

ZAWARTOŚĆ PRZYSWAJALNYCH FORM NIEKTÓRYCH MAKRO- I MIKROELEMENTÓW W GLEBIE LEKKIEJ NAWOŻONEJ POPIOŁEM ZE SŁOMY PSZENICY OZIMEJ*

MARIUSZ PIEKARCZYK

*Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

mapiek@utp.edu.pl

Synopsis. W Stacji Badawczej w Mochelku (53°13' N; 17°51' E), należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy na glebie płowej typowej, wytworzonej z piasków gliniastych o składzie piasku gliniastego wykonano statyczne doświadczenie mikropoletkowe, w którym czynnikiem badawczym była dawka popiołu ze słomy pszenicy ozimej (0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 t·ha⁻¹), stosowanego każdorazowo pod rzepak ozimy (2010) i następnie pszenicę ozimą (2011). Po dwuletnim cyklu badań w 2011 roku pobrano próby glebowe i po wykonaniu analiz stwierdzono, że zastosowanie popiołu ze słomy pszenicy ozimej każdorazowo w dawce do 1,0 t·ha⁻¹, przy uzupełniającym nawożeniu azotem i fosforem, pozwoliło zachować odczyn gleby i zawartość w niej przyswajalnych dla roślin form fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza. Zauważono nawet tendencję podnoszenia się pH i zasobności gleby w przyswajalne makro- i mikroelementy wskutek aplikacji wzrastających dawek popiołu ze słomy pszenicy ozimej. Popiół ze słomy pszenicy ozimej można uznać za dobry tani nawóz potasowy o odczynie zasadowym.

Słowa kluczowe – *key words*: popiół ze słomy pszenicy – *wheat straw ash*, formy przyswajalne – *available forms*, makroelementy – *macroelements*, mikroelementy – *microelements*, odczyn gleby – *soil pH*

WSTĘP

Zastosowanie słomy do celów energetycznych stało się nowym sposobem wykorzystania tego plonu ubocznego, szczególnie obserwowanym w regionach o słabo rozwiniętej produkcji zwierzęcej [Biernat 2007, Wrzosek i Gworek 2010]. Postępowanie takie pogłębia już istniejący deficyt substancji organicznej w glebie i stwarza problem zagospodarowania powstających odpadów paleniskowych [Harasimowicz-Hermann i Hermann 2007, James i in. 2012]. Popiół z biomasy roślinnej ma odczyn zasadowy oraz znaczną zawartość niezbędnych dla roślin pierwiastków biogennych [Ciesielczuk i in. 2011, Kowalczyk-Juško 2009, Meller i in. 2009, Wacławowicz 2011] i dlatego może być wartościowym nawozem w produkcji roślinnej, uzupełniającym niedobory makro- i mikrośladników oraz mającym działanie odkwaszające [Blander i Pelton 1997, Kalembasa 2006, Meller i Bilenda 2012, Stankowski i Bielińska 2009, Wacławowicz 2011]. Umiejętne wykorzystywanie w nawożeniu odpadów paleniskowych z biomasy roślinnej jest bezpieczne dla środowiska, ponieważ odpad ten ma znikomą zawartość pierwiastków śladowych [Bielińska i in. 2009, Ciesielczuk i in. 2011, Meller i in. 2009, Pels i in. 2005, Piekarczyk i in. 2011a, Sander i Andren 1997, Yeledhalli i in. 2008].

* Praca naukowa finansowana przez MNiSW ze środków na naukę w latach 2009–2012 jako projekt badawczy N N310 083536

Hipoteza badawcza zakłada, że obecne w popiele ze słomy pszenicy składniki pokarmowe, oprócz wykorzystania przez rośliny rzepaku i pszenicy, mogą korzystnie zmienić odczyn i zasobność gleby lub przynajmniej je zachować. Celem pracy było określenie zmian pH oraz zawartości przyswajalnych dla roślin form fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza w glebie płowej typowej wytworzonej z piasków gliniastych o składzie piasku gliniastego pod wpływem zróżnicowanych dawek popiołu ze słomy pszenicy ozimej, stosowanego każdorazowo w następstwie roślin rzepak ozimy – pszenica ozima.

MATERIAŁ I METODY

W Stacji Badawczej w Mochelku (53°13' N; 17°51' E), należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy wykonano jednoczynnikowe statyczne doświadczenie mikropoletkowe z dwoma następującymi po sobie roślinami, rzepakiem ozimym i pszenicą ozimą. Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach o powierzchni mikropoletki 5,25 m². Czynnikiem badawczym była dawka popiołu ze słomy pszenicy ozimej: 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 t·ha⁻¹, stosowanego przedsięwzięcie pod rzepak ozimy (2010) i pszenicę ozimą (2011). Z uwagi na skład chemiczny popiołu ze słomy i w celu zbilansowania dawki NPK stosowano dodatkowo 180 kg N·ha⁻¹ + 30,6 kg P·ha⁻¹ pod rzepak ozimy, natomiast w pszenicy ozimej aplikowano 160 kg N·ha⁻¹ + 26,2 kg P·ha⁻¹.

Użyty w doświadczeniu popiół miał odczyn alkaliczny pH w 1 mol KCl o wartości 9,8. Ogólna zawartość pierwiastków w g·kg⁻¹ wynosiła: P – 5,8, K – 75,0, Mg – 5,3, Ca – 64,9, i w mg·kg⁻¹: Cu – 25,6, Mn – 607, Zn – 64,9, Fe – 3158. Z 1,0 t użytego w badaniach popiołu ze słomy pszenicy wnoszono 5,8 kg P; 75,0 kg K; 64,9 kg Ca; 5,3 kg Mg; 25,6 g Cu; 607 g Mn; 64,9 g Zn i 3158 g Fe. Gleba płowa typowa wytworzona z piasków gliniastych charakteryzowała się następującym składem granulometrycznym: piasek (2,0–0,05 mm) – 75,5%, pył gruby (0,05–0,02 mm) – 9,4%, pył drobny (0,02–0,002 mm) – 12,9%, il (<0,002 mm) – 2,3%. Zawartość węgla organicznego wynosiła 8,1 g·kg⁻¹, azotu ogólnego 0,7 g·kg⁻¹, stosunek C/N – 11,6.

Próbki gleby pobrano w 2011 roku po zbiorze pszenicy ozimej. Oceniano pH gleby oraz zawartość w niej przyswajalnych dla roślin form makroelementów i przyswajalnych mikroelementów. Badania gleby przeprowadzono w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Bydgoszczy standardowo stosowanymi metodami. Wartość pH w 1 mol KCl·dm⁻³ metodą potencjometryczną, a zawartość w glebie przyswajalnych dla roślin form makroelementów: fosfor spektrofotometrycznie, potas metodą fotometrii płomieniowej, magnez spektrometrem absorpcji atomowej. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów określano metodą spektrometrii absorpcji atomowej. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, stosując analizę wariancji stosownie do przyjętego schematu doświadczenia, istotność różnic pomiędzy średnimi obiektowymi wielkościami analizowanych cech szacowano testem Tukeya na poziomie istotności p = 0,05. Obliczenia wykonano w oparciu o pakiet programów statystycznych FR – ANALWAR 5.2. Określono również współczynniki korelacji prostej pomiędzy dawką popiołu ze słomy pszenicy a zawartością poszczególnych pierwiastków w glebie, korzystając z arkusza kalkulacyjnego Microsoft Office Excel 2007.

WYNIKI BADAŃ

Gleba, na której uprawiano rzepak ozimy i pszenicę ozimą charakteryzowała się odczynem kwaśnym, pH w 1 mol KCl w zakresie od 5,1 do 5,4, wskazującym na potrzebę wapnowania.

Zastosowanie popiołu ze słomy pszenicy ozimej w dawce do 1,0 t·ha⁻¹ nie wpłynęło istotnie na wartość pH gleby lekkiej. Zaobserwowano jedynie tendencję odkwaszającego działania popiołu wraz ze zwiększaniem jego dawki (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg oraz pH gleby nawożonej popiołem ze słomy pszenicy ozimej oraz współczynniki korelacji prostej dla $p < 0,05$ pomiędzy dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej a pH gleby i zawartością przyswajalnych form P, K i Mg w glebie

Table 1. P, K and Mg available forms content and pH in soil fertilized with ash from winter wheat straw and the correlation coefficients significant at $p < 0,05$ between the dose of winter wheat straw ash and soil pH and content of available forms of P, K and Mg in the soil

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Dawka popiołu <i>The dose of ash (t·ha⁻¹)</i>					Średnia <i>Mean</i>	NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i>	Współczynnik korelacji <i>The correlation coefficient_(0,05)</i>
	kontrola <i>control</i>	0,25	0,5	0,75	1,0			
pH w 1 mol KCl <i>pH in 1 mol KCl</i>	5,1	5,1	5,2	5,4	5,4	5,2	r.n.	0,938
Fosfor <i>Phosphorus</i> P (mg·kg ⁻¹)	84,7	85,7	84,6	89,7	90,8	87,1	r.n.	n.i.
Potas <i>Potassium</i> K (mg·kg ⁻¹)	101	100	101	116	115	106	r.n.	n.i.
Magnez <i>Magnesium</i> Mg (mg·kg ⁻¹)	11,2	10,8	12,0	13,0	13,3	12,1	r.n.	0,928

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

n.i. – nieistotny – *non significant*

Zawartość przyswajalnej dla roślin formy fosforu w glebie na obiekcie kontrolnym średnio w okresie badań była wysoka (87,1 mg P·kg⁻¹). Zastosowanie popiołu ze słomy pszenicy pod rzepak ozimy i pszenicę ozimą w dawkach 0,75 i 1,0 t·ha⁻¹ zwiększyło zawartość tego pierwiastka na tle obiektu kontrolnego odpowiednio o 5,0 i 6,1 mg P·kg⁻¹ to jest o 5,9 i 7,2%. Różnice te nie zostały udowodnione statystycznie, nie stwierdzono również istotności korelacji pomiędzy wielkością dawki popiołu a zawartością w glebie przyswajalnych form fosforu.

Gleba na mikropoletkach obiektu kontrolnego miała średnią zawartość przyswajalnego potasu (101 mg K·kg⁻¹). Wniesienie popiołu ze słomy pszenicy, mimo braku dodatkowego nawożenia mineralnego potasem, spowodowało niewielki, nieistotny statystycznie wzrost koncentracji tego makroelementu. Po zastosowaniu popiołu w ilości 0,75 i 1,0 t·ha⁻¹ zawartość przyswajalnego potasu zwiększyła się o 14,8 i 13,9%. Jednocześnie nie stwierdzono istotności korelacji zawartości przyswajalnego potasu z wielkością dawki popiołu ze słomy pszenicy ozimej.

Popiół ze słomy pszenicy po każdorazowym zastosowaniu pod rzepak i pszenicę nie zwiększył istotnie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie o bardzo niskiej jego zawartości – 11,2 mg Mg·kg⁻¹. Jednak w dwuletnim cyklu zmianowania zasobność gleby w ten makroelement nie zmniejszyła się, a w efekcie aplikacji popiołu w ilości odpowiadającej dawce 1,0 t·ha⁻¹ zawartość ta nawet wzrosła o 2,1 mg Mg·kg⁻¹. Zawartość przyswajalnych form magnezu była dodatnio skorelowana z dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej.

Zasobność gleby w doświadczeniu w przyswajalny bor była niska ($0,60 \text{ mg B}\cdot\text{kg}^{-1}$). Nie stwierdzono istotnych zmian zawartości tego pierwiastka w zależności od dawki zastosowanego popiołu ze słomy pszenicy ozimej, również współczynnik korelacji pomiędzy tymi zmiennymi pozostał nieistotny (tab. 2). Zawartość przyswajalnych dla roślin form miedzi w glebie była niska – $1,7 \text{ mg Cu}\cdot\text{kg}^{-1}$, średnia w mangan – $194 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$, wysoka w cynk – $7,17 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz niska w żelazo – $675 \text{ mg Fe}\cdot\text{kg}^{-1}$. Po zastosowaniu popiołu ze słomy pszenicy w dawkach od 0 do $1,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ pod rzepak ozimy w 2009 roku oraz pod pszenicę ozimą w 2010 nie stwierdzono wyraźnych zmian zasobności gleby lekkiej w przyswajalne formy miedzi, manganu, cynku i żelaza. Korelacja pomiędzy wielkością dawki popiołu a zawartością w glebie przyswajalnych form manganu i cynku była istotnie dodatnia, natomiast w przypadku miedzi i żelaza była jednak nieistotnie dodatnia, co może wskazywać na korzystne oddziaływanie popiołu na zasobność gleby w mikroelementy.

Tabela 2. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów w glebie nawożonej popiołem ze słomy pszenicy ozimej oraz współczynniki korelacji prostej dla $p < 0,05$ pomiędzy dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej a zawartością przyswajalnych form mikroelementów w glebie

Table 2. Microelements available forms content in soil fertilized with ash from winter wheat straw and the correlation coefficients significant at $p < 0,05$ between the dose of winter wheat straw ash and content of available forms of microelements in the soil

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Dawka popiołu <i>The dose of ash (t·ha⁻¹)</i>					Średnia <i>Mean</i>	NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i>	Współczynnik korelacji _(0,05) <i>The correlation coefficient_(0,05)</i>
	kontrola <i>control</i>	0,25	0,5	0,75	1,0			
Bor – <i>Boron</i> B (mg·kg ⁻¹)	0,60	0,57	0,52	0,56	0,66	0,58	r.n.	n.i.
Miedź – <i>Copper</i> Cu (mg·kg ⁻¹)	1,55	1,67	1,60	1,70	1,85	1,67	r.n.	n.i.
Mangan – <i>Manganese</i> Mn (mg·kg ⁻¹)	194	193	200	203	203	199	r.n.	0,917
Cynk – <i>Zinc</i> Zn (mg·kg ⁻¹)	7,17	7,15	7,25	8,42	9,43	7,88	r.n.	0,901
Żelazo – <i>Iron</i> Fe (mg·kg ⁻¹)	675	683	707	701	704	694	r.n.	n.i.

r.n. – różniczenie istotne – *non significant differences*

n.i. – nieistotny – *non significant*

DYSKUSJA

Właściwości popiołu ze słomy pszenicy ozimej sprawiają, iż odpad ten może być z powodzeniem wykorzystywany w nawożeniu roślin uprawnych [Piekarczyk i in. 2011a, Waclawowicz 2011, Yeledhalli i in. 2008], a także może służyć do odkwaszania gleb [Ciesielczuk i in. 2011, Ohno i Erich 1990, Waclawowicz 2011].

W przeprowadzonym doświadczeniu, zakładającym możliwość zaspokojenia potrzeb pokarmowych roślin z popiołu i co najmniej zachowania zasobności gleby, nie zaobserwowano

wyraźnych zmian odczynu gleby wskutek jego stosowania w okresie dwóch lat. Popiół ze słomy całkowicie pokrywa zapotrzebowanie w potas, a więc może być dobrym nawozem potasowym [Meller i Bilenda 2012, Niedziółka i Zuchniarz 2006], a tylko azot i fosfor potrzeba suplementować. Używanie tego odpadu w nawożeniu to również wymierna korzyść finansowa dla rolnika, w efekcie jego aplikacji nie następuje pogorszenie odczynu gleby (pH), co ma miejsce w przypadku stosowania niektórych nawozów mineralnych fizjologicznie kwaśnych. Słaby, ale widoczny efekt odkwaszający użytego w badaniach własnych odpadu wynika zapewne z faktu aplikacji stosunkowo niskich jego dawek, jak również wielkości wskaźnika pH – 9,8. Odpady paleniskowe z biomasy roślinnej mogą bowiem charakteryzować się pH dochodzącym nawet 12–13 [Herman i Harasimowicz-Herman 2005, Niedźwiecki i in. 2007, Waclawowicz 2011]. Odkwaszające działanie na glebę odpadów paleniskowych z różnych surowców jest szeroko potwierdzone w literaturze [Bielińska i in. 2009, Ciećkoi in. 2009, Gibczyńska i in. 2007, 2009, Pels i in. 2005, Sander i Andren 1997]. Wyraźny efekt w postaci podniesienia się wartości pH gleby obserwuje się jednak najczęściej po zastosowaniu melioracyjnych dawek popiołu wielkości 10–20 t·ha⁻¹ lub wyższych [Antonkiewicz 2009, Park i in. 2005, Piekarczyk i in. 2011b, Właśniewski 2009]. Takie dawki mogą jednak wnosić do gleby zbyt dużą ilość niektórych składników, np. potasu czy metali ciężkich.

W przeprowadzonym eksperymencie aplikacja popiołu ze słomy pszenicy ozimej w ilości do 1,0 t·ha⁻¹ nie spowodowała istotnych zmian zasobności gleby w przyswajalne dla roślin makro- i mikroelementy, co można wytłumaczyć zastosowaniem stosunkowo niskich jego dawek, jak również niezbyt wysokiej ogólnej zawartości składników pokarmowych w popiele. W 1,0 t użytego w badaniach popiołu znajdowało się 5,8 kg P, 75,0 kg K i 5,3 kg Mg, natomiast z innych badań wynika, że w 1,0 t popiołu z biomasy roślinnej może znajdować się nawet 48,5 kg P, 332 kg K, 47,3 kg Mg [Bakisgan i in. 2009, Kalembasa 2006, Kowalczyk-Juško 2009]. Zmiany zasobności gleby wskutek wprowadzenia popiołu zależą więc od ilości wprowadzanego do gleby popiołu, jak również rodzaju rośliny uprawnej, ponadto od źródła jego pochodzenia i składu elementarnego, który jest bardzo zróżnicowany [Bakisgan i in. 2009, Blander i Pelton 1997, Olanders i Steenari 1995, Sander i Andren 1997, Waclawowicz 2011].

Brak wyraźnych zmian zasobności gleby lekkiej płowej typowej wytworzonej z piasków gliniastych w przyswajalne dla roślin formy fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza w przeprowadzonym doświadczeniu wynikał również z faktu pobrania składników mineralnych przez rosnące rośliny rzepaku ozimego i pszenicy ozimej. We wcześniejszych badaniach [Piekarczyk i in. 2011b], gdzie popiół ze słomy o bogatszym składzie elementarnym wnoszono do gleby pozbawionej roślinności, obserwowano większe różnicowanie zasobności gleby po zastosowaniu dawek rzędu 1,0–2,0 t·ha⁻¹. Niezależnie jednak od nie zawsze obserwowanych znaczących rezultatów stosowania popiołów, ich stosowanie ma korzystny wpływ na bilans składników pokarmowych w produkcji roślinnej, ponadto pierwiastki, a zwłaszcza potas są wnoszone do gleby beznakładowo. Popiół ze słomy pszenicy ozimej można uznać za dobry nawóz potasowy [Borkowska i Lipiński 2007, James i in. 2012, Ohno i Erich 1990, Park i in. 2005].

WNIOSKI

1. Popiół ze słomy pszenicy ozimej zastosowany w dawkach od 0 do 1,0 t·ha⁻¹ każdorazowo w następstwie roślin rzepak ozimy – pszenica ozima, uzupełniony jedynie nawożeniem azotowym i fosforowym, pozwolił zachować bez istotnych zmian odczyn gleby i zawartość

- w niej przyswajalnych dla roślin form fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza.
2. Wraz z wzrastającą dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej zarysowała się tendencja zwiększania się pH i zasobności gleby w przyswajalne makro- i mikroelementy.
 3. Popiół ze słomy pszenicy ozimej można uznać za dobry tani nawóz potasowy o odczynie zasadowym.

PIŚMIENNICTWO

- Antonkiewicz J. 2009. Wykorzystanie popiołów paleniskowych do wiązania metali ciężkich występujących w glebie. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 41: 398–405.
- Bakisgan C., Dumanli A.G., Yürüm Y. 2009. Trace elements in Turkish biomass fuels: Ashes of wheat straw, olive bagasse and hazelnut shell. *Fuel* 88: 1842–1851.
- Bielińska E.J., Baran S., Stankowski S. 2009. Ocena przydatności popiołów fluidalnych z węgla kamiennego do celów rolniczych. *Inż. Rol.* 6: 7–15.
- Biernat K. 2007. Techniczne i środowiskowe uwarunkowania wykorzystania biomasy do celów energetycznych. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 33: 9–16.
- Blander M., Pelton A.D. 1997. The inorganic chemistry of the combustion of wheat straw. *Biomass Bioenerg.* 12: 295–298.
- Borkowska H., Lipiński W. 2007. Zawartość wybranych pierwiastków w biomase kilku gatunków roślin energetycznych. *Acta Agrophys.* 10(2): 287–292.
- Ciećko Z., Żołnowski A. C., Kulmaczewska J., Chelstowski A. 2009. Wpływ następczy melioracyjnych dawek popiołów z węgla kamiennego na kwasowość gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 535: 73–83.
- Ciesielczuk T., Kusza G., Nemś A. 2011. Nawożenie popiołami z termicznego przekształcania biomasy źródłem pierwiastków śladowych dla gleb. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 49: 219–227.
- Gibczyńska M., Meller E., Hury G. 2007. Oddziaływanie popiołu z węgla brunatnego na wybrane właściwości fizykochemiczne gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 518: 53–61.
- Gibczyńska M., Meller E., Stankowski S., Prokopowicz A. 2009. Wpływ popiołów z węgla brunatnego na skład chemiczny gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 538: 63–71.
- Harasimowicz-Hermann G., Hermann J. 2007. Agrotechniczne bariery spalania słomy. W: *Uprawa wierzby krzewistej na cele energetyczne alternatywą dla spalania słomy i zachowania żyzności gleby*. Wyd. UTP Bydgoszcz: 53–60.
- Herman J., Harasimowicz-Hermann G. 2005. Przydatność popiołów ze spalania biomasy do stosowania w rolnictwie i rekultywacji gruntów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506: 189–196.
- James A.K., Thring R.W., Helle S., Ghuman H.S. 2012. Ash management review – applications of biomass bottom ash. *Energies* 5: 3856–3873.
- Kalembasa D. 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophys.* 7(4): 909–914.
- Kowalczyk-Juśko A. 2009. Popiół z różnych roślin energetycznych. *Proceed. EC Opole* 3(1): 159–164.
- Meller E., Bilenda E. 2012. Wpływ popiołów ze spalania biomasy na właściwości fizykochemiczne gleb lekkich. *Polit. Energ.* 15(3): 287–292.
- Meller E., Niedźwiecki E., Wojcieszczuk T., Jarnuszewski G. 2009. Porównanie właściwości fizykochemicznych popiołów po spalaniu biomasy o zróżnicowanym składzie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 535: 297–303.
- Niedziółka I., Zuchniarz A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motrol* 8A: 232–237.
- Niedźwiecki E., Meller E., Kęsek S., Jakubik A. 2007. Właściwości fizykochemiczne popiołów ze spalania odpadów drzewnych w zakładzie Kronopol w Żarach oraz możliwości i sposoby ich zagospodarowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 518: 119–125.

- Ohno T., Erich M.S. 1990. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agric. Ecosyst. Environ.* 32: 223–239.
- Olanders B., Steenari B.M. 1995. Characterization of ashes from wood and straw. *Biomass Bioenerg.* 8(2): 105–115.
- Park B.B., Yanai R.D., Sahm J.M., Lee D.K., Abrahamson L.P. 2005. Wood ash effects on plant and soil in a willow bioenergy plantation. *Biomass Bioenerg.* 28: 355–365.
- Pels J.R., de Nie D.S., Kiel J.H.A. 2005. Utilization of ashes from biomass combustion and gasification. *European Biomass Conference. Paris, France, 17–21 October 2005*: 1–17.
- Piekarczyk M., Kotwica K., Jaskulski D. 2011a. Skład elementarny popiołu ze słomy i siana w aspekcie jego rolniczego wykorzystania. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(2): 97–104.
- Piekarczyk M., Kotwica K., Jaskulski D. 2011b. Wpływ stosowania popiołu ze słomy jęczmienia jarego na chemiczne właściwości gleby lekkiej. *Fragm. Agron.* 28(3): 91–99.
- Sander M.L., Andren O. 1997. Ash from cereal and rape straw used for heat production: liming effect and content of plant nutrients and heavy metals. *Water Air Soil Poll.* 93: 93–108.
- Stankowski S., Bielińska E.J. 2009. Popioły z biomasy a możliwości wykorzystania do celów nawozowych. *Mat. Konf. „Tereny zdegradowane i rekultywowane – możliwości ich zagospodarowania”*. Szczecin – Ostoja 27 listopada 2009: 161–164.
- Wacławowicz R. 2011. Rolnicze wykorzystanie popiołów ze spalania biomasy. UP Wrocław (www.scc.com.pl).
- Właśniewski S. 2009. Wpływ nawożenia popiołem lotnym z węgla kamiennego na wybrane właściwości gleby piaszczystej i plonowanie owsa. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 41: 479–488.
- Wrzosek J., Gworek B. 2010. Biomasa w energetyce odnawialnej. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 43: 104–116.
- Yeledhalli N.A., Prakash S.S., Ravi M.V., Narayanarao K. 2008. Long-term effect of fly ash on crop yield and soil properties. *Karnataka J. Agric. Sci.* 21: 507–512.

M. PIEKARCZYK

EFFECT OF WINTER WHEAT STRAW ASH ON THE SOME MACRO- AND MICROELEMENTS AVAILABLE FORMS CONTENT IN LIGHT SOIL

Summary

In the Research Station in Mochelek (53°13' N; 17°51' E), belonging to the University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz on the composition of the soil loamy sand performed static experience where the research was a factor in the dose of ash from wheat straw (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, t·ha⁻¹), which is used in winter oilseed rape (2010) and followed by winter wheat (2011). After a two-year test cycle in 2011, soil samples were collected and the completion of the analysis, it was found that the use of ash from wheat straw each time at a dose of up to 1.0 t·ha⁻¹, with supplemental fertilization with nitrogen and phosphorus, helped keep the soil pH and the content of the available for plants forms of phosphorus, potassium, magnesium, boron, copper, manganese, zinc and iron. Even noticed the rising trend of soil pH and of available macro- and microelements as a result of application of increasing doses of ash from wheat straw. The ash from wheat straw can be considered as a good cheap potassium alkaline fertilizer.