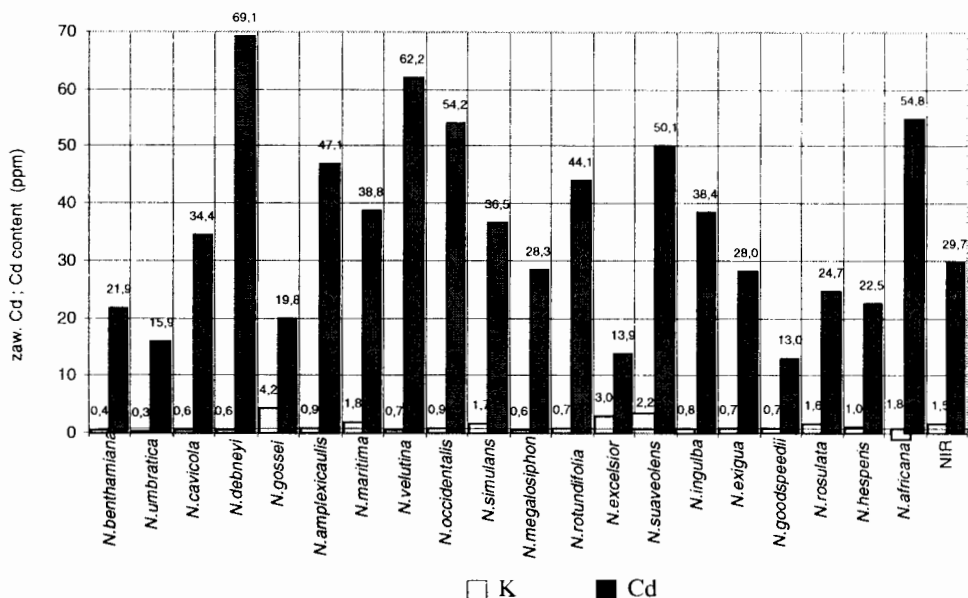
Rys. 10. Zawartość kadmu w korzeniach gatunków sekcji *Acuminatae* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 10. Cadmium content in the roots of *Acuminatae* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd

Fenotypowo gatunki te wykazują znaczne podobieństwo, są bardzo niskie – do 50 cm wys. Charakteryzują się bardzo dużą liczbą drobnych, wąskich liści. Szkodliwy wpływ tego pierwiastka widoczny był w silnym zahamowaniu tempa wzrostu. Istotne różnice wykazano w zawartości kadmu w korzeniach roślin będących przedstawicielami gatunków, które rosły w podłożu wzbogaconym kadmem.

### Sekcja : *Suaveolentes*

Sekcja *Suaveolentes* jest najliczniejszą sekcją w rodzaju *Nicotiana*, liczącą 21 gatunków, z których ogromna większość pochodzi z Australii i kilku wysp Pacyfiku. Jedyne odkryty stosunkowo niedawno gatunek *N. africana* został znaleziony na izolowanych zboczach gór w środkowej Namibi (Afryka). Sekcja ta obejmuje gatunki bardzo zróżnicowane zarówno pod względem fenotypowym jak też genetycznym, biorąc pod uwagę liczbę chromosomów. Wiele gatunków ma pochodzenie aneuploidalne, których podstawowy garnitur chromosomalny nie jest wielokrotnością liczby – 6, uznanej jako podstawowa w rodzaju *Nicotiana*.

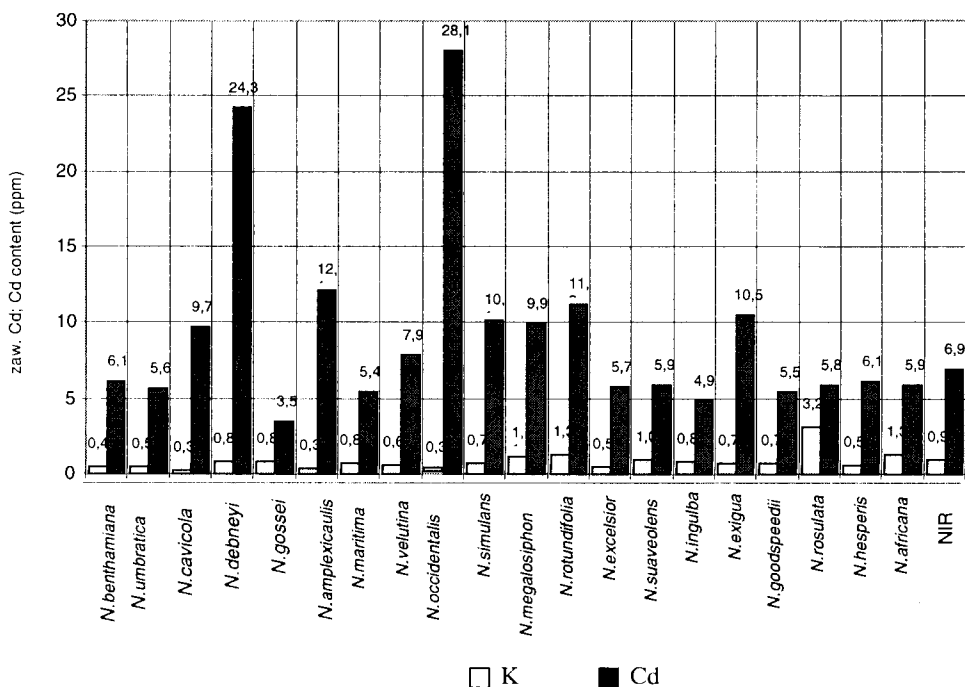


Rys. 11. Zawartość kadmu w liściach gatunków sekcji *Suaveolentes* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8 ppm

Fig. 11. Cadmium content in the leaves of *Suaveolentes* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd

W badaniach nad zdolnością pobierania i gromadzenia kadmu uwzględniono 20 gatunków należących do sekcji *Suaveolentes*. Opisane duże

zróznicowanie w tej sekcji ma również swoje odzwierciedlenie w podatności na czynnik abiotyczny, jakim był w tym wypadku kadm. Rośliny gatunków: *N. gossei* i *N. excelsior* rosnące na naturalnym podłożu wykazywały wysokie wartości kadmu w liściach (rys. 11), jednakże ze wzrostem stężenia szkodliwego pierwiastka w glebie nie następował tak gwałtowny wzrost jego zawartości w częściach naziemnych, jak obserwowano to u innych gatunków.



Rys. 12. Zawartość kadmu w korzeniach gatunków sekcji *Suaveolentes* rosnących na podłożu kontrolnym i wzbogaconym kadmem w ilości 8ppm

Fig. 12. Cadmium content in roots of *Suaveolentes* section grown on control compost soil and on compost soil enriched with 8 ppm Cd

W środowisku bogatym w kadm najwyższą zawartością tego pierwiastka w liściach charakteryzowały się: *N. debneyi*, *N. velutina*, *N. africana* i *N. occidentalis*. Analiza korzeni wykazała najwyższe wartości również dla *N. occidentalis* i *N. debneyi*, odróżniając te gatunki istotnie od pozostałych.

## Dyskusja

Przeprowadzone badania nad zdolnością pobierania i gromadzenia kadmu obejmują prawie wszystkie gatunki rodzaju *Nicotiana* i stanowią

szeroki przegląd reakcji tych genotypów na zróżnicowane dawki szkodliwego pierwiastka w podłożu. Badania te potwierdziły ogromną różnorodność pod względem tej cechy w rodzaju *Nicotiana*. Podobne wnioski wysuwają WAGNER i in. [1985a] w oparciu o badania określonej grupy gatunków i odmian tytoniu. Wspomniane badania obejmowały zaledwie 12 genotypów lecz pozwoliły autorom na stwierdzenie wysokich zdolności kumulacji kadmu przez badane gatunki zarówno w części naziemnej jak i w korzeniach.

Dla celów hodowlanych największą wartość stanowią genotypy gromadzące najniższe ilości kadmu, zarówno z podłoża o niskich dawkach jak i z gleb bardziej zanieczyszczonych. Drugą grupę stanowią gatunki, które wprawdzie pobierają znaczne ilości kadmu lecz nie zostaje on przemieszczany do pędów i liści. W przypadku tytoniu, którego organami konsumpcyjnymi są liście, najbardziej istotne jest wyodrębnienie z tej grupy genotypów gromadzących najniższe ilości kadmu w liściach. W badaniach WAGNERA [1985b] takimi gatunkami okazały się *N. rustica* i *N. rotundifolia*. Badania autorki niniejszej pracy potwierdzają te wyniki zwłaszcza w przypadku *N. rotundifolia*. Gatunek ten wykazał wysokie wartości kadmu w korzeniach, zwłaszcza rosnący w glebie o niskiej zawartości tego pierwiastka i niskie stężenie w liściach. W obiekcie z wysoką dawką kadmu w podłożu, pierwiastek ten niestety został przemieszczony i uległ akumulacji również w liściach.

Badania prowadzone na znacznie większej liczbie gatunków pozwoliły wyodrębnić autorce genotypy o najniższych zdolnościach pobierania i kumulowania kadmu w obu kombinacjach, przy czym należy dodać, że jedna z kombinacji zawierała skrajnie wysokie stężenie tego metalu, rzadko występujące w warunkach naturalnych. Takimi gatunkami okazały się *N. benavidesii* i *N. umbratica*. Wyniki te są interesujące z uwagi na możliwość wykorzystania tych gatunków w pracach hodowlanych. Szczególnie dotyczy to *N. benavidesii*, który z uwagi na odporność na wirus Y ziemniaka jest wykorzystywany w hodowli prowadzonej w oparciu o krzyżowanie międzygatunkowe [BERBEĆ 1987].

Niskim stosunkiem zawartości kadmu w liściach do zawarości kadmu w korzeniach charakteryzowały się gatunki: *N. arentsii*, *N. cordifolia*, *N. nesofila* i *N. tomentosa* [DOROSZEWSKA, BERBEĆ 1996]. Świadczy to o niskiej dystrybucji tego pierwiastka z korzeni do liści.

Badania autorki potwierdziły opinie o dużych zdolnościach kumulacyjnych kadmu przez *N. tabacum* [MUELLER 1979]. Badane odmiany botaniczne wykazały bardzo wysokie zawartości tego pierwiastka w liściach roślin rosnących na podłożu kontrolnym. Potwierdza to opinie o potrzebie eliminacji tej genetycznie uwarunkowanej cechy metodą hodowli klasycznej, bądź opartej o transformację przy użyciu *Agrobacterium tumefaciens* [WAGNER 1987].



Szkodliwy wpływ wysokich dawek kadmu przejawiał się zaburzeniami wzrostu oraz przedwczesnym żółknięciem liści i starzeniem się roślin. Szczególnie obserwowano to u gatunków z sekcji *Alatae*: *N. langsdorfii*, *N. alata*, *N. sylvestris*. Według badań REESE i ROBERTSA [1984], indeks mitotyczny i całkowity poziom DNA wykazały, że kadm działa hamująco na podziały komórkowe, co tłumaczy jego hamujący wpływ na wzrost roślin.

Gatunkami o dużych zdolnościach kumulacyjnych kadmu są: *N. langsdorfii*, *N. plumbaginifolia*, *N. setcheli*, *N. debneyi* i *N. velutina*. Według badań MC GRATH i in. [1993] gatunki charakteryzujące się wysokimi możliwościami gromadzenia kadmu w swej biomase mogą być wykorzystane do oczyszczania gleb najbardziej skażonych. Są to niektóre gatunki z rodzaju *Thlaspii*. Wymienione gatunki *Nicotiana* o dużych zdolnościach kumulacyjnych kadmu mogą wytworzyć znacznie większą biomasę, co byłoby istotne celem pozyskiwania kadmu z gleby.

Istniejące duże zróżnicowanie międzygatunkowe w obrębie rodzaju *Nicotiana* znalazło również odzwierciedlenie pod względem tej badanej cechy. Świadczy o tym ogromna rozpiętość zawartości kadmu w poszczególnych gatunkach oraz brak istotnych statystycznie różnic w przypadku odmian botanicznych tego samego gatunku.

### Wnioski

1. Przeprowadzone kilkuletnie badania nad zdolnością pobierania i kumulowania kadmu pozwoliły stwierdzić ogromne zróżnicowanie gatunków rodzaju *Nicotiana*, również pod względem tej cechy.
2. Zdecydowanie największymi zdolnościami do gromadzenia szkodliwego pierwiastka w liściach z podłoża o naturalnej jego zawartości odznaczały się gatunki: *N. raimondii* (6,15 ppm), *N. bigelovii* (5,47 ppm) i odmiany botaniczne *N. tabacum* (3,92–5,75 ppm), natomiast w korzeniach *N. rosulata* (3,17 ppm).
3. W przypadku podłoża, do którego dodano 8 mg czystego składnika najwyższą zawartość kadmu w liściach stwierdzono u *N. langsdorfii* (116,28 ppm), *N. plumbaginifolia* (99,49 ppm), *N. setcheli* (94,16 ppm), *N. debneyi* (69,12 ppm) i *N. velutina* (62,15 ppm). Zawartość kadmu w korzeniach w tej kombinacji najwyższą była u *N. miersii* (32,2 ppm), *N. clevelandii* (30,45 ppm) i *N. nudicaulis* (30,45 ppm).
4. Różnice istotnie statystycznie wyliczone dla poszczególnych sekcji wykazano najczęściej w obiektach z dodawanym kadmem, rzadko w obiektach kontrolnych.
5. Nie wykazano istotnych różnic zawartości kadmu w przypadku

odmian botanicznych tego samego gatunku rosnących na obydwu podłożach.

### Literatura

- BERBEĆ A. 1987.** *Chromosome pairing and pollen fertility in the interspecifics  $F_1$  hybrids *Nicotiana tabacum* L. x *N. benavidesii* Goodspeed, *N. knightiana* Goodspeed x *N. tabacum*, and *N. raimondii* Macbride x *N. tabacum*.* Genetica Polonica 28(3): 263–269.
- DOROSZEWSKA T., BERBEĆ A. 1996.** *Uptake of cadmium by some *Nicotina* species.* Inform. Bull. Yokohama CORESTA Congress: 121.
- GOODSPEED T.H. 1954.** *The genus *Nicotiana*.* Chronica Botanica, Waltham, Mass. USA.
- MC GRATH S.P., SIDOLI C.M., A.J.H. & REEVES R.D. 1993.** *Plants clean up soils.* BAAS Science for Life meeting.
- MUELLER G. 1979.** *Heavy metal content (Cd, Zn, Pb, Cu, Cr) of tobacco in commonly smoked cigarettes in the Federal Republic of Germany.* Chem.-Zeit. 103(4): 33–39.
- PHU LICH N., TRUHOUT R., CLAUDE J.R. & AL. 1990.** *Cadmium and tobacco.* Bull. ARN: 50–64.
- REESE R., ROBERTS L.W. 1984.** *Cadmium uptake and its effects on grown of tobacco cell suspension cultures.* Plant Cell Rep. 3(3): 91–94.
- SCHENKER D. 1984.** *Considerations on the cadmium content of tobacco products.* Forum Staedte-Hyg. 35(1): 17–24.
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T. 1998.** *Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Wielkopolski na tle ich występowania w glebach kraju.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 460: 23–39.
- WAGNER G.J., YEARGAN R. 1985a.** *Species differences in shoot versus root Cd accumulation in tobacco and the influence of Cd concentration on the nature of accumulated Cd-forms.* Plant Physiol. Suppl. 77(4): 119.
- WAGNER G.J., YEARGAN R. 1985b.** *Cadmium i tobaccos. Genetic variation in accumulation potential and possible mechanism of accumulation.* Tob. Chem. Res. Conf. 39: 38.
- WAGNER G.J., KANDRA G., MAITI B. 1987.** *Application of plant breeding and genetic engineering to reducing cadmium accumulation in tobacco leaves.* Tob. Chem. Res. Conf. 41: 32.

**Słowa kluczowe:** rodzaj *Nicotiana*, kadm, dzikie gatunki

### Streszczenie

Przeprowadzono badania zdolności pobierania i gromadzenia kadmu przez 59 dzikich gatunków *Nicotiana* i 6 odmian botanicznych *N. tabacum* i *N. rustica*. Badania prowadzono na glebie o naturalnej zawartości kadmu 0,15 ppm i glebie z dodawanym kadmem w ilości 8 ppm. W wyniku analizy chemicznej stwierdzono zróżnicowaną zawartość kadmu w liściach i korzeniach w zależności od badanych genotypów. Zdecydowanie największymi zdolnościami do gromadzenia szkodliwego pierwiastka w liściach z podłoża o naturalnej jego zawartości odznaczały się gatunki: *N. raimondii*, *N. bigelovii* i odmiany botaniczne *N. tabacum*, natomiast w korzeniach *N. rosulata*. W przypadku podłoża, do którego dodano 8 mg czystego składnika najwyższą zawartość kadmu w liściach stwierdzono u *N. langsdorfii*, *N. plumbaginifolia*, *N. setchellii*, *N. debneyi* i *N. velutina*. Zawartość kadmu w korzeniach w tej kombinacji najwyższa była u *N. miersii*, *N. clevelandii* i *N. nudicaulis*. Zdecydowanie najmniej kadmu pobierały w obydwu badanych kombinacjach: *N. benavidesii* i *N. umbratica*. Różnice istotnie statystycznie wyliczone dla poszczególnych sekcji wykazano najczęściej w kombinacjach z dodawanym kadmem, rzadko w obiektach kontrolnych. Nie wykazano istotnych różnic zawartości kadmu w przypadku odmian botanicznych tego samego gatunku.

### CHARACTERISTICS OF DIVERSITY IN *Nicotiana* GENUS ON AN EXAMPLE OF CADMIUM UPTAKE AND CUMULATION BY WILD SPECIES

Teresa Doroszewska

Department of Breeding of Special Crops,  
Institute of Soil Science and Plant Cultivation, Puławy

Key words: genus *Nicotiana*, cadmium, wild species

### Summary

Fifty nine wild species of *Nicotiana* and six botanical varieties of *N. tabacum* and *N. rustica* were examined for their ability to take up and accumulate cadmium in their leaves and roots. The plants were grown on two soils: cadmium-enriched (8 ppm Cd), and untreated, with native cadmium content of 0.15 ppm as control. The leaf and root Cd content varied with the genotype and with the level of soil Cd. *N. raimondii*, *N. bigelovii*, botanical varieties of *N. tabacum* and *N. rosulata* were found to be the most potent cadmium absorbers from the untreated soil. *N. langsdorfii*, *N. plumbaginifolia*, *N. setchellii*, *N. debneyi* and *N. velutina* took up and accumulated in their leaves large amount of cadmium from the cadmium-enriched soil. The root accumulation of cadmium from cadmium-enriched soil was high in *N. miersii*, *N. clevelandii*, and *N. nudicaulis*. *N. benavidesii* and *N. umbratica* were found to be the weakest cadmium absorbers from both, cadmium-enriched and untreated soils.

In individual sections statistically significant differences were most frequently demonstrated for the treatments with cadmium supplement and rarely for untreated-controls. No significant differences in cadmium content were found among botanical varieties within the same species.

**Dr Teresa Doroszevska**

Zakład Hodowli i Uprawy Roślin Specjalnych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa

ul. Czartoryskich 8

24-100 PUŁAWY

e-mail: [dorter@iung.pulawy.pl](mailto:dorter@iung.pulawy.pl)