

PRACE ORYGINALNE ORIGINAL PAPERS

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 67, 2015: 3–12

(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 67, 2015)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 67, 2015: 3–12

(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 67, 2015)

Agnieszka BEŚ, Kazimierz WARMIŃSKI

Katedra Toksykologii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Department of Environmental Toxicology, University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Zmiany zawartości węgla organicznego w rekultywowanych glebach lekkich

Changes in organic carbon concentrations in reclaimed light soils

Słowa kluczowe: materia organiczna, gleba, rekultywacja, osady ściekowe, nadkład kopalniany, nieużytek rolniczy

Key words: organic matter, soil, land reclamation, sewage sludge, barren land, mine overburden

Wprowadzenie

W Komunikacie „W kierunku tematycznej strategii ochrony gleb” wydany w 2002 roku przez Komisję Wspólnot Europejskich zwraca się szczególną uwagę na spadek zawartości materii organicznej gleb jako jeden z ośmiu głównych problemów na terenie Unii Europejskiej. Fakt ten wskazuje jak bardzo ważne w kontekście ochrony gleb staje się utrzymanie zawartości materii organicznej na poziomie gwarantującym prawidłowe funkcjonowanie procesów glebowych.

Dzięki rozwojowi naukowo-technicznemu można przeciwdziałać degradacji i dewastacji gleb, jedną z takich możliwości staje się rekultywacja. Wychodzi ona naprzeciw problemom degradacji, przywraca glebom walory przyrodnicze i użytkowe. Istnieje wiele metod i zabiegów rekultywacyjnych pozwalających na przywrócenie i zwiększenie zawartości glebowej materii organicznej, jednym z nich jest wykorzystanie do zabiegów rekultywacyjnych osadów ściekowych. W glebach użyźnianych i rekultywowanych osadami ściekowymi zwiększa się zawartość składników pokarmowych potrzebnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślinności oraz materii organicznej. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji przynosi podwójne korzyści – zagospodarujemy osady ściekowe oraz przywracamy do użyteczności tereny nieużytkowane oraz przekształcone przemysłową

działalności człowieka (Cavani, Ciavatta i Gessa, 2003; Kwiatkowska, 2007; Pastuszko, 2007; Nowak, Kacprzak i Grobelak, 2010; Górski, 2011; Karczewska, 2012).

Celem pracy było zbadanie i przedstawienie zmian zawartości węgla organicznego w glebach lekkich pod wpływem aplikacji substancji nawozowych w postaci osadów ściekowych oraz nawożenia mineralnego.

Material i metody

Badania wpływu osadów ściekowych na zawartość węgla organicznego wykonano w warunkach doświadczenia wazonowego (sześćoletniego). Wazon z PCV o pojemności 10 dm³ wypełniono glebą nieużytkowaną rolniczo (gleba nieużytkowana) lub nadkładem kopalnianym (gleba przekształcona) z dodatkiem lub bez osadów ściekowych w dwóch proporcjach: 25 oraz 50%. Zastosowane dawki osadów ściekowych spełniają normy ujęte w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2010 nr 137, poz. 924). W doświadczeniu wykorzystano glebę pochodzącą z nieużytku rolniczego z Zakładu Dydakty-

czno-Doświadczalnego w Tomaszku o składzie granulometrycznym piasku słabogliniastego i nadkład kopalniany z kopalni żwiru w Żabim Rogu o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Gleby użyżniano osadami ściekowymi z komunalnej oczyszczalni ścieków w Olsztynie. Zawartość makroskładników w suchej masie, pH oraz stosunek C do N w materiałach wyjściowych: glebach i osadach ściekowych, wykorzystanych w prowadzonym doświadczeniu oznaczono według ogólnie dostępnych i stosowanych metodyk. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Doświadczenie prowadzono w trzech powtórzeniach w układzie losowym. W doświadczeniu uwzględniono obiekty kontrolne – gleba nieużytkowana i przekształcona bez nawożenia mineralnego i osadów ściekowych oraz doświadczenie: gleby z dodatkiem osadów ściekowych w proporcjach 25 oraz 50% z nawożeniem NPK oraz bez nawożenia NPK. Nawożenie mineralne aplikowano w następujących ilościach: 1 g N, 0,5 g P₂O₅ i 1,5 g K₂O (2,2 g mocznika, 1,1 g superfosfatu, 2,5 g soli potasowej na wazon).

Schemat doświadczenia:

- obiekty kontrolne:
 - gleba z nieużytku rolniczego,

TABELA 1. Wybrane właściwości materiałów wyjściowych – gleb i osadów ściekowych (% s.m.)

TABLE 1. Selected properties of the analyzed materials – soil and sewage sludge (% d.m.)

N	P	K	Mg	Ca	S	C _{org}	C : N	pH w H ₂ O
Nadkład kopalniany/Mine overburden								
0,039	0,066	0,066	0,090	0,020	0,060	0,587	15,13 : 1	6,5
Nieużytek rolniczy/Barren land								
0,028	0,066	0,099	0,167	1,174	0,06	0,388	13,93 : 1	6,5
Osady ściekowe/Sewage sludge								
0,50	0,33	0,26	0,24	1,93	0,16	7,48	15,9 : 1	7,9

- gleba z nadkładu kopalnianego,
- obiekty z dodatkowym nawożeniem NPK:
 - gleba z nieużytku rolniczego,
 - gleba z nadkładu kopalnianego,
 - gleba z nieużytku rolniczego + osady ściekowe (50 + 50%),
 - gleba z nadkładu kopalnianego + osady ściekowe (50 + 50%),
 - gleba z nieużytku rolniczego + osady ściekowe (75 + 25%),
 - gleba z nadkładu kopalnianego + osady ściekowe (75 + 25%),
- obiekty bez nawożenia NPK:
 - gleba z nieużytku rolniczego + osady ściekowe (50 + 50%),
 - gleba z nadkładu kopalnianego + osady ściekowe (50 + 50%),
 - gleba z nieużytku rolniczego + osady ściekowe (75 + 25%),
 - gleba z nadkładu kopalnianego + osady ściekowe (75 + 25%).

W pracy użyto sformułowania podłoże jako określenie materiału znajdującego się w poszczególnych wazonach (gleby lekkie: nadkład kopalniany lub nieużytek rolniczy z dodatkiem różnych ilości osadów ściekowych).

W wazonach w pierwszym roku trwania eksperymentu wysiano mieszanek traw (0,3 g na wazon) o składzie: kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) oraz życica trwała (*Lolium perenne* L.) – odpowiednio w ilości 40, 30, 30%. Trawy były koszone czterokrotnie podczas każdego sezonu wegetacyjnego. Podczas trwania eksperymentu nie dosiewano traw.

Próby glebowe do oznaczeń pobierano corocznie po zakończonym okresie wegetacyjnym po ostatnim zbiorze traw. Próby pobierano za pomocą laski glebo-

wej, pobierając cały profil z pięciu losowych punktów każdego wazonu. Pobrane próby zamrażano. Oznaczono w nich zawartość węgla organicznego metodą niedyspersyjnej spektrometrii w podczerwieni (NDIR). Do analiz wykorzystano analizator TOC-V_{CPN} z modułem do oznaczania węgla w próbach stałych SSM-5000A firmy Shimadzu.

Wyniki analiz poddano analizie statystycznej, wykonano analizę wariancji (test F), a istotność statystyczną różnic na poziomie $p = 0,05$ oceniono za pomocą testu Duncana. Związek między badanymi cechami określono analizą korelacji liniowej Pearsona. Istotność współczynników korelacji – r oceniono przy poziomach istotności $p < 0,01$ i $p < 0,05$. Ocenę siły związku między cechami przyjęto za Staniszem (1998): $r = 1$ – zmienne nie są skorelowane, $0 < r < 0,1$ – korelacja jest niska, $0,1 \leq r < 0,3$ – korelacja jest słaba, $0,3 \leq r < 0,5$ – korelacja jest przeciętna, $0,5 \leq r < 0,7$ – korelacja jest wysoka, $0,7 \leq r < 0,9$ – korelacja jest bardzo wysoka, $0,9 \leq r < 1$ – korelacja jest prawie pełna. Do analiz statystycznych wykorzystano program Statistica 10.0.

Wyniki i dyskusja

W przeprowadzonym doświadczeniu czynnikami wpływającymi na zawartość węgla organicznego w glebach lekkich były: osady ściekowe, którymi rekultywowano gleby, nawożenie NPK oraz czas trwania eksperymentu. Analiza wariancji wykazała istotny statystycznie wpływ wszystkich analizowanych czynników oraz interakcji między czynnikami doświadczenia na zawartość węgla organicznego – C_{org} (tab. 2).

TABELA 2. Analiza wariancji, test F
TABLE 2. Analysis of variance (F test)

Czynnik Factors	Nieżytek rolniczy Barren land	Nadkład kopalniany Mine overburden
	F_{emp}	F_{emp}
Nawożenie/Fertilization (N)	46,08*	530,17*
Rok/Year (R)	52,49*	35,00*
Dawka osadów Dose of sewage sludge (D)	1367,79*	4228,75*
Nawożenie × rok/Fertilization × year (N × R)	5,20*	13,24*
Nawożenie × dawka osadów/Fertilization × dose of sewage sludge (N × D)	14,61*	174,90*
Rok × dawka osadów/Year × dose of sewage sludge (R × D)	20,86*	48,26*
Nawożenie × rok × dawka osadów/Fertilization × year × dose of sewage sludge (N × R × D)	7,34*	21,48*

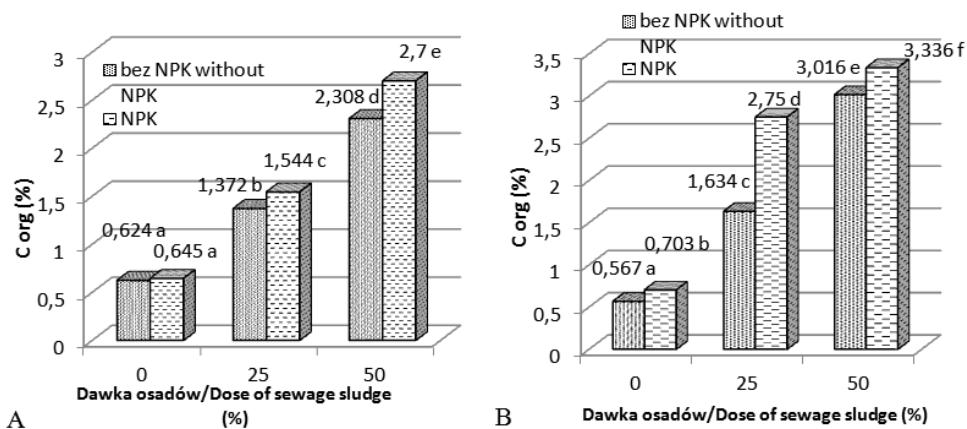
$N \times R$, $N \times D$, $R \times D$, $N \times R \times D$ interakcje między czynnikami, * – zależność istotna przy poziomie $p = 0,01$, F_{emp} – współczynniki analizy wariancji.

$N \times R$, $N \times D$, $R \times D$, $N \times R \times D$ interaction between experimental factors, * – relationship significant at $p = 0.01$, F_{emp} – coefficients of analysis of variance.

Analiza korelacji wykazała, że przy poziomach istotności $p < 0,05$ i $p < 0,01$ decydującym czynnikiem warunkującym o zawartości węgla organicznego była dawka osadów ściekowych ($r = 0,86$, korelacja dodatnia bardzo wysoka). Związek między zawartością C_{org} a rodzajem podłoża był istotny ($r = 0,22$), jednak podając za Staniszem (1998), można określić tą korelację jako słabą. Nawożenie dodatkowe NPK oraz czas prowadzenia eksperymentu (oznaczone jako rok – R w tabeli 2) były dodatnio skorelowane z zawartością węgla organicznego w analizowanych podłożach, jednak wartości te były istotne przy poziomie istotności $p < 0,05$ i można je określić jako słabe ($r = 0,17$ dla nawożenia mineralnego i $r = 0,15$ dla czasu prowadzenia eksperymentu).

Przeprowadzony eksperyment wykazał, że dodatek osadów ściekowych

wpłynął na wzrost zawartości C_{org} w badanych podłożach. Istotna okazała się dawka osadów, której wzrost był powiązany ze wzrostem zawartości C_{org} . Rozpatrując wartości średnie, uzyskane w ciągu sześciu lat, dodatek osadu ściekowego w ilości 25% spowodował, że zawartość omawianego pierwiastka zwiększyła się dwukrotnie w glebach nieużytkowanych rolniczo, a w przypadku nadkładu kopalnianego trzykrotnie. Druga dawka osadów 50% zwiększyła czterokrotnie zawartość węgla w nieużytku rolniczym w ciągu sześciu lat prowadzenia doświadczenia oraz pięciokrotnie w przypadku nadkładu kopalnianego (rys. 1). Wyniki te są zbliżone do wyników uzyskanych przez Barana, Flis-Bujak, Turskiego i Żukowską (1993, 1996). Również Grzywnowicz i Strutyńska (1999), Ahmed, Fawy i Abdel-Hady (2010), a także Jezierska-Tys i



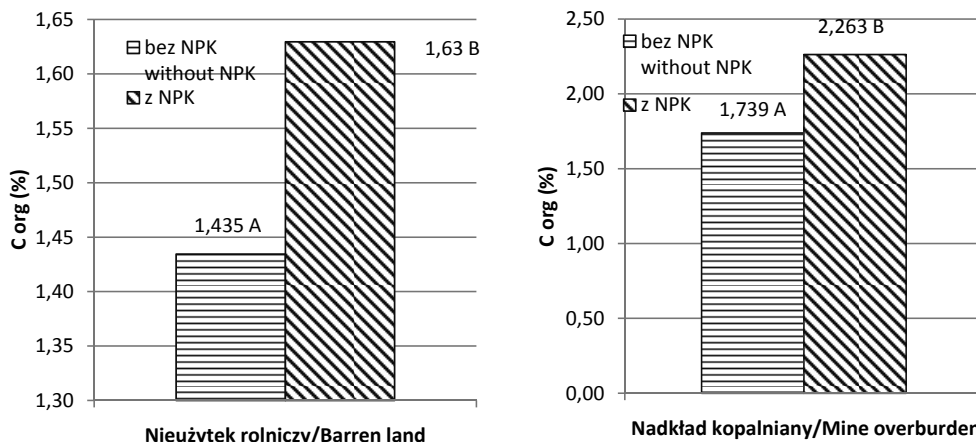
RYSUNEK 1. Zmiany zawartości węgla organicznego w badanych glebach pod wpływem dodatku osadu ściekowego oraz nawożenia NPK, A – nieużytek rolniczy, B – nakład kopalniany. Różnice między wartościami oznaczonymi różnymi literami (a, b, c, ...) są statystycznie istotne na poziomie $p = 0,01$; wartości te należą do różnych grup jednorodnych (na podstawie testów post hoc)

FIGURE 1. The effects of sewage sludge application and NPK fertilization on changes in organic carbon concentrations in the analyzed light soils, A – barren land, B – mine overburden. Values denoted by different letters (a, b, c, ...) are significantly different at $p = 0.01$; these values belong to different homogenous groups (based on post-hoc tests)

Frać (2008) wykazali zwiększenie zawartości C_{org} w glebach, po zastosowaniu osadów ściekowych oraz zależność zasobności gleby w ten pierwiastek od dawki osadów ściekowych. Rekultywacyjną przydatność i skuteczność osadów w zwiększaniu zawartości węgla organicznego na różnym podłożu potwierdził także Klimont (2011).

W prezentowanych badaniach na zawartość węgla organicznego wpływało również nawożenie NPK (rys. 2). Zastosowanie nawożenia wpłynęło korzystnie na zwiększenie zawartości C_{org} zarówno w glebach nieużytkowanych rolniczo, jak również przekształconych pozyskiwaniem kopaliny. Różnice między zawartością węgla organicznego w glebach nawożonych i nienawożonych NPK są niewielkie, ale istotne statystycznie. W przypadku nieużytku rolniczego

w glebach nawożonych dodatkowo NPK zawartość węgla wzrosła o 13,5%. W nakładzie kopalnianym z dodatkowym nawożeniem mineralnym ilość węgla zwiększyła się o 30%. Wyniki te są zgodne z otrzymanymi przez Ahmeda, Fawy'ego i Abdel-Hady'ego (2010). Również zastosowanie nawożenia NPK dodatkowo wpłynęło na zawartość C_{org} w badanych utworach, a zwiększenie dawek nawozowych przekładało się na jego zawartość. Ponadto, Ahmed i inni (2010) stwierdzili, że przewaga osadu ściekowego nad nawożeniem NPK w zwiększaniu C_{org} w danych utworach wynika z tego, że osad oprócz składników zawartych w nawozie NPK zawiera substancje białkowe, które w dodatni sposób wpływają na tworzenie się związków próchnicznych. Podobnie jak w tym przypadku, również badania Runowskiej-Hryńczuk



RYСУNEK 2. Zawartość węgla organicznego w badanych glebach lekkich – średnio z sześciu lat, obiekty nawożone i bez nawożenia NPK. Różnice między wartościami oznaczonymi różnymi literami (a, b, c, ...) są statystycznie istotne na poziomie $p = 0,01$; wartości te należą do różnych grup jednorodnych (na podstawie testów post hoc)

FIGURE 2. Organic carbon concentrations in the analyzed light soils – means of six years, NPK-fertilized and unfertilized treatments. Values denoted by different letters (a, b, c,...) are significantly different at $p = 0.01$; these values belong to different homogenous groups (based on post-hoc tests)

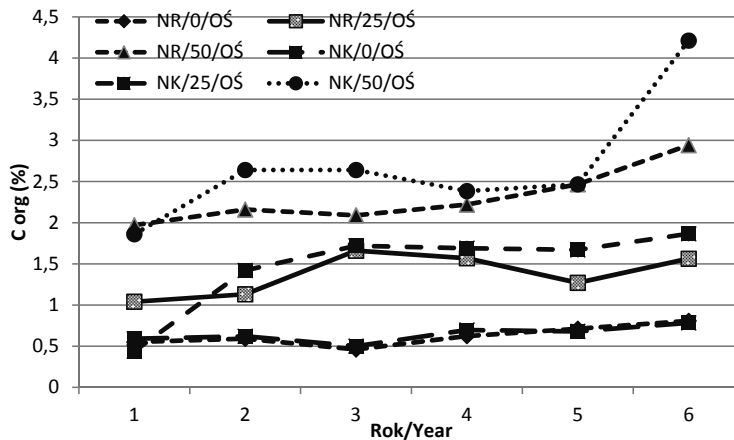
i Hryńczuk (1998) oraz Lipavskiego, Hanzlikovej i Kubat (1999) dowiodły istotnego wpływu nawożenia NPK na zawartość węgla organicznego, a Raziemska i Mazur (2014) jako czynnik wpływający na zawartość węgla organicznego w glebach wskazują nawożenie mineralne.

Istotnym czynnikiem w przeprowadzonych badaniach okazał się także czas. Według analiz statystycznych, czas prowadzenia eksperymentu okazał się ważny z punktu widzenia zawartości węgla organicznego w danym podłożu (rys. 3, 4). W obiektach bez nawożenia mineralnego najmniejszą zawartość węgla zanotowano w glebach bez dodatku osadów ściekowych. W pozostałych podłożach podczas trwania eksperymentu zawartość węgla zwiększyła się.

W podłożach z dodatkowym nawożeniem mineralnym zawartość węgla

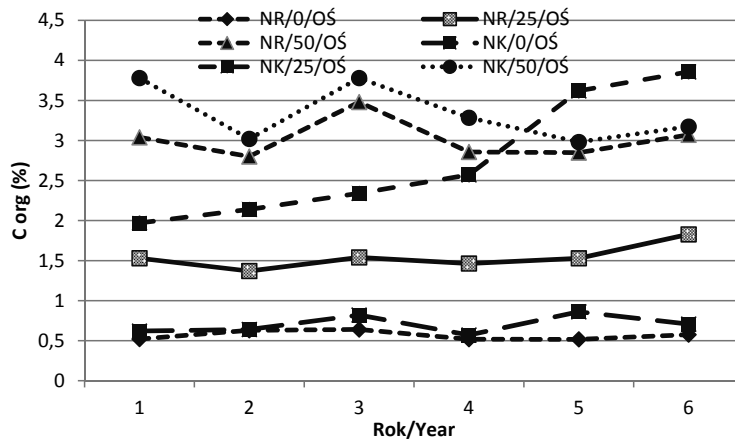
w szóstym roku doświadczenia była większa niż w roku wyjściowym, różnice między wartościami były niewielkie, jednak istotne statystycznie.

Stwierdzono pewną prawidłowość, według której w podłożach odznaczających się dużą zawartością C_{org} ($>3\%$), taką zawartością węgla charakteryzowały się osady ściekowe użyte w doświadczeniu, wystąpiły straty węgla organicznego podczas trwania doświadczenia. Świadczy to o mineralizacji materii organicznej, co jest zgodne z badaniami Sapek i Burzyńskiej (2009) oraz Filipek-Mazur i Tabak (2010). Biorąc pod uwagę średnie wyniki uzyskane dla nakładu kopalnianego i nieużytku rolniczego z dodatkowym nawożeniem mineralnym i organicznym, zawartość węgla w badanych podłożach w szóstym roku badań wzrosła w stosunku do roku pierwszego. W nieużytku rolniczym zawartość węgla



RYSUNEK 3. Zmiany zawartości węgla w nakładzie kopalnianym i nieużytku rolniczym rekultywowanym osadami ściekowymi – obiekty bez nawożenia NPK: NK – nakład kopalniany, NR – nieużytek rolniczy, 0, 25, 50% – dawka osadów ściekowych, OŚ – osady ściekowe

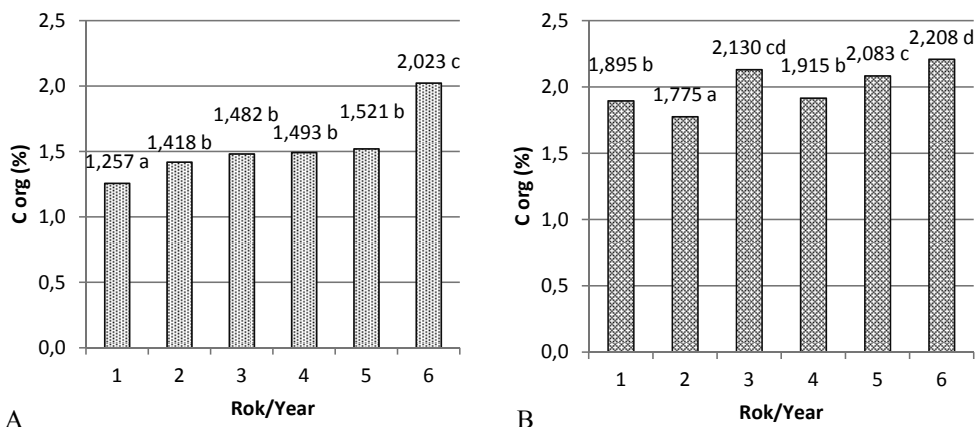
FIGURE 3. Changes in organic carbon concentrations in the mine overburden and barren land reclaimed with sewage sludge – unfertilized treatments: NK – mine overburden, NR – barren land, 0, 25, 50% – dose of sewage sludge, OŚ – sewage sludge



RYSUNEK 4. Zmiany zawartości węgla w nakładzie kopalnianym i nieużytku rolniczym rekultywowanym osadami ściekowymi – obiekty z nawożeniem NPK: NK – nakład kopalniany, NR – nieużytek rolniczy, 0, 25, 50% – dawka osadów ściekowych, OŚ – osady ściekowe

FIGURE 4. Changes in organic carbon concentrations in the mine overburden and barren land reclaimed with sewage sludge – fertilized treatments: NK – mine overburden, NR – barren land, 0, 25, 50% – dose of sewage sludge, OŚ – sewage sludge

wzrosła z 1,257 do 2,023%, a w nakładzie kopalnianym, który wyjściowo charakteryzował się większą zawartością węgla, ilość węgla zmieniła się z 1,895 do 2,208%. Różnice między zawartościami węgla były istotne statystycznie (rys. 5).



RYSUNEK 5. Zmiany zawartości węgla w nakładzie kopalnianym i nieużytku rolniczym w czasie trwania eksperymentu – średnio dla wszystkich wariantów doświadczenia: A – nieużytek rolniczy, B – nadkład kopalniany. Różnice między wartościami oznaczonymi różnymi literami (a, b, c, ...) są statystycznie istotne na poziomie $p = 0,01$; wartości te należą do różnych grup jednorodnych (na podstawie testów post hoc)

FIGURE 5. Changes in organic carbon concentrations in the overburden and wasteland during the experiment – means of all treatments: A – barren land, B – mine overburden. Values denoted by different letters (a, b, c, ...) are significantly different at $p = 0.01$; these values belong to different homogeneous groups (based on post-hoc tests)

Wnioski

1. Zawartość węgla organicznego w glebach lekkich była modyfikowana poprzez dawkę osadów ściekowych, nawożenie NPK oraz czas prowadzenia eksperymentu. Na zawartość węgla istotnie wpływały też interakcje między wszystkimi czynnikami doświadczenia.
2. Prezentowane badania wykazały, że użyte osady ściekowe wpłynęły korzystnie na zwiększenie zawartości węgla organicznego w badanych glebach. Dodatek osadów ściekowych do gleb w ilości 25% zwiększył zawartość węgla ponaddwukrotnie w nieużytku rolniczym i trzykrotnie w nadkładzie kopalnianym. Większa dawka osadów (50%) spowodowała
3. Dodatkowe nawożenie NPK spowodowało istotne zwiększenie zawartości C_{org} w analizowanych glebach. We wszystkich obiektach z dodatkowym nawożeniem mineralnym zawartość węgla była większa niż w obiektach nienawożonych. Nadkład kopalniany nawożony zawierał o 28% więcej węgla organicznego niż nieużytek rolniczy, również z nawożeniem NPK.
4. Istotny statystycznie okazał się również rok badań, wraz z upływem czasu zawartość węgla organicznego w badanych glebach wzbogacanych nawożeniem mineralnym i organicznym zwiększyła się.
5. Ustabilizowane osady ściekowe są dobrym materiałem rekultywacyj-

nym, użyta w doświadczeniu dawka 25% wpłynęła istotnie na zwiększenie zawartości węgla organicznego. Dodatkowe nawożenie NPK również spowodowało zwiększenie ilości węgla w rekultywowanych glebach. Niemniej jednak same osady ściekowe są już wystarczającym nawożeniem przy rekultywacji zdegradowanych gleb lekkich.

Literatura

- Ahmed, H.K., Fawy, H.A. i Abdel-Hady, E.S. (2010). Study of sewage sludge use in agriculture and its effect on plant and soil. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 1044-1049.
- Baran, S., Flis-Bujak, M., Turski, R. i Żukowska, G. (1993). Przemiany substancji organicznej w glebie lekkiej użyzowanej osadem ściekowym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 409, 59-64.
- Baran, S., Flis-Bujak, M., Turski, R. i Żukowska, G. (1996). Zmiany właściwości fizyko-chemicznych gleby lekkiej użyzowanej osadem ściekowym. *Roczniki Gleboznawcze*, 47 (3/4), 123-130.
- Cavani, L., Ciavatta, C. i Gessa, C. (2003). Identification of organic matter from peat, leonardite and lignite fertilizers using humification parameters and electrofocusing. *Bioresource Technology*, 86, 45-52.
- Filipek-Mazur, B. i Tabak, M. (2010). Zmiany zawartości popiołu, węgla organicznego ogółem oraz węgla związków próchnicznych w osadzie ściekowym kompostowanym z dodatkiem słomy. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 14, 57-64.
- Grzywnowicz, I. i Strutyńska, J. (1999). Zmiany niektórych właściwości chemicznych gleby po zastosowaniu osadów ściekowych do celów nawozowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 467, 299-306.
- Górski, M. (2011). Osady ściekowe w rekultywacji składowisk. *Przegląd Komunalny*, 9, 22-24.
- Jeziarska-Tys, S. i Frąc, M. (2008). Badania nad wpływem osadu z oczyszczalni ścieków mleczarskich na aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną gleby. *Acta Agrophysica*, 160. Lublin: Instytut Agrofizyki PAN.
- Karczevska, A. (2012). *Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych*. Wrocław: Uniwersytet Przyrodniczy.
- Klimont, K. (2011). Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na bezglebowym podłożu wapna poftotacyjnego i popiołów paleniskowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2, 165-176.
- Komunikat Komisji Europejskiej do Rady Europejskiej, Parlamentu Europejskiego, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów – W kierunku tematycznej strategii ochrony gleb*. COM (2002) 179 wersja końcowa. Komisja Wspólnot Europejskich, Bruksela 2002.
- Kwiatkowska, J. (2007). Ocena możliwości wykorzystania węgla brunatnego jako efektywnego źródła materii organicznej. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 10(1), 71-85.
- Lipavsky, J., Hanzlikova, A. i Kubat, J. (1999). Soil organic matter content and quality in the polyfactorial long-term field experiments. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 465, 281-287.
- Nowak, M., Kacprzak, M. i Grobelak, A. (2010). Osady ściekowe jako substytut glebowy w procesach remediacji i rekultywacji terenów skażonych metalami ciężkimi. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 13/2, 121-131.
- Pastuszko, A. (2007). Substancja organiczna w glebach. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 30, 83-98.
- Radziemska, M. i Mazur, Z. (2014). Wpływ kompostów z produktów ubocznych pochodzących z gospodarki rybackiej na wybrane właściwości gleby. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 64, 161-169.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych* (Dz.U. 2010 nr 137, poz. 924).
- Runowska-Hryńczuk, B. i Hryńczuk, B. (1998). Zmiany biologiczno-chemiczne gleby pod wpływem wieloletniego stosowania obornika. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 460, 191-198.

- Sapek, B. i Burzyńska, I. (2009). Węgiel organiczny w glebie łąkowej na tle jej użytkowania, nawożenia i uwilgotnienia. *Woda – Środowiska – Obszary Wiejskie*, 9(1), 111-127.
- Stanisz, A. (1998). *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISICA PL na przykładach z medycyny*. Kraków: StatSoft Polska Sp. z o.o.

Streszczenie

Zmiany zawartości węgla organicznego w rekultywowanych glebach lekkich. W glebach użyźnianych i rekultywowanych osadami ściekowymi zwiększa się zawartość składników pokarmowych potrzebnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślinności a także materii organicznej. Celem prowadzonego eksperymentu było zbadanie i przedstawienie zmian zawartości węgla organicznego w glebach lekkich pod wpływem aplikacji substancji nawozowych w postaci osadów ściekowych oraz nawożenia mineralnego. Użyte osady ściekowe wpłynęły korzystnie na zwiększenie zawartości węgla organicznego w badanych glebach. Dodatek osadów ściekowych do gleb zwiększył zawartość węgla ponaddwukrotnie w nieużytku rolniczym i trzykrotnie w nadkładzie kopalnianym. Dodatkowe nawożenie NPK spowodowało istotne zwiększenie zawartości węgla organicznego w analizowanych glebach. We wszystkich obiektach z dodatkowym nawożeniem NPK zawartość węgla była większa niż w obiektach nienawożonych.

Summary

Changes in organic carbon concentrations in reclaimed light soils. The reclaimed soils fertilized with sewage sludge and increases nutrient content required for proper growth and development of plants and organic matter. The objective of this study was to determine the effects of sewage sludge and mineral fertilizers on changes in organic carbon concentrations in light soils. Sewage sludge used as soil amendment contributed to an increase in organic carbon concentrations in the analyzed light soils. Organic carbon content increased over two-fold in wasteland and three-fold in the overburden. Supplemental NPK fertilization significantly increased organic carbon concentrations in the analyzed soils. The organic carbon content of soil was higher in all NPK-fertilized treatments than in unfertilized treatments.

Authors' address:

Agnieszka Bęś, Kazimierz Warmiński
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Toksykologii Środowiska
ul. Prawocheńskiego 17, 10-720 Olsztyn
Poland
e-mail: agnieszka.bes@uwm.edu.pl