

WALDEMAR SPYCHALSKI¹, MIROŚLAWA GILEWSKA²WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEBY
WYTWORZONEJ Z OSADÓW POGÓRNICZYCHSELECTED CHEMICAL PROPERTIES
OF SOIL FORMED FROM POSTMINING GROUNDSKatedra Gleboznawstwa¹ i Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji²,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Abstract. The objective of the investigations was to assess the chemical composition of soil solutions of anthropogenic soils formed from post mining grounds. Soil samples were collected in fall 2006 from a long term experiment established in 1978. Experimental factors were: three levels of mineral fertilization (0, 1 and 2 NPK) and two plant rotations. The long term diversification of mineral fertilization and plant rotation have induced a significant increase of the content of organic carbon, total nitrogen and available forms of phosphorus and potassium. The following water soluble ionic forms were determined: K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, $P-PO_4^{3-}$, Cl^- . The highest content increase of elements from the fertilizers was found at the surface layers fertilized with the 2NPK dose and concerned K^+ , $P-PO_4^{3-}$, $N-NH_4^+$, and $N-NO_3^-$, Cl^- . Fertilization and plant rotation had a slight effect on the content of Ca^{2+} , Mg^{2+} , and Na^+ .

Słowa kluczowe: nawożenie, osady pogórnice.

Keywords: fertilization, post-mining grounds.

WSTĘP

Zwałowiska osadów pogórnice, pomimo iż w skali kraju zajmują niewielki areał, to w rejonach, gdzie prowadzone jest górnictwo odkrywkowe, stanowią stosunkowo duży udział w powierzchni użytków rolniczych. Do takich rejonów zaliczyć można rejon Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Pozostawione po eksploatacji węgla brunatnego osady pogórnice, które poddawane są procesom rekultywacji są mieszaniną skał osadowych różnego pochodzenia – głównie: glin lodowcowych (szarych) zlodowacenia środkowopolskiego warty i ((żółto-brunatnych) zlodowacenia wisły, piasków czwartorzędowych, ilów poznańskich i sporadycznie piasków miocenijskich [Gilewska 1991]. Charakteryzują się, więc różnym składem granulometrycznym i mineralogicznym, co może powodować zróżnicowanie ich składu chemicznego. Jednym z zadań rekultywacji zgromadzonych osadów była poprawa ich składu chemicznego, głównie poprzez nawożenie mineralne [Bender 1995]. Wieloletnie intensywne nawożenie

wpływa na zróżnicowanie i profilowe rozmieszczenie wielu składników pokarmowych w glebie [Łabętowicz 1995; Drzymała i in. 1998]. Z drugiej strony nawożenie takie może powodować uboczne konsekwencje ekologiczne dla środowiska (Bartoszewicz 1994; Komisarek 2000]. Zmiany chemizmu gleby najszybciej można zauważyć poprzez badanie składu chemicznego roztworów glebowych, gdyż jest on czułym wskaźnikiem zmian chemicznych zachodzących w glebie pod wpływem uprawy, nawożenia oraz zanieczyszczeń [Kabata-Pendias 1972]. Uczestniczy on w procesach wymywania, sorpcji i desorpcji oraz z niego rośliny pobierają składniki pokarmowe. Polska literatura dotycząca składu chemicznego roztworu glebowego jest stosunkowo uboga i dotyczy głównie użytków rolniczych i leśnych [Łabętowicz 1995; Smal 1999; Walna 2007], natomiast brak jest opracowań dotyczących chemizmu roztworu glebowego w osadach pogórnich.

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy było określenie zawartości wybranych składników rozpuszczalnych w wodzie na tle wybranych właściwości chemicznych gleb mineralnych wytworzonych z osadów pogórnich po 28 latach ich rekultywacji.

OBIEKT BADAŃ I METODYKA

Badania przeprowadzono w próbkach glebowych pobranych z wieloletniego doświadczenia Katedry Gleboznawstwa i Rekultywacji zlokalizowanego w Koninie. Badaniami objęto fragment doświadczenia łanowego z poletkami o powierzchni 0,08 ha założonego w 1978 przez prof. Jana Bendera na osadach pogórnich. Zastosowano trzy warianty nawożenia: 0 NPK, 1 NPK, 2 NPK oraz płodozmian w dwóch wariantach:

- a) rzepakowo-zbożowy (pszenica, rzepak, pszenica, rzepak),
- b) paszowy (lucerna, lucerna, lucerna, lucerna, pszenica, pszenica).

Dawki nawozów stosowane w podstawowym nawożeniu przedstawiono w tabeli 1

Na terenie założonego doświadczenia przez pierwsze dziesięć lat stosowano zwiększone nawożenie fosforowo-potasowe, które w 1988 roku zmniejszono zgodnie z potrzebami nawozowymi uprawianych roślin (tab. 1) [Bender 1995]. Analizie poddano 30 kombinacji uprawowych i nawozowych. Próbkę do badań laboratoryjnych pobrano jesienią 2006 roku z każdej kombinacji z dwóch głębokości: 0–30 cm za pomocą laski Egnera (tak zwane próbki średnie) oraz z głębokości 30–60 cm przy użyciu świdra glebowego. Łącznie pobrano 60 próbek. Pobrane próbki glebowe wysuszone w suszarce w temperaturze 55°C, następnie rozkruszono w moździerzu i przesiano przez

TABELA 1. Dawki [kg] nawożenia mineralnego (1 NPK)

TABLE 1. Mineral plant fertilization doses [kg] in the experiment (1 NPK)

Roślina – Plant		N	K ₂ O	P ₂ O ₅
Pszenica ozima Winter Wheat	do 10 lat – up to 10 years	160	140	270
	po 10 latach – after 10 years	160	80	40
Rzepak ozimy Oil seed rape	do 10 lat – up to 10 years	200	150	460
	po 10 latach – after 10 years	200	90	70
Lucerna Alfaalfa	do 10 lat – up to 10 years	170	250	370
	po 10 latach – after 10 years	170	152	56

sito o średnicy oczek 2 mm. Metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie oznaczono następujące właściwości: skład granulometryczny gleb – metodą areometryczną według Prószyńskiego, węgiel organiczny – metodą Tiurina, azot ogółem – metodą Kjeldahla przy zastosowaniu analizatora firmy Tecator, odczyn gleb w H_2O i $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl, przyswajalne formy P i K – metodą Egnera-Riehma, magnez przyswajalny – metodą Schachtschabela.

Składniki rozpuszczalne w wodzie ekstrahowano w wyciągu wodnym w stosunku gleba do wody jak 1:1. Według Pearsona [1971] taki ekstrakt wodny w przybliżeniu odpowiada roztworowi glebowemu i jest on dość często stosowany ze względu na prostotę i szybkość wykonania. W uzyskanym wyciągu oznaczono $N-NO_3^-$ – kolorymetrycznie przy zastosowaniu siarczanu brucyny, $N-NH_4^+$ – kolorymetrycznie z odczynnikiem Neslera, $P-PO_4^{3-}$ – kolorymetrycznie z mieszaniną molibdenianu amonu w obecności chlorku cynowego, Cl^- – miareczkowaniem z $AgNO_3$ w obecności chromianu potasu jako wskaźnika, Ca^{2+} , K^+ i Na^+ – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej, natomiast Mg^{2+} – absorpcyjnej spektrometrii atomowej na aparacie Varian 220FS. Zamieszczone wyniki są średnią z trzech powtórzeń dla każdego poziomu nawożenia i płodozmianu.

WYNIKI I Dyskusja

Analizowane gleby pod względem kategorii agronomicznej należą do gleb średnich, a zawartość części spławianych pozwalała je zakwalifikować (wg PTG) do glin lekkich silnie lub słabo spiaszczonych. Badane próbki klasyfikowane pod względem uziarnienia według nowego podziału PTG [2008] i Polskiej Normy (PN-R-04033) znalazły się w jednej grupie granulometrycznej – glinie lekkiej, natomiast według FAO/USDA – w glinie piaszczystej. Ilościowy udział poszczególnych frakcji był charakterystyczny dla gleb wytworzonych z osadów pogórnich Konińskiego Zagłębia Węglowego [Spsychalski, Gilewska 2007]. Zawartość frakcji koloidalnej mieściła się w przedziale 11–19%. Odczyn badanych gleb oznaczony zarówno w H_2O , jak i w $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl był zasadowy, a wyrażony w jednostkach pH wahał się w przedziale odpowiednio od 7,67 do 8,22 i od 7,11 do 7,71 (tab. 2). Tak wysokie pH spowodowane jest zawartością w tych glebach znacznej ilości węglanów [Spsychalski, Gilewska 2007]. Zaobserwowano jednakże nieznaczny spadek odczynu w wierzchnich poziomach gleb nawożonych, szczególnie dawką 2 NPK w stosunku do poletek nienawożonych (0 NPK). Wieloletnie (prawie 30-letnie) zróżnicowane nawożenie mineralne oraz płodozmian wpłynęły w znaczący sposób na zawartość C organicznego (tab. 2). Zawartość węgla organicznego w wierzchnich poziomach była bardzo zróżnicowana, szczególnie na poletkach płodozmianu zbożowo-rzepakowego i wahała się od 4,3 do 7,1 $g \cdot kg^{-1}$. Największą zawartość zaobserwowano, w poziomie powierzchniowym gleby spod płodozmianu paszowego, gdzie główną rośliną uprawną była lucerna. Poziomy te charakteryzowały się również mniejszym zróżnicowaniem tego składnika pod wpływem zróżnicowanego nawożenia mineralnego w porównaniu z płodozmianem zbożowo-rzepakowym (tab. 2). W analizowanych próbkach ilość azotu ogólnego wahała się od 0,2 do 1,0 $g \cdot kg^{-1}$. Największą jego zawartość stwierdzono w wierzchnich poziomach gleb spod płodozmianu paszowego, a jego zawartość mieściła się w przedziale 0,8–1,0 $g \cdot kg^{-1}$. W przypadku tego płodozmianu zróżnicowanie zawartości N ogółem podobnie jak węgla organicznego ze względu na różne poziomy nawożenia było niewielkie w porównaniu ze zróżnicowaniem stwierdzonym w próbkach z poletek spod płodozmianu rzepakowo-zbożowego,

TABELA 2 Wybrane właściwości badanych gleb (wartości średnie dla kombinacji nawożeniowych)
 TABLE 2. Selected properties of investigated soils (mean content for fertilization treatment)

Płodozmian Crop rotation	Nawożenie Fertilization	Głębokość Depth [cm]	pH		C	N	C:N	K	P	Mg
			H ₂ O	KCl						
Rzepakowo- zbożowy Rape-cereal	2 NPK	0–30	7,99	7,43	7,10	0,80	8,9	195,10	149,9	68,27
		30–60	8,19	7,65	1,80	0,30	6,0	163,86	12,87	75,59
	1 NPK	0–30	8,02	7,45	7,00	0,75	9,4	158,06	111,86	74,6
		30–60	8,17	7,59	2,80	0,30	9,4	117,84	7,92	74,28
	0 NPK	0–30	8,22	7,56	4,30	0,40	10,7	105,26	14,72	78,59
		30–60	7,67	7,26	1,80	0,20	9,0	111,05	4,43	83,3
Paszowy Fodder	2 NPK	0–30	7,88	7,48	9,20	0,90	10,2	160,55	70,5	77,26
		30–60	8,16	7,71	2,70	0,30	9,0	97,19	6,04	67,24
	1 NPK	0–30	7,88	7,49	9,00	1,00	9,0	132,92	35,29	106,49
		30–60	7,76	7,11	2,00	0,50	4,0	77,64	8,71	55,88
	0 NPK	0–30	7,92	7,54	7,80	0,80	9,8	121,81	5,39	115,26
		30–60	8,02	7,63	2,00	0,30	6,7	83,27	1,93	88,38

gdzie różnica między kontrolą a dawką 2NPK wynosiła 100%. Zawartość N ogółem w tym płodozmianie w zależności od poziomu nawożenia wahała się w przedziale od 0,4 g · kg⁻¹ (poletka z 0 NPK) do 0,8 g · kg⁻¹ N (poletka z 2NPK). Z badań Gilewskiej [1991] wynika, że w glebach na terenach rekultowanych zawartość azotu może być o połowę mniejsza niż w glebach uprawnych. Jest to dowodem na to, że pogórnicza gleba jest nadal ekosystemem, który kumuluje i immobilizuje azot. Stosunek węgla do azotu mówiący o aktywności biologicznej gleby był wąski i najczęściej nie przekraczał 10:1. Wieloletnie zróżnicowane nawożenie mineralne spowodowało znaczne zwiększenie zawartości przyswajalnych form potasu i fosforu szczególnie na poletkach spod płodozmianu zbożowo-rzepakowego (tab. 2). Ilość potasu przyswajalnego na poletkach, gdzie zastosowano nawożenie 2 NPK, uległa podwojeniu w stosunku do poletek kontrolnych (0 NPK). W przypadku fosforu zaobserwowano jeszcze intensywniejsze zwiększenie zawartości jego przyswajalnych form – około dziesięciokrotne w stosunku do kontroli. W glebach pobranych spod płodozmianu paszowego zaobserwowano mniejsze ilości przyswajalnych form potasu i fosforu niż na poletkach spod płodozmianu rzepakowo-zbożowego (tab. 2). Związane jest to z większym wynoszeniem tych składników z plonem poprzez lucernę, która była główną rośliną w tym płodozmianie. Pomimo że badane gleby charakteryzują się stosunkowo dużą zawziętością i małą przepuszczalnością zaobserwowano większą koncentrację potasu i fosforu w próbkach pobranych z większej głębokości (30–60 cm) na poletkach nawożonych dawką 2 NPK, co świadczyć może o procesie częściowego przemieszczania się tych składników w głąb profilu. Zawartość przyswajalnego magnezu w glebie z poszczególnych kombinacji układała się zdecydowanie odmiennie w porównaniu z wyżej omówionymi składnikami, które do gleb wnoszone były w postaci nawozów. Najwyższą koncentrację tego składnika stwierdzono w próbkach z poletek nienawożonych, co prawdopodobnie wiąże się ze znacznie mniejszym pobieraniem tego składnika przez plon roślin osiągnięty na tych poletkach.

TABELA 3. Średnie stężenia głównych składników chemicznych rozpuszczalnych w wodzie w badanych glebach

TABLE 3. Mean concentration of main chemical compounds in solutions of investigated soils

Płodozmian Crop rotation	Nawo- żenie Ferti- lization	Głęb. Depth [cm]	pH	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Cl ⁻
				mg · dm ⁻³							
Rzepakowo -zbożowy Rape-cereal	2 NPK	0-30	8,28	25,20	3,29	5,7	57,68	23,78	16,36	2,28	60,28
	1 NPK	0-30	8,26	20,55	2,97	8,5	57,30	18,35	11,62	1,89	55,85
	0 NPK	0-30	8,23	13,72	2,94	1,3	40,20	12,04	5,85	1,25	39,89
Paszowy Fodder	2 NPK	0-30	8,14	21,77	3,53	5,56	57,56	20,66	8,85	1,92	65,50
	1 NPK	0-30	8,20	18,75	4,21	5,95	55,15	18,53	10,34	1,43	68,56
	0 NP	0-30	8,18	15,92	3,97	5,42	50,20	18,77	6,53	0,84	45,65
NIR $\alpha = 0,05$				4,2	0,8	r. n.	11,1	4,1	6,8	0,43	13,6
Rzepakowo -zbożowy Rape-cereal	2 NPK	30-60	8,21	21,78	3,00	6,02	59,39	3,21	2,11	0,85	30,25
	1 NPK	30-60	8,27	15,18	3,04	5,95	47,82	2,58	1,24	0,77	31,22
	0 NPK	30-60	8,22	11,96	4,17	6,18	42,73	1,12	0,92	0,33	32,15
Paszowy Fodder	2 NPK	30-60	8,21	13,69	2,93	5,49	42,65	3,22	1,56	0,81	41,23
	1 NPK	30-60	8,11	10,47	2,61	5,75	39,68	3,36	1,15	0,32	40,41
	0 NPK	30-60	8,21	11,27	4,14	5,92	48,30	3,11	1,32	0,35	43,11
NIR $\alpha = 0,05$				5,08	1,67	r.n	r.n	0,62	r.n	r.n	7,54

r.n. – różnica nieistotna

Wieloletnie zróżnicowane nawożenie mineralne oraz rodzaj płodozmianu wpłynęły nie tylko na zróżnicowanie podstawowych właściwości chemicznych gleby, lecz także na zawartość składników rozpuszczalnych w wodzie zwaną dalej składem roztworów glebowych (tab. 3). Odczyn analizowanych roztworów glebowych wyrażony w jednostkach pH był wyższy niż mierzony w wodzie według procedury powszechnie stosowanej w gleboznawstwie (stosunek gleba/woda jak 1:2,5). Jego wartości charakteryzowały się małym zróżnicowaniem i wahały się w przedziale pH od 8,11 do 8,28. Stężenie analizowanych jonów rozpuszczalnych w wodzie w poziomach wierzchnich wyrażone w mg·dm⁻³ tworzyło szereg malejący dla kationów: Ca²⁺>K⁺>NH₄⁺>Na⁺>Mg²⁺ i anionów: Cl⁻>NO₃⁻>PO₄³⁻, natomiast w wodzie z próbek pobranych z głębokości 30–60 cm szereg kationów: Ca²⁺>K⁺>Na⁺>Mg²⁺>NH₄⁺, a szereg anionów był analogiczny. Największe zróżnicowanie w stężeniu analizowanych jonów w badanych roztworach zaobserwowano w przypadku K⁺, PO₄³⁻ oraz NH₄⁺. Ilość potasu rozpuszczalnego w wodzie była największa w wierzchnich poziomach na poletkach w płodozmianie rzepakowo-zbożowym, na których zastosowano nawożenie w dawce 2 NPK i wynosiła średnio dla tej kombinacji nawożeniowej 25,2 mg K·dm⁻³, natomiast najmniejsza na poletku kontrolnym (13,7 mg K·dm⁻³). Porównując kombinacje nawożeniowe 2 NPK i 0 NPK w obrębie tego płodozmianu, stwierdzono podobnie jak w przypadku potasu przyswajalnego, że jego zawartość na tych poletkach uległa podwojeniu. W obrębie omawianego płodozmianu pomiędzy poszczególnymi poziomami nawożeniowymi wystąpiły istotne statystycznie różnice (tab. 3). W próbkach glebowych pobranych z poletek spod płodozmianu paszowego stwierdzono istotne statystyczne różnice w zawartości K⁺ tylko pomiędzy nawożeniem w dawce 0 NPK (15,9 mg K·dm⁻³) i 2 NPK (21,8 mg K·dm⁻³). Procentowy udział potasu rozpuszczalnego w

wodzie stosunku do jego przyswajalnych form był relatywnie duży i stanowił od ok. 11 do 14% (średnie zawartości z kombinacji nawozowych) i był większy od podawanych przez Łabętowicza [1995] wartości średnich procentowego udziału dla gleb uprawnych w Polsce.

Zawartość potasu w próbkach z głębokości 30–60 cm była zdecydowanie mniejsza, chociaż zaobserwowano większą jego koncentrację w na tej głębokości w próbkach glebowych pobranych z poletek, gdzie zastosowano większe nawożenie (2 NPK) – szczególnie widoczny był ten trend w płodozmianie zbożowo-rzepakowym. Stwierdzono istotne statystyczne różnice w zawartości K^+ na tej głębokości pomiędzy kombinacjami nawożeniowymi 0 NPK (11,96 mg $K \cdot dm^{-3}$) i 2 NPK (21,78 mg $K \cdot dm^{-3}$), co świadczyć może o jego mobilności i podatności na wymywanie w głąb gleby nadwyżek potasu niepobranego przez rośliny z nawozów [Bartoszewicz 1994]. Zawartość PO_4^{3-} w badanych próbkach glebowych układała się podobnie jak potasu, aczkolwiek jego stężenie było stosunkowo niskie i wahało się w przedziale od 0,32 do 2,28 mg $P-PO_4^{3-} \cdot dm^{-3}$. Największe różnice ilościowe były zauważalne w poziomach wierzchnich pomiędzy poletkami bez nawożenia (0 NPK) oraz 2 NPK. Podobne, nieróżniące się istotnie zawartości fosforu w wierzchnich poziomach zaobserwowano w płodozmianie rzepakowo-zbożowym przy nawożeniu 2 NPK (2,28 mg $P-PO_4^{3-} \cdot dm^{-3}$) oraz 1 NPK (1,89 mg $P-PO_4^{3-} \cdot dm^{-3}$). Natomiast istotne różnice wystąpiły w kombinacji: nawożenie 0 NPK (1,25 mg $P-PO_4^{3-} \cdot dm^{-3}$) i 2 NPK (2,28 mg $P-PO_4^{3-}$) (tab. 3). Istotne statystyczne różnice w zawartości $P-PO_4^{3-}$ zaobserwowano również w płodozmianie paszowym pomiędzy zastosowanymi kombinacjami nawożeniowymi: (0 NPK 0,84 mg, 1 NPK 1,43 mg, 2 NPK 1,92 mg) (tab. 3).

Wieloletnie nawożenie mineralne oraz płodozmian wpłynęły na zróżnicowanie zawartości rozpuszczalnych form azotu mineralnego (NO_3^- i NH_4^+). Podobnie jak w przypadku omówionych wyżej składników poziom powierzchniowy charakteryzował się zdecydowanie większą koncentracją tych jonów niż warstwa głębokości 30–60 cm. Nie wystąpiły istotne statystycznie różnice pomiędzy kombinacjami nawożenia w płodozmianie paszowym (tab. 3). W próbkach glebowych pobranych z tego płodozmiaru uzyskano podobne, nieróżniące się istotnie zawartości $N-NH_4^+$. Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia Drzymały i in. [1998] o dodatnim wpływie lucerny na zwiększenie zawartości mineralnych związków azotu. Natomiast nawożenie w płodozmianie zbożowo-rzepakowym wpłynęło na istotne statystycznie zróżnicowanie zawartości kationu amonowego. Jego stężenie kształtowało się w zależności od poziomu nawożenia od 12,04 do 23,78 mg $N-NH_4^+ \cdot dm^{-3}$. Zawartość NH_4^+ na głębokości 30–60 cm była zdecydowanie mniejsza. W płodozmianie z lucerną uzyskano przy zastosowanych dawkach nawożeniowych podobne, nieróżniące się statystycznie zawartości. Natomiast różniły się one istotnie w płodozmianie zbożowo-rzepakowym zależnie od kombinacji nowożeniowej: 0 NPK – 1,12, 1 NPK – 2,58, 2 NPK – 3,21 mg $N-NH_4^+ \cdot dm^{-3}$. Zawartość azotu azotanowego była mniejsza niż jonu amonowego i kształtowała się w zakresie stężeń podawanych przez Łabętowicza dla gleb uprawnych [1995]. Rozpatrując jego występowanie w analizowanych próbkach glebowych uzyskano podobne relacje jak w przypadku formy azotu amonowego. Jednak istotne statystycznie zróżnicowanie jego stężeń zaobserwowano tylko w płodozmianie rzepakowo-zbożowym pomiędzy dawką 0 NPK (5,85 mg $N-NO_3^- \cdot dm^{-3}$) oraz dawką 2 NPK (16,36 mg $N-NO_3^- \cdot dm^{-3}$). Zawartość chlorków w wierzchnich poziomach kształtowała się w przedziale od 39,9 do 68,6 mg $Cl \cdot dm^{-3}$, mniejszymi stężeniami charakteryzowały się próbki z warstwy 30–60 cm. Wzrost nawożenia z dawki 0 NPK

do 1 NPK spowodował już istotne statystycznie różnice w zawartości tego anionu rozpuszczalnego w wodzie, natomiast dalszy wzrost nawożenia nie powodował statystycznie istotnego zwiększenia jego stężenia.

Zawartość kationów Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , które nie były wnoszone do gleb wraz z nawożeniem, była na podobnym poziomie podawanym przez Łąbętowicza [1995] oraz Smal [1999]. Nie wystąpiły istotne statystycznie różnice w koncentracji tych składników pomiędzy kombinacjami nawożenia w płodozmianie paszowym, natomiast w płodozmianie rzepakowo-zbożowym różnica istotna wystąpiła tylko pomiędzy stężeniem kationu wapnia w kontroli ($40,2 \text{ mg Ca}^{2+} \cdot \text{dm}^{-3}$) a jego stężeniem przy dawkach 1 i 2 NPK ($57,7$ oraz $57,3 \text{ mg Ca}^{2+} \cdot \text{dm}^{-3}$). Nie stwierdzono istotnego wpływu głębokości (0–30 i 30–60 cm) na zmiany koncentracji tych kationów. Uzyskano bowiem nieróżniące się istotnie zawartości we wszystkich kombinacjach (tab. 3).

WNIOSKI

1. Wieloletnie zróżnicowane nawożenie mineralne oraz płodozmian zastosowane przy rekultywacji osadów pogórnicych wpłynęły znacząco na wzrost zawartości substancji organicznej oraz przyswajalnych form potasu i fosforu. Największy wzrost zawartości węgla organicznego stwierdzono na poletkach z płodozmianem paszowym, natomiast przyswajalnych form P i K w glebie spod płodozmianu rzepakowo-zbożowego.
2. Średnie stężenia oznaczanych składników rozpuszczalnych w wodzie w badanych glebach, wyrażone w $\text{mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ tworzą następujące ciągi kationów: $\text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ i anionów: Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} .
3. Wieloletnie nawożenie mineralne przyczyniło się do wyraźnego, statystycznie istotnego wzrostu stężenia takich składników rozpuszczalnych w wodzie, jak: K^+ , PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- i Cl^- . Największy wpływ nawożenia mineralnego na wzrost koncentracji wymienionych składników pokarmowych stwierdzono w glebie z poletek, gdzie stosowany był płodozmian rzepakowo-zbożowy.
4. Zawartość w glebie rozpuszczalnych w wodzie składników pokarmowych w tzw. roztworze glebowym, takich jak: K^+ , PO_4^{3-} , NH_4^+ i NO_3^- oraz Cl^- , była największa w poziomach wierzchnich (0–30 cm) gleby, aczkolwiek przy wyższych dawkach NPK zaobserwowano niewielkie wzbogacenie gleby w warstwie głębokości 30–60 cm w potas i fosfor.

LITERATURA

- BARTOSZEWICZ A. 1994: Skład chemiczny wód powierzchniowych zlewni intensywnie użytkowanych rolniczo w warunkach glebowo-klimatycznych Równiny Kościańskiej. *Rocz. AR Poznań. Rozpr. Nauk* **250**: 1–68.
- BENDER J. 1995: Rekultywacja terenów pogórnicych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **418**: 75–86.
- DRZYMAŁA S., CIEŚLAK W., ZADROZIŃSKA A. 1998: Zawartość i rozmieszczenie składników rozpuszczalnych w wodzie w glebach pod wieloletnim doświadczeniem z różnymi uprawami i przy zróżnicowanym nawożeniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **458**: 341–349.
- GILEWSKA M. 1991: Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnicych na przykładzie KWB „Konin”. *Rozpr. Nauk AR Poznań* **211**.

- KABATA-PENDIAS A. 1972: Chemiczny skład roztworów glebowych. *Rocz. Glebozn.* **21**: 3–14.
- KOMISAREK J. 2000: Kształtowanie się właściwości gleb pływych i czarnych ziem oraz chemizmu wód gruntowych w katenie falistej moreny dennej Pojezierza Poznańskiego. *Rocz. AR Poznań Rozpr. Nauk.* **307**: 1–143.
- ŁABĘTOWICZ J. 1995: Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach glebowych i nawozowych. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 1–103.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 2004: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR Poznań: 1–416
- PEARSON R. 1971: Introduction to symposium – The Soil solution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **35**: 417–420.
- POLSKIE TOWARZYSTWO GLEBOZNAWCZE 2008: Projekt grupy roboczej pod kierunkiem dr hab. C. Kabały. 05.03.2008.
- SMAL H. 1999: Właściwości chemiczne roztworów glebowych gleb lekkich i ich zmiany pod wpływem zakwaszenia. *Rozpr. Nauk. AR Lublin* **230**: 1–108.
- SPYCHALSKI W., MOCEK A., GILEWSKA M. 2005: Potassium forms in soils formed from postmining lands. *Nawozy i nawożenie* **7**, 3: 124–132.
- SPYCHALSKI W., GILEWSKA M. 2007: Pierwiastki śladowe w glebach wytworzonych z gruntów pogórnich. Wydaw. IOŚ Warszawa nr 31: 108–113.
- WAŁNA B. 2007: Composition and soil water changes as a measure of atmospheric precipitation impact in forest ecosystem. *Cent.Europ. J. Chem.* **5**, 1: 349–383.

Dr inż. Waldemar Spychalski
Katedra Gleboznawstwa UP
ul.Szydłowska 50, 60-656 Poznań
e-mail spychal@au.poznzn.pl