

ZRÓŻNICOWANIE ZAWARTOŚCI Cd, Pb, Zn i Cu W LIŚCIACH TYTONIU SZLACHETNEGO (*NICOTIANA TABACUM* L.) UPRAWIANEGO W REJONIE PROSZOWIC

Artur Szwalec, Paweł Mundała, Renata Kędzior

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy była ocena zróżnicowania zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w tytoniu typu Virginia uprawianym w rejonie Proszowic. Próby roślin i gleb pobierano z pól uprawnych położonych w sołectwach Bobin, Wolwanowice, Kościelec, Mysławczyce oraz Kuchary. Zawartości kadmu, ołowiu, cynku i miedzi oznaczono metodą FAAS na aparacie Solaar M6 firmy Unicam. Badane liście tytoniu cechowały się słabym stopniem kumulacji ołowiu, cynku i miedzi oraz intensywnym stopniem kumulacji kadmu. Stwierdzono dodatnie korelacje pomiędzy zawartościami kadmu i miedzi w glebie a stężeniami tych pierwiastków w liściach tytoniu. Zależność ta jest odwrotna (korelacja ujemna) w przypadku cynku. Nie stwierdzono statystycznie istotnej korelacji w odniesieniu do zawartości ołowiu. Analiza wariancji wykazała zróżnicowanie zawartości badanych metali zarówno w liściach, jak i glebach.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, uprawa tytoniu, współczynniki zanieczyszczenia i fitokumulacji

WSTĘP

Zarówno tytoń szlachetny (*Nicotiana tabacum* L.), jak i tytoń bakun (*Nicotiana rustica* L.), zwany powszechnie machorką, pochodzą z rejonu Ameryki Środkowej obejmującego kraje od Peru na południu do Meksyku na północy. W Europie uprawa tytoniu rozpoczęła się w XVI wieku. W tym samym wieku znalazł się tytoń w Polsce, przywieziony tu z Turcji, o czym świadczy m.in. podobieństwo polskiej i tureckiej nazwy roślin. Liście tytoniu stanowią surowiec do wyrobu papierosów, cygar, tabaki do żucia, wykorzystywane są przez przemysł farmaceutyczny i w produkcji środków

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Artur Szwalec, dr inż. Paweł Mundała, dr Renata Kędzior, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmmunda@cyf-kr.edu.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

ków ochrony roślin [Dubas i Gładysiak 1994]. Wśród tytoni papierosowych jasnych wyróżnia się tytonie orientalne – drobnolistne, półorientalne – średniolistne, oraz wielkolistne – typu Virginia. Z grupy tytoni papierosowych jasnych obecnie uprawiane są w Polsce jedynie odmiany wielkolistne typu Virginia lub do nich zbliżone. Ta grupa tytoni charakteryzuje się dużą elastycznością aklimatyzacyjną, dzięki czemu można je uprawiać w różnych rejonach kraju [Roman 1987]. W Polsce tytoń ma duże znaczenie w rolnictwie i przemyśle przetwórczym. Nasz kraj jest jednym z wiodących producentów tytoniu w Unii Europejskiej. Uprawa tytoniu prowadzona jest na powierzchni ponad 15 tys. ha, w ok. 10 tys. gospodarstw w następujących rejonach: lubelsko-podkarpackim, świętokrzysko-małopolskim, kujawsko-pomorskim, mazurskim i dolnośląskim [Rolnictwo... 2015]. Celem pracy była ocena wpływu lokalizacji uprawy na zawartość Cd, Pb, Zn i Cu w tytoniu typu Virginia uprawianym w rejonie Proszowic.

METODYKA BADAŃ

Próby roślin i gleb do badań pobierano z pól uprawnych położonych w rejonie upraw świętokrzysko-małopolskim, w powiecie proszowickim, w sołectwach: Bobin, Wolwanowice, Kościelec, Mysławczyce oraz Kuchary. Sołectwa sąsiadują wzajemnie ze sobą, na mapie tworzą rąb o bokach 16 km (północ-południe) i 9 km (wschód-zachód). W każdym z sołectw losowo wytypowano obszar badawczy (pole) o powierzchni 0,60–1 ha. Autorzy nie wpływali na stosowaną przez rolników agrotechnikę i zabiegi ochrony roślin. Próbkę liści zostały zebrane z tytoniu odmiany Virginia SCR IUN (typ Virginia) znajdującego w stadium dojrzałości technicznej, z pięciu punktów badawczych wybranych losowo z całego pola uprawnego. Jako punkt badawczy przyjmowano teren o powierzchni ok. 25 m², z którego w pięciu miejscach zrywano liście tytoniu tworzące próbę średnią o świeżej masie ok. 1 kg. W tej samej lokalizacji co próby roślinne za pomocą świdra glebowego z powierzchniowej warstwy 0,0–0,3m pobierano próby pierwotne gleb. Z tak pobranego materiału glebowego po homogenizacji pobrano próbę uśrednioną o masie ok. 500 g ś.m. Po wysuszeniu do powietrznie suchej masy rośliny zmielono w młynku wysokoobrotowym, a próby gleb rozdrobniono w moździerzu i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Do analizy pobrano 10 g powietrznie suchego i jednorodnego materiału roślinnego oraz 3 g jednorodnego materiału glebowego. Próbkę naważono z dokładnością 0,0001g. W tak przygotowanym materiale przeprowadzono mineralizację suchą (w temperaturze 460°C, w piecu muflowym, z roztworzeniem HNO₃ i ekstrakcją HCl), w odniesieniu do roślin oraz mineralizację na mokro (mieszanina stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄), w odniesieniu do gleb [Ostrowska i in. 1991]. Zawartości kadmu, ołowiu, cynku i miedzi oznaczono metodą FAAS na aparacie Solaar M6 firmy Unicam.

W ocenie zawartości pierwiastków śladowych w glebie wykorzystano zintegrowany współczynnik zanieczyszczenia (Integrated Pollution Index, IPI) [Wei i Yang 2010]. Wartość IPI jest średnia arytmetyczną z współczynników zanieczyszczenia (Pollution Index, PI) obliczonych dla analizowanych metali, które są ilorazem oznaczonej zawartości ocenianego metalu i jego tła geochemicznego. Zintegrowany współczynnik zanie-

czyszczenia $IPI \leq 1$ oznacza słabe, $1 < IPI \leq 2$ średnie, a $IPI > 2$ wysokie zanieczyszczenie gleb danymi metalami. Jako tło geochemiczne przyjęto zawartości podawane przez Czarnowską [1996] wynoszące odpowiednio: 0,18 mg Cd, 9,8 mg Pb, 30 mg Zn oraz 7,1 mg Cu. W analizie warunków migracji pierwiastków śladowych w układzie gleba-roślina wykorzystano wskaźnik fitokumulacji (WF) [Łaszewska i inni 2007]. Współczynnik ten jest ilorazem zawartości metalu w roślinie i jego stężenia w glebie. Wartość WF interpretuje się następująco: $WF \leq 0,01$ – kumulacja nie występuje; $WF \leq 0,1$ – słaby stopień kumulacji; $WF \leq 1,0$ – średni stopień kumulacji; $WF > 1,0$ – intensywny stopień kumulacji. Rozkład średnich zawartości badanych metali ciężkich na stanowiskach analizowano w oparciu o analizę wariancji (ANOVA). W celu określenia zależności pomiędzy zawartościami poszczególnych metali ciężkich w glebie i liściach tytoniu zastosowano współczynnik korelacji Spearmana. Wszystkie analizy statystyczne wykonano w programie Statistica 10.0.

WYNIKI BADAŃ

Tytoń jest rośliną bardzo wymagającą i pracochłonną. Znaczny wpływ na jego plon i wartość technologiczną wywierają czynniki ekologiczne, szczególnie gleba, temperatura, wilgotność powietrza oraz nasłonecznienie [Roman 1987]. W Polsce występuje północna granica zasięgu upraw tej rośliny. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu i stosowaniu odpowiedniej agrotechniki plantatorzy z rejonu Proszowic uzyskują stosunkowo dobrej jakości surowiec wypełniający do produkcji papierosów.

Rośliny pobierają metale ciężkie najczęściej poprzez system korzeniowy z roztworu glebowego lub kompleksu sorbcyjnego. Pierwiastki te mogą być również absorbowane z powietrza atmosferycznego przez aparaty szparkowe i powierzchnie liści w postaci gazowej lub jako metale rozpuszczone w wodzie opadowej [Haiyan i Stuanes 2003, Eapen i D'Souza 2005, Kabata-Pendias i Mukherjee 2007]. Badane gleby charakteryzowały się średnim zanieczyszczeniem wszystkimi analizowanymi metalami. Obliczone zintegrowane współczynniki zanieczyszczenia wynosiły odpowiednio: dla gleby z Bobina $IPI = 1,80$, dla gleby z Wolwanowic $IPI = 1,99$, dla gleby z Kościelca $IPI = 1,70$, dla gleby z Mysławczyc $IPI = 1,86$ oraz dla gleby z Kuchar $IPI = 1,63$. Były to jednak wartości znacząco niższe niż dla gleb poddanych silniejszej antropopresji, np. rejonów przemysłowych czy aglomeracji miejskich [Gąsiorek i Nemyska-Łukaszcuk 2004, Baran i in. 2010, Kicińska 2011, Pasieczna 2012, Szwalec i Mundała 2012]. W ocenie zawartości analizowanych metali w glebach można posłużyć się również wartościami granicznymi zamieszczonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby i ziemi [Rozporządzenie... 2002]. Odnosząc się do wymienionych wartości, badane gleby należy uznać za spełniające standardy dotyczące gleb użytków rolnych (grupa B). Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne statystycznie zróżnicowanie zawartości badanych metali ciężkich w glebie na wyznaczonych stanowiskach. W celu lepszego zobrazowania różnic, wykorzystując test Tukeya, obliczono NIR-y (tab. 2). Nieistotne statystycznie różnice stwierdzono dla średnich zawartości kadmu w glebach sołectw Bobin i Wolwanowice oraz w glebach sołectw Mysławczyce i Kuchary. Dla ołowiu nieistotne różnice wystąpiły dla gleb Wolwanowic i Kucharów, dla zawartości

cynku zaś w glebach Bobina i Kucharów oraz Wolwanowic i Mysławczyc. Natomiast dla zawartości miedzi różnic statystycznie istotnych było najmniej. Zawartości tego metalu nie różniły się istotnie dla sołectw Bobin, Wolwanowice, Kościelec i Kuchary oraz dla sołectw Wolwanowice i Kuchary; wystąpiła tu też trzecia para nieistotnych różnic, tj. Kościelec i Kuchary (tab. 2). Tak małe zróżnicowanie zawartości miedzi może wynikać ze stosunkowo niskich stężeń tego metalu w badanych glebach. W odniesieniu do gleb o dobrej kulturze rolnej oznaczone zawartości tego pierwiastka są na poziomie progu jego deficytu [Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Tabela 1. Zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w glebie i liściach tytoniu uprawianego w rejonie Proszowic ($n = 25$)

Table 1. Contents of Cd, Pb, Zn and Cu in soils and tobacco plant leaves cultivated in Proszowice district ($n = 25$)

Parametr Statistics	Zawartość pierwiastków w glebie – Metal content in soil mg · kg ⁻¹ s.m. – d.m.			
	Cd	Pb	Zn	Cu
Minimum	0,15	9,45	58,41	8,89
Maximum	0,45	15,38	96,11	12,90
Średnia arytmetyczna Arythmetic mean	0,33	11,86	78,24	11,05
Średnia geometryczna Geometric mean	0,32	11,77	76,92	11,01
Mediana	0,33	11,68	85,89	11,26
SD	0,08	1,5	14,04	0,93
V , %	24,00	13,00	18,00	8,00
	Zawartość pierwiastków w liściach tytoniu – Metal content in leaves mg · kg ⁻¹ s.m. – d.m.			
Minimum	0,82	0,50	18,26	3,00
Maximum	2,76	0,88	39,29	6,90
Średnia arytmetyczna Arythmetic mean	1,43	0,65	29,59	4,99
Średnia geometryczna Geometric mean	1,33	0,64	28,88	4,84
Mediana	1,25	0,65	29,68	4,83
SD	0,59	0,09	6,21	1,17
V , %	41,00	14,00	21,00	23,00

SD – odchylenie standardowe – standard deviation; V – współczynnik zmienności – coefficient of variation

Tabela 2. Zestawienie średnich arytmetycznych zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w badanych glebach i roślinach z odpowiadającymi im wartościami NIR

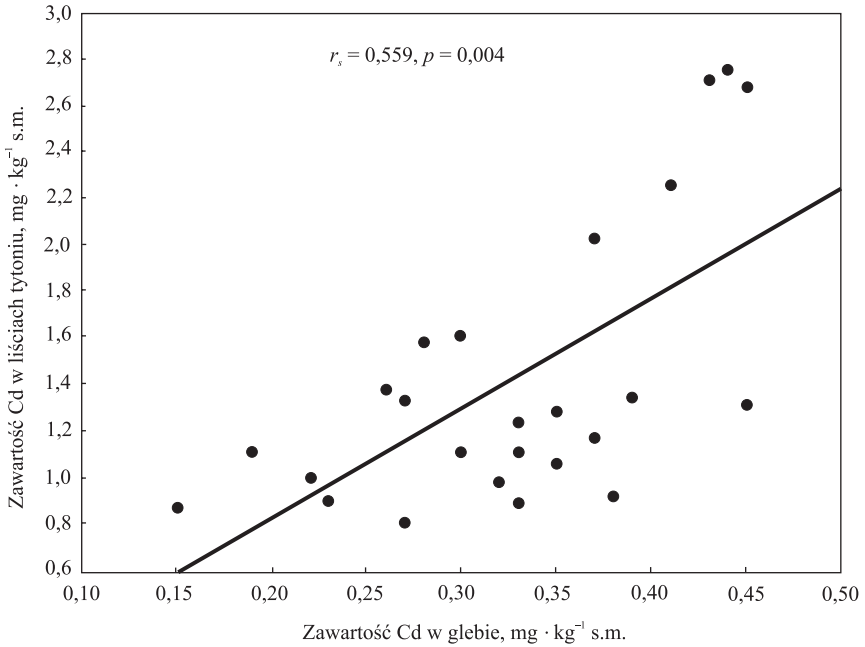
Table 2. Arithmetic means of Cd, Pb, Zn and Cu contents in soils and plants with the NIR values

Metal/sołectwo Metal/village	Bobin	Wolwanowice	Kościelec	Mysławczyce	Kucharzy	NIR/LSD
Gleba – Soil, mg · kg ⁻¹ s.m. – d.m.						
Cd	0,38a	0,42a	0,21	0,34b	0,29b	0,06
Pb	14,00	11,39a	10,09	12,61	11,22a	1,16
Zn	61,09a	86,25b	94,30	87,66b	61,90a	2,77
Cu	11,41a	11,30a,b	10,62a,b,c	9,80	12,13a,c	0,85
Roślina – Plant, mg · kg ⁻¹ d.m.						
Cd	1,25	2,50	0,95	0,34a	0,29a	0,25
Pb	0,65a,b	0,78	0,58a,c	0,57c	0,67b	0,09
Zn	38,30	29,35a	30,50a,b	19,62	30,18a,b	3,11
Cu	4,55a	6,07b	4,83a	3,17	6,34b	0,4

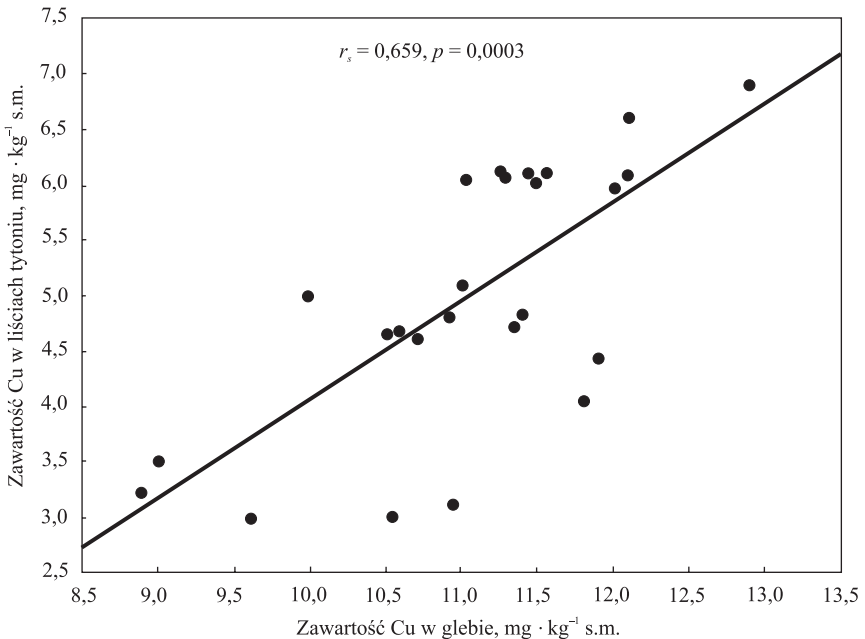
a, b, c – pary średnich nieróżniące się statystycznie – pairs of means, which do not differ statistically significant

Badane liście tytoniu cechowały się słabym stopniem kumulacji ołowiu ($0,05 \leq WF \leq 0,27$), cynku ($0,14 \leq WF \leq 0,65$) i miedzi ($0,28 \leq WF \leq 0,55$) oraz intensywnym stopniem kumulacji kadmu ($1,26 \leq WF \leq 6,33$). Najwyższy współczynnik fitokumulacji kadmu wystąpił w liściach tytoniu uprawianego w Wolwanowicach, również gleba z tej lokalizacji charakteryzowała się najwyższym współczynnikiem zanieczyszczenia tym metalem (PI Cd = 2,33), bezpośrednio związanym ze stężeniem tego pierwiastka (tab. 1). Analogicznie jak w przypadku gleb, aby zobrazować statystycznie istotne różnice stężeń badanych metali w liściach tytoniu na poszczególnych stanowiskach, wykorzystując test Tukeya, obliczono NIR-y (tab. 2). Dla zawartości kadmu jedynie liście z Mysławczyc i Kucharów nie różniły się statystycznie. Dla zawartości ołowiu zróżnicowanie było mniejsze, tj. mniej par średnich różniło się między sobą – i tak nie stwierdzono różnic dla Bobina i Kościelca, podobnie dla Bobina i Kucharów oraz Kościelca i Mysławczyc. Jednak w odróżnieniu od kadmu zawartości ołowiu w badanych roślinach były niskie (tab. 1). Dla zawartości cynku nie różniły się średnie zawartości w Wolwanowicach, Kościelcu i Kucharach, brak statystycznie istotnych różnic stwierdzono również dla Kościelca i Kucharów. Dla średnich zawartości miedzi różnice nie wystąpiły dla Bobina i Kościelca oraz Wolwanowic i Kuchar (tab. 2).

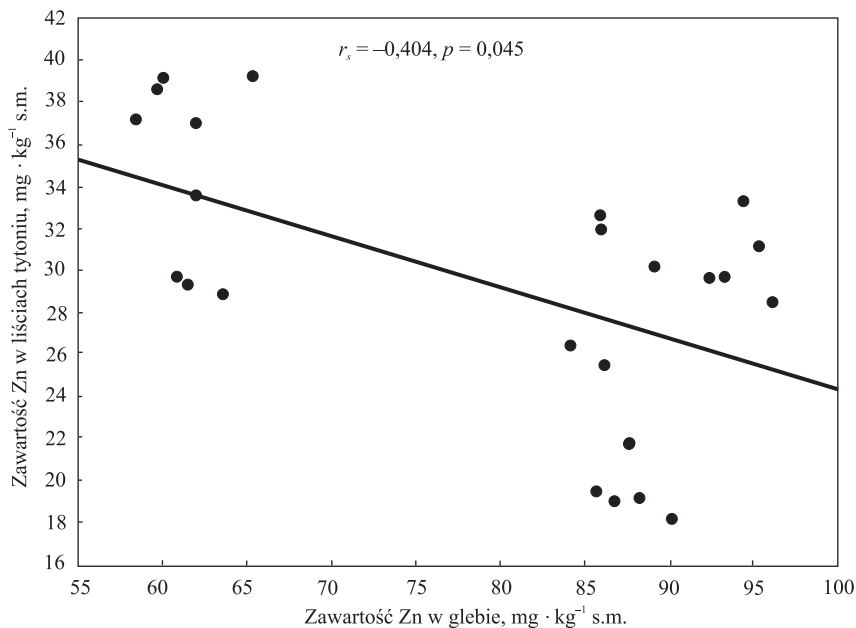
Obliczony współczynnik Spearmana potwierdza dodatnią korelację pomiędzy zawartością kadmu i miedzi w glebie a stężeniami tych pierwiastków w liściach tytoniu (ryc. 1, 3). Wraz ze wzrostem zawartości tych metali w glebie obserwujemy wzrost ich stężenia w liściach tytoniu. Zależność ta jest odwrotna w przypadku cynku, dla którego występuje ujemna korelacja (ryc. 2). Wraz ze wzrostem stężenia tego metalu w glebie



Ryc. 1. Korelacja pomiędzy zawartością kadmu w glebie i liściach uprawianego na niej tytoniu
 Fig. 1. Correlation between cadmium content in soil and plant



Ryc. 2. Korelacja pomiędzy zawartością miedzi w glebie i liściach uprawianego na niej tytoniu
 Fig. 2. Correlation between copper content in soil and plant



Ryc. 3. Korelacja pomiędzy zawartością cynku w glebie i liściach uprawianego na niej tytoniu
 Fig. 3. Correlation between zinc content in soil and plant

zmniejsza się jego zawartość w liściach tytoniu. Opisywana zależność statystyczna nie dotyczy ołowiu, dla którego współczynnik Spearmana przyjmuje wartość ujemną $r_s = -0,025$, a poziom istotności ($p = 0,906$) nie potwierdza korelacji omawianych zmiennych. Nietypowe zróżnicowanie zawartości cynku (korelacja ujemna) może wynikać z różnych przyczyn, m.in.: różnorodnego stosowania środków ochrony roślin na poszczególnych plantacjach tytoniu czy też zróżnicowanego nawożenia mineralnego (dolistnego i doglebowego). Stosowane w uprawie roślin nawozy fosforowe stanowią jedno z głównych źródeł wprowadzania wymienionych metali do gleby [Gorlach i Gambuś 1997]. Należy jednak pamiętać, iż wysoki poziom nawożenia fosforowego może stać się czynnikiem ograniczającym pobieranie cynku przez rośliny, bowiem wraz ze wzrostem zawartości fosforu przyswajalnego w glebie zmniejsza się dostępność cynku dla roślin [Gianquinto i in. 2000, Spiak i in. 2000, Zhu i in. 2001]. Innym czynnikiem mającym wpływ na zawartość cynku w roślinach może być antagonizm pomiędzy cynkiem a wapniem w fazie pobierania tych metali przez włosniki [Kabata Pendias i Pendias 1999]. Kolejnym czynnikiem może być zdolność detoksykacji metali ciężkich przez rośliny [Choi i in. 2001, Hall 2002]. Zdaniem Sarret i jej współpracowników [2006] tytoń może przez włoski porastające skórkę liścia usuwać nadmiar cynku. Roślina ta posiada również zdolność zmniejszania toksyczności kadmu. W doświadczeniach prowadzonych przez Choi i współpracowników [2001] na siewkach odmiany *Nicotiana tabacum* cv. *Xanthi* w kulturach *in vitro* zaobserwowano, że kadm dodany do pożywki w toksycznym stężeniu jest odkładany wraz z wapniem (Ca) w postaci kryształów (przypuszczalnie szczawianów) w małych włoskach głów-

kowych występujących na powierzchni rośliny. Według wymienionych autorów w ten sposób może być usuwane $16 \mu\text{g Cd} \cdot \text{g}^{-1}$ świeżej masy rośliny. Różnica w detoksykacji kadmu i cynku jest taka, że kadm usuwany jest z rośliny tytoniu przez krótkie włoski, a cynk przez długie. Być może podczas procesu zbierania i przygotowywania próbek liści tytoniu do analizy część długich włosków jest uszkodzana, w wyniku czego zawarty w nich cynk nie jest transferowany do mineralizatu i oznaczany. O ile w odniesieniu do stężeń miedzi i cynku (mikroelementów) oznaczonych w badanych liściach tytoniu możemy mówić o ich naturalnych (Cu) lub podwyższonych (Zn) dla roślin zawartościach [Ruszkowska i in. 1996, Górlach i Gambuś 2000], a w przypadku ołowiu o tym, iż pierwiastek ten nie występuje w stężeniach toksycznych dla rozwoju roślin [Kabata-Pendias i Pendias 1999, Górlach i Gambuś 2000], o tyle w przypadku kadmu jego stężenia są nieproporcjonalnie wysokie w stosunku do zawartości pozostałych wymienionych pierwiastków w analizowanych liściach tytoniu niezależnie od lokalizacji uprawy. Jest to związane ze szczególnymi fizjologicznymi zdolnościami tej rośliny dotyczącymi pobierania nadmiernych ilości tego metalu z gleby. Jak podaje Wiśniowska-Kielian [2000], zawartość kadmu w liściach tytoniu może osiągnąć od kilku do kilkudziesięciu $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Wysokie zawartości tego metalu w liściach tytoniu uprawianego w Bułgarii oznaczyli Zaprianova i współautorzy [2010], a w liściach tej rośliny uprawianej w Grecji Golia i współautorzy [2007]. Konsekwencją wysokich zawartości kadmu w liściach tytoniu jest jego zawartość w papierosach oraz migracja do organizmu palaczy i ludzi narażonych na tzw. bierne palenie. Ejsmond i współpracownicy [2011] podają, iż w papierosach krajowych może znajdować się do $2,79 \mu\text{g Cd}$ na papieros, z czego średnio 33% przechodzi do dymu, w związku z czym ok. $0,1\text{--}0,15 \mu\text{g Cd}$ jest wchłaniane do organizmu. Kadm zawarty w dymie tytoniowym może być źródłem wielu typów nowotworów i innych schorzeń, co potwierdzają liczne badania naukowe [Bogunia i in. 2007, Kozłowska i in. 2015]. Z tego powodu w kontekście prowadzonych badań zawartość tego metalu w liściach tytoniu należy uznać za szczególnie niebezpieczną dla zdrowia potencjalnych palaczy.

WNIOSKI

1. Badane gleby charakteryzowały się średnim stopniem zanieczyszczeniem Cd, Pb, Zn i Cu. Obliczone zintegrowane współczynniki zanieczyszczenia wynosiły odpowiednio: dla gleby z Bobina IPI = 1,80, dla gleby z Wolwanowic IPI = 1,99, dla gleby z Kościelca IPI = 1,70, dla gleby z Mysławczyc IPI = 1,86 oraz dla gleby z Kuchar IPI = 1,63.
2. W odniesieniu do wartości podawanych w Standardach jakości gleby Ministra Środowiska badane gleby należy uznać za nie zanieczyszczone Cd, Pb, Zn i Cu.
3. Badane liście tytoniu cechowały się słabym stopniem kumulacji ołowiu ($0,05 \leq \text{WF} \leq 0,27$), cynku ($0,14 \leq \text{WF} \leq 0,65$) i miedzi ($0,28 \leq \text{WF} \leq 0,55$) oraz intensywnym stopniem kumulacji kadmu ($1,26 \leq \text{WF} \leq 6,33$).
4. Analiza wariancji wykazała wpływ lokalizacji na zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w glebie i liściach tytoniu. Nie stwierdzono jednak wyraźnego gradientu stężeń badanych metali zarówno w glebie, jak i w roślinach.

5. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością kadmu ($r_s = 559$) i miedzi ($r_s = 0,659$) w glebie a stężeniami tych pierwiastków w liściach tytoniu. Zależność ta jest odwrotna w przypadku cynku, dla którego wystąpiła korelacja ujemna ($r_s = -0,404$). Nie stwierdzono korelacji w odniesieniu do zawartości ołowiu ($r_s = -0,025$).

*

Praca badawcza sfinansowana z DS 3337/KEKOP/2016.

PIŚMIENNICTWO

- Baran S., Bielińska, E.J., Kawecka-Radomska, M. (2010). Zawartość metali ciężkich w glebach parków miejskich podlegających zróżnicowanym wpływom antropogenicznym. Zesz. Nauk. Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, 137(17), 131–137.
- Bogunia, M., Brodziak-Dopierała, B., Kwapuliński, J., Ahnert, B., Kowol, J., Nogaj, E. (2008). The occurrence lead and cadmium in hip joint in aspect of exposure on tobacco smoke. *Przegl. Lekar.*, 65(10), 529–532.
- Carbone, D. (1992). Smoking and cancer. *Amer. J. Medic.*, 93(1), 13–17.
- Choi, Y.E., Harada, E., Wada, M., Tsuboi, H., Morita, Y., Kusano, T., Sano, H. (2001). Detoxification of cadmium in tobacco plants: formation and active excretion of crystals containing cadmium and calcium through trichomes. *Planta*, 213, 45–50.
- Czarnowska, K. (1996). Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Rocz. Glebozn.*, XLVII, 43–50.
- Dybas, A., Gładysiak, S. (1994). Szczegółowa uprawa roślin rolniczych. Skrypt do ćwiczeń. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań.
- Eapen, S., D'Souza, S.F. (2005). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. *Biotechn. Advan.*, 23(2), 97–114.
- Ejsmont, M., Dzwilewska, I., Brzóska, M.M. (2011). Nałogowe palenie tytoniu jako źródło chronicznego narażenia na kadm. XII Ogólnopol. Konf. Nauk. Szkol. Tytoń a zdrowie „Przyszłość wolna od dymu”. Poznań 16–18 listopada (prezentacja plakatowa). Streszcz.: *Przegl. Lekar.*, 68(10), 1055.
- Galazyn-Sidorczuk, M., Brzóska, M.M., Moniuszko-Jakoniuk, J. (2008). Estimation of Polish cigarettes contamination with cadmium and lead, and exposure to these metals via smoking. *Environm. Monitor. Assessm.*, 137(1), 481–493.
- Haiyan, W., Stuanes, A.O. (2003). Heavy metals pollution in air-water-soil-plant system of Zhuzhou City, Hunan Province, China. *Water Air Soil Pollut.*, 147(1), 79–107.
- Hall, J.L. (2002). Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *J. Experim. Botany*, 53(366), 1–11.
- Gąsiorek, M., Niemyska-Lukaszuk, J. (2004). Kadm i ołów w glebach antropogenicznych ogrodów klasztornych Krakowa. *Rocz. Glebozn.*, 55(1), 127–134.
- Gianquinto, G., Abu-Rayyan, A., Tola, L.D., Piccotino, D., Pezzarossa, B. (2000). Interaction effects of phosphorus and zinc on photosynthesis, growth and yield of dwarf bean grown in two environments. *Plant and Soil*, 220, 219–228.
- Golia, E.E., Dimirkou, A., Mitsios, I.K. (2007). Accumulation of metals on tobacco leaves (primings) grown in an agricultural area in relation to soil. *Bull. Environm. Contamin. Toxicol.*, 79(2), 58–162.
- Gorlach, E., Gambuś, F. (1997). Nawozy fosforowe i wieloskładnikowe jako źródło zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 448a, 139–146.

- Gorlach, E., Gambuś, F. (2000). Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 472, 275–296.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. (2007). Trace elements from soil to human. Springer, Berlin.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1999). Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kicińska, A. (2011). Formy występowania oraz mobilności cynku ołowiu i kadmu w glebach zanieczyszczonych przez przemysł wydobywczo-metalurgiczny. Ochr. Środ. Zasob. Natur., 49, 152–162.
- Kozłowska A., Mikołajczyk A., Boroń M., Kasperczyk S., Pawlas N. (2015). Narażenie na ołów a stężenie we krwi kadmu, seleniu i wartości morfologii. Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine, 18(2), 17–25.
- Łaszewska, A., Kowol, J., Wiechuła, D., Kwapuliński, J. (2007). Kumulacja metali w wybranych gatunkach roślin leczniczych. Probl. Ekol., 11(6), 285–291.
- Ostrowska, A., Gawliński, S., Szczubiałka, Z. (1991). Metody analiz i oceny właściwości gleb i roślin. Wydawnictwo IOŚ, Warszawa.
- Pasieczna, A. (2012). Geochemiczny zapis skażenia środowiska w rejonie historycznej eksploatacji rud Zn-Pb w okolicach Nowej Góry k. Krzeszowic. Biul. Państw. Inst. Geol., 448, 381–392.
- Rolnictwo i obszary wiejskie w latach 2007–2015 (2015). Maszynopis. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, <http://www.dodr.pl/userfiles/uploads/dodr/ogloszenia/102015/rolnictwo15.docx>.
- Roman, T. (1987). Tytoń Virginia: uprawa, ochrona, suszenie. PWRiL, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziem. Dz. U. z 2002 r. Nr 165, poz. 1359.
- Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M. (1996). Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu izymetrycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 434, 43–47.
- Sarret, G., Harada, E., Choi, Y.E. Isaure, M.P., Geoffroy, N., Fakra, S., Marcus, M.A., Brischwilks, M., Clemens, S., Manceau, A. (2006). Trichomes of tobacco excrete as zinc Substituted calcium carbonate and other zinc-containing compounds. Plant Physiol., 141(3), 1021–1034.
- Spiak, Z., Radoła, J., Romanowska, M. (2000). Wpływ nawożenia fosforowego i azotowego na pobranie cynku przez rośliny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471, 521–528.
- Szwałec, A., Mundała, P. (2012). Zawartość Cd, Pb, Zn i Cu w glebach wybranych parków miasta Krakowa. Ochr. Środ. Zasob. Natur., 53, 63–72.
- Wei, B., Yang, L. (2010). A review of heavy metal contamination in urban soils, urban road dust and agricultural soils from China. Microchem. J., 94, 99–107.
- Wiśniewska-Kielian, B. (2000). Zmiany składu chemicznego liści tytoniu i ich jakości pod wpływem nawożenia miedzią i molibdenem. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej Krak., Rozprawy Habilitacyjne, 262. Wydawnictwo AR, Kraków.
- Zapranova, P., Dospatliev, L., Angelova, V., Ivanov, K. (2010). Correlation between soil characteristics and lead and cadmium content in the aboveground biomass of Virginia tobacco. Environm. Monitor. Assessm., 163, 253–261.
- Zhu, Y.G., Smith, S.E., Smith, F.A. (2001). Zinc (Zn) – phosphorus (P) interaction in two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in P uptake efficiency. Ann. Botany, 88, 941–945.

**VARIATION OF Cd, Pb, Zn, AND Cu CONTENT OF IN TOBACCO
(*NICOTIANA TABACUM* L.) LEAVES BEING CULTIVATED IN PROSZOWICE
DISTRICT**

Abstract. The aim of the work was to estimate an influence of particular soil onto cadmium, lead, zinc and copper content in tobacco (*Nicotiana tabaccae* 'Virginia SCR IUN') leaves. Selected soils were located in Proszowice district, near Krakow, south of Poland.

Samples of soil and plants were collected from five plots, from five farmlands of following villages: Bobin, Wolwanowice, Kościelec, Myslawczyce and Kuchary. Every plots has size from 0,6 to 1 ha. Within the plots five areas of approximately 25 square metres size were designated. Within the area five individual samples of soils and plants were collected. The individual samples were homogenised and one averaged sample of plant and one of soil were taken.

Heavy metal content were determined by flame Atomic Absorption Spectrophotometer Solaar M6. Examined tobacco leaves characterised by a low degree of accumulation of lead, zinc and copper and intense degree of cadmium accumulation. Positive correlations of cadmium and copper content in soil and leaf were stated. In case of zinc the same correlation was negative. Both correlation were statistically significant. There was no correlation in case of lead.

Analysis of variance revealed differences in the content of metals tested both in the leaves and soil.

Key words: Heavy metals, tobacco plants cultivation, indices of contamination and phytoaccumulation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 1.12.2016

Do cytowań – For citation: Szwałec, A., Mundała, P., Kędzior, R. (2016). Zróżnicowanie zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w liściach tytoniu szlachetnego (*Nicotiana Tabacum* L.) uprawianego w rejonie Proszowic. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 15(4), 331–341.