

## WPŁYW POUŻYTKOWEJ WEŁNY MINERALNEJ NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE GLEBY

Iwona Paśmionka✉

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

**Streszczenie.** Wełna mineralna jest jednym z najczęściej wykorzystywanych podłoży inertnych, ponieważ jest wytwarzana z surowców pochodzenia naturalnego. Pomimo zalet posiada jedną wadę: po zakończeniu uprawy stwarza trudności w zagospodarowaniu, gdyż nie ulega biodegradacji. Problem ten można rozwiązać wykorzystując ją do rekultywacji gleb zdegradowanych. Celem pracy było określenie wpływu użytkowej wełny mineralnej na wybrane właściwości fizyczno-chemiczne gleby. Badania realizowano w doświadczeniu polowym, którego schemat obejmował obiekt kontrolny i trzy obiekty z dawką wełny mineralnej wynoszącą odpowiednio 200, 400 i 800 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Po trzech latach doświadczenia wykonano podstawowe oznaczenia fizyczno-chemiczne gleby. Na podstawie badań stwierdzono, że dodatek wełny mineralnej do gleby korzystanie wpłynął na pojemność sorpcyjną, odczyn gleby, zawartość ogólnych i przyswajalnych form makroelementów, ale przyczynił się do nieznacznego wzrostu zawartości metali ciężkich takich jak ołów, chrom i kadm.

**Słowa kluczowe:** wełna mineralna, makroelementy, metale ciężkie

### WSTĘP

Podłoża z wełny mineralnej w uprawach szklarniowych zajmują aktualnie pierwsze miejsce, pokonując do niedawna najbardziej rozpowszechnione podłoża wytworzone na bazie torfu [Jaroszczyk-Sierocińska 2007]. Jest to podłoże sterylne, wolne od patogenów, substancji szkodliwych i balastowych. Charakteryzuje się bardzo dobrymi uwarunkowaniami powietrzno-wodnymi, przez co stwarza korzystne warunki do rozwoju roślin uprawnych [Pawlińska i Komosa 2004]. Technika uprawiania na podłożu

---

✉i.pasmionka@ur.krakow.pl

w formie wełny mineralnej zmniejsza ryzyko chorób pochodzenia glebowego. Sprzyja uprawianiu roślin w pomieszczeniach, w których ze względu na zanieczyszczone podłoże dalszej produkcji nie można by prowadzić [Komosa 2013]. Pomimo wielu zalet posiada jedną wadę: po zakończeniu uprawy stwarza duże trudności w zagospodarowaniu, gdyż nie ulega biodegradacji [Nurzyński 2006]. Problem ten można rozwiązać, wykorzystując wełnę odpadową do rekultywacji gleb słabej jakości. Zaistniała dlatego też potrzeba badania przydatności użytkowej wełny mineralnej do rekultywowania terenów zniszczonych przez przemysł, bądź odnowienia gleb słabej jakości.

Celem badań podjętych w ramach niniejszej pracy było określenie wpływu użytkowej wełny mineralnej na wybrane właściwości fizyczno-chemiczne gleby, zmiany zawartości makroelementów oraz pierwiastków śladowych.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe założono metodą bloków losowanych w kwietniu 2012 roku w Miejsko-Przemysłowej Oczyszczalni Ścieków w Oświęcimiu, na terenie składowiska odpadów, przeznaczonego do selektywnego składowania mieszanek popiołowo-żużlowych. Wielkość każdego poletka wynosiła  $2 \times 5$  m ( $10$  m<sup>2</sup>). Każde poletko otoczone było pasami ochronnymi wynoszącymi  $1$  m i obsiane rekultywacyjną mieszanką traw. Poletka zajmowały powierzchnię  $160$  m<sup>2</sup>, z kolei z pasami ochronnymi  $325$  m<sup>2</sup>. Do badań wykorzystano wełnę mineralną pochodzącą z dwuletniej uprawy pomidorów. Schemat doświadczenia obejmował obiekt kontrolny i trzy poletka z dodatkiem wełny mineralnej w dawkach  $200$ ,  $400$ ,  $800$  m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Oznaczenia fizyczne i fizyczno-chemiczne gleby przeprowadzono w czterech powtórzeniach. Zakres badań obejmował analizę materiału glebowego w trzecim roku od założenia doświadczenia (próbki gleby zostały pobrane w 2015 roku z warstwy  $0$ – $20$  cm).

Badana gleba została zakwalifikowana do gleby ciężkiej o składzie granulometrycznym gliny średniej pylastej (klasa IIIb). Przed rozpoczęciem doświadczenia charakteryzowała się niską zawartością fosforu ( $91,3$  mg·kg<sup>-1</sup>), potasu ( $99,4$  mg·kg<sup>-1</sup>) i średnią zawartością magnezu ( $2084$  mg·kg<sup>-1</sup>). Zawartość węgla organicznego kształtowała się na poziomie  $1,91$  g·kg<sup>-1</sup>, a azotu  $0,13$  g·kg<sup>-1</sup>. Stopień nasycenia gleby zasadami wskazywał na kwaśny odczyn (tab. 1).

Do badań wykorzystano poprodukcyjną wełnę mineralną z dwuletniej uprawy pomidorów. Maty miały wymiary  $100 \times 20 \times 7,5$  cm i przed zastosowaniem do gleby zostały rozdrobnione. Chemiczne właściwości wełny mineralnej zastosowanej w doświadczeniu przedstawiono w tabeli 2.

Materiał glebowy przed wykonaniem analiz został doprowadzony do stanu powietrznie suchego, a następnie przesiany przez sito o średnicy oczek  $2$  mm. W glebie oznaczono zawartość rozpuszczalnych form Fe, Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, Mn, Cr ekstrahowanych  $1$  mol HCl·dm<sup>-3</sup>, metodą Rinkisa, zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu (metodą Egnera–Riehma) oraz magnezu (metodą Schachtschabela w  $0,0125$  mol CaCl<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>), zawartość form całkowitych pierwiastków, w mieszaninie stężonych kwasów HNO<sub>3</sub> i HClO<sub>3</sub> ( $2 : 1$ ), odczyn gleby (pH) – potencjometrycznie, kwasowość hydrolityczną (Hh) – metodą Kappena, sumę zasad (S), pojemność sorpcyjną (T),

Tabela 1. Właściwości gleby wyjściowej

Table 1. Properties of the initial soil

Parametr – Parameter		Gleba – Soil
pH		5,12
Zawartość składników przyswajalnych Content of the constituents assimilable	mg P·kg <sup>-1</sup>	91,28
	mg K·kg <sup>-1</sup>	99,36
	mg Mg·kg <sup>-1</sup>	2084,00
Azot ogólny – Total nitrogen	g·kg <sup>-1</sup>	0,13
Węgiel organiczny – Organic carbon		1,91
Kwasowość hydrolityczna (Hh) – Hydrolytic acidity	mmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup>	30,17
Suma zasad wymiennych (S) – Sum of exchangeable bases		105,22
Pojemność sorpcyjna (T) – Sorption capacity		136,81
Stopień nasycenia gleby zasadami V% – Degree of saturation of the soil with alkalis		73,00

Tabela 2. Skład chemiczny poużytkowej wełny mineralnej

Table 2. Chemical composition of postconsumer mineral wool

Oznaczone pierwiastki Identified elements	Pb	Cu	Cd	Ni	Zn	Fe	Mn	P	K	Mg
Zawartość Content [mg·kg <sup>-1</sup> ]	3,18	63,24	0,06	18,03	159,42	1528,04	1243,13	73,16	91,32	961,11

kationy wymienne, zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, zawartość materii organicznej metodą Tiurina [Mercik 2002].

Wyniki opracowano statystycznie, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji i wykorzystując do oceny istotności różnic test Tukeya na poziomie  $\alpha \leq 0,05$ . Do opracowania wyników zastosowano program statystyczny Statistica 10.

## WYNIKI I DYSKUSJA

### Wpływ wełny mineralnej na wybrane właściwości fizyczno-chemiczne i chemiczne gleb

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku wełny mineralnej na odczyn gleby (tab. 3). W obiekcie kontrolnym pH wynosiło 6,11, z kolei dodatek wełny mineralnej (III) spowodował wzrost wartości pH do 6,22. W przypadku kwasowości hydrolitycznej wzrost dawek powodował spadek z 19,38 mmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup> gleby w kontroli do 17,99 mmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup> gleby w obiekcie III z największą dawką wełny mineralnej (800 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>). W badanej glebie stwierdzono wzrost sumy zasad wymiennych oraz pojemności sorpcyjnej wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej (tab. 3).

Tabela 3. Wpływ dawki wełny mineralnej na odczyn, kwasowość hydrolityczną, sumę zasad wymiennych i pojemność sorpcyjną badanej gleby

Table 3. Dose effect of mineral wool on the pH, hydrolytic acidity, sum of exchangeable bases and sorption capacity of soil tested

Obiekt badawczy Research facility	pH		Kwasowość hydrolityczna Hydrolytic acidity	Suma zasad Sum of exchangeable bases	Pojemność sorpcyjna Sorption capacity
	H <sub>2</sub> O	KCl		mmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup> gleby	
K	7,12 <sup>a</sup>	6,11 <sup>a</sup>	19,38 <sup>a</sup>	346,5 <sup>a</sup>	367,02 <sup>a</sup>
I	7,06 <sup>a</sup>	6,12 <sup>a</sup>	18,84 <sup>b</sup>	361,0 <sup>a</sup>	381,12 <sup>a</sup>
II	7,08 <sup>a</sup>	6,08 <sup>a</sup>	18,32 <sup>b</sup>	431,0 <sup>b</sup>	467,88 <sup>b</sup>
III	7,23 <sup>a</sup>	6,22 <sup>a</sup>	17,99 <sup>b</sup>	498,0 <sup>b</sup>	516,84 <sup>b</sup>

K: kontrola – control, I: – dawka wełny mineralnej – dose of mineral wool 200 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, II: dawka wełny mineralnej – dose of mineral wool 400 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, III: dawka wełny mineralnej – dose of mineral wool 800 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>.

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnie różnią się w zależności od zastosowanych wariantów dawki wełny mineralnej – mean values marked with different letters in the column differ depending on the dose of mineral wool variants.

Podobne wyniki uzyskali Baran i inni [2008], oceniając możliwości zastosowania wełny Grodan z upraw oraz badając jej wpływ na właściwości sorpcyjne gruntu bezglebowego w okolicy wydobywania siarki metodą Frasha. Autorzy stwierdzili znaczący wzrost pojemności sorpcyjnej utworu bezglebowego w zależności od dawki wełny mineralnej. Gilewska [2005] również odnotowała wprost proporcjonalny wzrost pojemności sorpcyjnej w stosunku do zastosowanej dawki wełny mineralnej.

Wełna mineralna nie wpływała również na zawartość kationów wymiennych magnezu (tab. 4). Z kolei wzrost dawki wełny mineralnej powodował wzrost zawartości kationów wymiennych sodu z 5,39 w obiekcie kontrolnym do 7,42 mg·kg<sup>-1</sup> gleby w obiekcie III. Zawartość kationów wymiennych potasu była najmniejsza w kontroli (130,92 mg·kg<sup>-1</sup>), a największa w obiekcie II (164,29 mg·kg<sup>-1</sup>). Wzrost dawki wełny mineralnej powodował zwiększenie zawartości kationów wymiennych wapnia. W glebie kontrolnej zawartość wapnia wynosiła 1197,36 mg·kg<sup>-1</sup>, z kolei w obiekcie I – 1449,27 mg·kg<sup>-1</sup>. Analiza wariancji danych wskazuje, że dawki wełny mineralnej nie miały istotnego wpływu na poziom kationów wymiennych w glebie.

Tabela 4. Zawartość kationów wymiennych w badanej glebie

Table 4. Concentration of exchangeable cations in the soil tested

Obiekt badawczy Research facility	Mg	Na	K	Ca
	mg·kg <sup>-1</sup>			
K	225,76 <sup>a</sup>	5,39 <sup>a</sup>	130,92 <sup>a</sup>	1197,36 <sup>a</sup>
I	228,52 <sup>a</sup>	6,01 <sup>b</sup>	150,16 <sup>b</sup>	1449,27 <sup>b</sup>
II	226,11 <sup>a</sup>	6,23 <sup>b</sup>	164,29 <sup>b</sup>	1136,78 <sup>a</sup>
III	227,18 <sup>a</sup>	7,42 <sup>b</sup>	148,22 <sup>a</sup>	1203,05 <sup>a</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 3 – Explanations as in Table 3.

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku wełny mineralnej na zawartość węgla organicznego, próchnicy i azotu ogólnego (tab. 5). Ilość próchnicy w kontroli wynosiła 2,79%, a w obiekcie I zmniejszyła się do 2,56%. W obiekcie II zawartość próchnicy zwiększyła się do podobnej wartości jak w kontroli, z kolei w obiekcie III uległa obniżeniu. Zawartość azotu ogólnego utrzymywała się na podobnym poziomie. Ilość przyswajalnego magnezu i fosforu nieznacznie zwiększała się wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej. Zawartość przyswajalnego potasu zwiększała się wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej (obiekt II). W obiekcie III z największą dawką wełny mineralnej zawartość potasu nieco zmniejszyła się w porównaniu do obiektu II (tab. 5).

Tabela 5. Zawartości materii organicznej, azotu ogólnego oraz przyswajalnych form magnezu, fosforu i potasu w badanej glebie

Table 5. Concentration of organic matter, total nitrogen and assimilable forms of magnesium, phosphorus and potassium in the soil tested

Obiekt badawczy Research facility	C <sub>org</sub> g·kg <sup>-1</sup>	Próchnica Humus %	Azot ogólny Total nitrogen g·kg <sup>-1</sup>	Mg	P mg·kg <sup>-1</sup>	K
K	1,61 <sup>a</sup>	2,79 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	2095,3 <sup>a</sup>	77,1 <sup>a</sup>	82,9 <sup>a</sup>
I	1,52 <sup>b</sup>	2,59 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	2158,1 <sup>b</sup>	84,9 <sup>a</sup>	88,7 <sup>a</sup>
II	1,60 <sup>a</sup>	2,81 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	2160,1 <sup>b</sup>	107,8 <sup>b</sup>	110,9 <sup>b</sup>
III	1,49 <sup>b</sup>	2,56 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	2198,3 <sup>b</sup>	113,2 <sup>b</sup>	100,2 <sup>b</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 3 – Explanations as in Table 3.

Zróżnicowanie dawek wełny mineralnej nie miało wpływu na zmianę zawartości azotu w poszczególnych próbach. Wapń stabilizuje gospodarkę wodną, wpływa także na procesy metaboliczne w roślinie. Magnez jest niezbędny dla procesu fotosyntezy, gdyż wchodzi w skład chlorofilu oraz jest aktywatorem w reakcjach enzymatycznych roślin. Potas oraz sód biorą udział w procesach uwodnienia tkanek rośliny. Fosfor jest składnikiem budującym komórki, a także bierze udział w procesie oddychania [Alexander i Parker 2002]. Wzrost dawki wełny mineralnej powodował wzrost zawartości ogólnej powyższych makroelementów. Zwiększenie zawartości tych składników wpływa na poprawę jakości gleby, co znalazło potwierdzenie w literaturze [Baran 2006, Sirok i in. 2008].

### Wpływ wełny mineralnej na zawartość ogólną makroelementów

W przeprowadzonych badaniach określono wpływ poszczególnych dawek wełny mineralnej na zawartość wapnia, potasu, magnezu, sodu i fosforu. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 6.

Nieznaczny wzrost zawartości wapnia zaobserwowano tylko w glebie z dodatkiem wełny mineralnej w dawce 400 i 800 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Zawartość potasu i magnezu, podobnie jak wapnia, zwiększała się wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej. Należy jednak zaznaczyć, że w obiekcie kontrolnym zawartość potasu była największa. Wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej obserwowano również wzrost zawartości sodu. Największą różnicę w zawartości tego pierwiastka zarejestrowano między obiektem kontrolnym

Tabela 6. Zawartości makroelementów w badanej glebie

Table 6. Concentration of macroelements in the tested soil

Obiekt badawczy Research facility	Ca	K	Mg	Na	P
	g·kg <sup>-1</sup>				
K	2,46 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
I	2,53 <sup>a</sup>	1,53 <sup>b</sup>	1,75 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,61 <sup>b</sup>
II	3,21 <sup>b</sup>	1,55 <sup>b</sup>	2,16 <sup>b</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,60 <sup>b</sup>
III	3,76 <sup>b</sup>	1,56 <sup>b</sup>	2,41 <sup>b</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,81 <sup>a</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 3 – Explanations as in Table 3.

a glebą z największą dawką wełny mineralnej. Podobną ilość tego pierwiastka zawierała gleba kontrolna oraz gleba z najmniejszą dawką wełny. Ilość fosforu wzrastała nieznacznie wraz ze zwiększoną dawką wełny mineralnej, ale w obiektach I i II była mniejsza niż w kontroli, z kolei w obiekcie III nieco większa. Zgodnie z przeprowadzoną analizą wariancji zmiany zawartości makroelementów w poszczególnych punktach badawczych nie były istotne.

### Zawartość ogólnych i rozpuszczalnych form pierwiastków śladowych

W badaniach określono wpływ dawek wełny mineralnej na zawartość ogólnych i rozpuszczalnych form żelaza, cynku, kadmu, ołowiu, niklu, manganu, chromu i miedzi. Uzyskane wyniki zestawiono w tabelach 7 i 8.

Tabela 7. Zawartość ogólnych form pierwiastków śladowych w badanej glebie

Table 7. Concentration of the general forms of trace elements in the soil tested

Obiekt badawczy Research facility	Fe	Zn	Cd	Pb	Ni	Mn	Cr	Cu
	mg·kg <sup>-1</sup>							
K	8031 <sup>a</sup>	293,41 <sup>a</sup>	3,27 <sup>a</sup>	97,21 <sup>a</sup>	9,83 <sup>a</sup>	682,41 <sup>a</sup>	19,16 <sup>a</sup>	11,97 <sup>a</sup>
I	8039 <sup>a</sup>	262,13 <sup>b</sup>	3,02 <sup>a</sup>	87,03 <sup>b</sup>	9,01 <sup>a</sup>	600,22 <sup>b</sup>	19,11 <sup>a</sup>	11,91 <sup>a</sup>
II	8272 <sup>b</sup>	261,23 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	91,24 <sup>b</sup>	9,12 <sup>a</sup>	605,17 <sup>b</sup>	20,19 <sup>b</sup>	12,17 <sup>a</sup>
III	8384 <sup>b</sup>	258,87 <sup>b</sup>	3,16 <sup>a</sup>	95,17 <sup>a</sup>	11,06 <sup>b</sup>	653,38 <sup>a</sup>	22,31 <sup>b</sup>	12,96 <sup>b</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 3 – Explanations as in Table 3.

Tabela 8. Zawartość rozpuszczalnych form pierwiastków śladowych w badanej glebie

Table 8. Concentration of soluble forms of trace elements in the soil tested

Obiekt badawczy Research facility	Fe	Zn	Cd	Pb	Ni	Mn	Cr	Cu
	mg·kg <sup>-1</sup>							
K	1216,00 <sup>a</sup>	93,17 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	80,73 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	251,12 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>	7,15 <sup>a</sup>
I	1218,00 <sup>a</sup>	79,57 <sup>b</sup>	2,31 <sup>a</sup>	71,22 <sup>b</sup>	1,06 <sup>a</sup>	253,35 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>	7,07 <sup>a</sup>
II	1897,00 <sup>b</sup>	81,63 <sup>b</sup>	2,44 <sup>a</sup>	76,54 <sup>b</sup>	1,07 <sup>a</sup>	316,88 <sup>b</sup>	3,77 <sup>b</sup>	7,19 <sup>a</sup>
III	2046,00 <sup>b</sup>	92,57 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	80,13 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	394,39 <sup>b</sup>	4,92 <sup>b</sup>	8,12 <sup>b</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 3 – Explanations as in Table 3.

Ogólna zawartość żelaza w glebie zwiększała się wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej (tab. 7). Największe różnice obserwowano między obiektami I i III ( $345 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Wraz ze wzrostem dawki wełny mineralnej wzrastała również zawartość żelaza rozpuszczonego (tab. 8). Zbliżoną ilość żelaza stwierdzono w obiekcie kontrolnym i obiekcie I. Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji nie stwierdzono istotnej zmiany zawartości żelaza.

Dodatek wełny mineralnej do gleby, niezależnie od dawki, spowodował zmniejszenie zawartość cynku ogólnego w stosunku do kontroli (tab. 7). Różnica pomiędzy zawartością cynku w obiekcie I i III wynosiła  $3,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Zmiany zawartości cynku rozpuszczalnego były podobne jak zmiany zawartości żelaza rozpuszczalnego, ilość cynku wzrastała wraz ze zwiększeniem dawki wełny mineralnej (tab. 8). Większą różnicę obserwowano między obiektem I ( $79,57 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i III ( $92,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji nie stwierdzono istotnej zmiany zawartości cynku.

Największą zawartość kadmu, zarówno form ogólnych, jak i rozpuszczalnych, stwierdzono w kontroli (tab. 7 i 8). Zawartość kadmu w obiekcie I i II była mniejsza od zawartości tego pierwiastka w obiekcie III.

Wraz ze zwiększeniem dawki wełny mineralnej wzrastała ogólna zawartość ołowiu (tab. 7). W obiekcie I wynosiła  $87,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , z kolei w obiekcie III  $95,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Zawartość ołowiu w obiekcie III była niższa niż w kontroli. Zawartość rozpuszczalnego ołowiu w obiekcie I, II i III była nieco niższa od zawartości w kontroli. Podobnie jak w przypadku kadmu analiza wariancji nie wykazała istotnej zmiany w zawartości form rozpuszczalnych tego pierwiastka (tab. 8).

Najwyższa dawka wełny mineralnej wpłynęła na wzrost ogólnej zawartości niklu w badanej glebie (tab. 7). W obiekcie I i II nie stwierdzono istotnych zmian. Ponadto zawartość niklu w obiekcie I była najniższa. W miarę zwiększania dawki wełny mineralnej zawartość rozpuszczalnego niklu uległa zwiększeniu, ale wzrost ten nie był istotny statystycznie (tab. 8). Podobne wyniki uzyskano w odniesieniu do miedzi (tab. 7 i 8).

Zawartość manganu ogólnego w glebie z dodatkiem wszystkich dawek wełny mineralnej była mniejsza w porównaniu do kontroli (tab. 7). Im większa dawka wełny mineralnej, tym zawartość manganu rozpuszczalnego zwiększała się (tab. 8). Zbliżone zawartości tego pierwiastka zawierała kontrola oraz gleba z obiektu I. Największą różnicę obserwowano pomiędzy kontrolną glebą a obiektem III ( $143,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Zwiększenie dawki wełny mineralnej powodowało istotny statystycznie wzrost zarówno ogólnej zawartości chromu (tab. 7), jak i chromu rozpuszczalnego (tab. 8). Największe różnice występują pomiędzy kontrolą a obiektem III.

W miarę wzrostu dawki wełny mineralnej do gleby, zawartość niektórych badanych metali ciężkich zwiększała się. Podobne wyniki uzyskał Baran [2008] analizując wpływ osadu ściekowego i pożytkowej wełny mineralnej zastosowanych do rekultywacji zdewastowanego terenu przez silne zakwaszenie gruntu, na zawartość metali ciężkich w rekultywacyjnej mieszance traw. Autorzy stwierdzili, że wraz ze zwiększeniem dawki odpadowej wełny mineralnej nastąpił wzrost zawartości pierwiastków takich jak ołów, chrom oraz nikiel. Kolejne badania prowadzone przez Barana i innych [2009] wykazały, że rosnące dawki wełny mineralnej odpadowej powodowały podwyższenie ilości ołowiu i niklu w glebie, co znalazło potwierdzenie w badaniach prowadzonych w tym artykule.

Według wytycznych do oceny stopnia zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa ustalono, iż badana gleba ciężka zaliczana jest do I stopnia zanieczyszczenia gleb ołowiem. Najmniejsza dawka wełny mineralnej wpłynęła korzystnie, obniżając zawartość tego metalu ciężkiego. Kolejne większe dawki powodowały wzrost zawartości ołowiu w glebie, co nie rokuje pozytywnie, że problem wykorzystania użytkowej wełny mineralnej na gleby zdegradowane będzie rozwiązany.

## WNIOSKI

1. Dodatek wełny mineralnej do gleby spowodował wzrost  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , zmniejszył kwasowość hydrolityczną gleby oraz zwiększył udział kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym.

2. Dawki wełny mineralnej powodowały zmiany zawartości kationów wymiennych w glebie. Porównując glebę kontrolną i glebę z największą dawką wełny mineralnej, można wnioskować, iż zwiększyła się zawartość kationów wymiennych (Na, Mg, K, Ca), co jest dowodem na poprawę jakości gleby spowodowaną dodatkiem wełny mineralnej.

3. Nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku wełny mineralnej na zawartość materii organicznej i azotu ogólnego.

4. Zawartość przyswajalnych form potasu, magnezu oraz fosforu ulegała stopniowemu zwiększeniu wraz z kolejnymi dawkami wełny mineralnej.

5. Dodatek użytkowej wełny mineralnej powodował wzrost zawartości makroelementów (Ca, K, Mg, Na, P).

6. Różnice w zawartości ogólnych i rozpuszczalnych form pierwiastków śladowych pod wpływem zwiększania dawki wełny mineralnej w większości przypadków były statystycznie nieistotne. Z kolei należy zwrócić uwagę na istotny statystycznie wzrost zawartości ołowiu, chromu i kadmu.

## LITERATURA

- Alexander T., Parker D., 2002. The best of the Growing Edge, Indoor and Outdoor gardening for today's grower. New Moon Publishing, Corvallis.
- Baran S., 2006. Ability to use of mineral wool in postmining reclamation. Development in Production and Use of New Agrochemicals. Chemistry for Agriculture, Czech-Pol Trade, Prague-Brussels 7, 662–670.
- Baran S., 2008. Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan do kształtowania właściwości wodnych gleb i gruntów. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 533, 15–19.
- Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Żukowska G., Bik M., 2008. Właściwości sorpcyjne utworu bezglebowego rekultywowanego osadem ściekowym i wełną mineralną. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 533, 39–47.
- Baran S., Pranagal J., Bik M., 2009. Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan i osadu ściekowego do kształtowania właściwości wodnych w glebach zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha. Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management 24, 2/3, 81–95.



- Gilewska M., 2005. Przydatność uprawy z wełny kamiennej do rekultywacji gruntów poeksploatacyjnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 506, 151–156.
- Jaroszczuk-Sierocińska M., 2007. Właściwości wodno-powietrzne wełny mineralnej Grodan Master. *Acta Agrophysica* 10 (1), 113–120.
- Komosa A., 2013. Wszystko co jest w roślinie, pierwiej znajdowało się w ziemi lub powietrzu. *Ziemia – Roślina – Człowiek. Ogólnopolska Ogrodnicza Konferencja Naukowa, Kraków*, 10–13.
- Mercik S., 2002. *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne.* Wyd. SGGW, Warszawa.
- Nurzyński J., 2006. Plonowanie i skład chemiczny pomidora uprawianego w szklarni w podłożach ekologicznych. *Acta Agrophysica*. 7 (3), 681–690.
- Pawlińska A., Komosa A., 2004. Wpływ podłoża i pożywek na plonowanie pomidora szklarniowego. *Rocz. AR Pozn.* 361, *Ogrodn.* 37, 173–180.
- Sirok B., Blagojević B., Bullen P., 2008, *Mineral woll. Production and properties.* Woodhead Publishing, Cambridge, 128–138.

## THE EFFECT OF MINERAL WOOL WASTE ON SELECTED PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL

**Summary.** The aim of the study was to determine the effect of postconsumer mineral wool on selected physico-chemical properties of the soil, changing the contents of macronutrients and trace elements. The field experiment was established with randomized blocks in April 2012 in the Municipal – Industrial Wastewater Treatment Plant in Oświęcim, at the landfill. The size of each plot was  $2 \times 5$  m ( $10$  m<sup>2</sup>). Each plot was surrounded by protective strips amounting to 1 m. The study used mineral wool derived from the 2-year growing tomatoes. The experimental scheme included control object and the three objects with a dose of mineral wool of 200, 400 and 800 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. After three years of experience made the following determination: the content of soluble forms of Fe, Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, Mn, Cr extracted 1 mol HCl per 1 dm<sup>-3</sup> (method of Rinkis), the content of available forms of phosphorus, potassium (method of Enger–Riehm) and magnesium (method of Schachtschabel in 0,0125 mol CaCl<sub>2</sub> per 1 dm<sup>-3</sup>), the content of total elements form, in a mixture of concentrated acids HNO<sub>3</sub> and HClO<sub>3</sub> (2 : 1), pH – potentiometrically, hydrolytic acidity (method of Kappen), the sum of exchangeable bases, sorption capacity, exchangeable cations, the contents of total nitrogen by Kjeldahl method and organic matter by Tiurin method. The study showed that the addition of postconsumer mineral wool into the soil caused an increase in pH<sub>KCl</sub>, decreased in hydrolytic acidity of soil and increased in the share of alkaline cations in the sorption complex. Mineral wool caused changes in the content of exchangeable cations in the soil. The addition of mineral wool caused an increase in the content of exchangeable cations (Na, Mg, K, Ca). There was no significant effect of the addition of mineral wool on content of organic matter and total nitrogen. The content of available forms of potassium, magnesium and phosphorus underwent gradual increase with successive doses of mineral wool. Addition of postconsumer mineral wool caused an increase in the content of macronutrients (Ca, K, Mg, Na, P). The content of total and soluble forms of trace elements under the effect of increasing doses of mineral wool, in most cases slightly increased. The addition of postconsumer mineral wool into the soil contributed to a slight increase in the content of heavy metals such as lead, chromium and cadmium.

**Key words:** mineral wool, heavy metal, macronutrients