

HENRYK GREINERT, ANDRZEJ GREINERT, MICHAŁ DRAB*

ZMIANY ZAWARTOŚCI FORM FOSFORU OZNACZONYCH W GRUNTACH POKOPALNIANYCH Z REJONU ŁĘKNICY

Streszczenie

Praca opisuje wyniki analiz zawartości fosforu, oznaczonego metodą Egnera-Riehma, w wyciągu 0,1M HCl oraz formy zbliżonej do ogólnej w glebach rekultywowanych hałd pokopalnianych z rejonu Łęknicy. Zawartość oznaczonych form fosforu, z wyjątkiem poziomów wierzchnich, była bardzo niska. Szczególnie niska była zawartość fosforu oznaczonego w wyciągu Egnera-Riehma. Przyczyn tego należy upatrywać w wyjątkowo niekorzystnych właściwościach gruntów, w dużej mierze za sprawą obecności w nich pirytu, silnie zakwaszającego materiał hałdowany.

Słowa kluczowe: fosfor glebowy, rekultywacja leśna, grunty pokopalniane

Wprowadzenie

Grunty terenów pokopalnianych powstałych w wyniku działalności wydobywczej węgla brunatnego byłej kopalni „Przyjaźń Narodów” w rejonie Łęknicy, w województwie lubuskim, charakteryzowały właściwości bardzo niekorzystne dla wzrostu i rozwoju roślin wyższych [Greinert 1988, Greinert i in. 2009]. Materiał zwałowy opisywanych terenów stanowiły przede wszystkim piaski mioceńskie z domieszkami węgla brunatnego i pirytu (FeS_2).

Skład granulometryczny gruntów klasyfikował je do grupy piasku gliniastego lekkiego. W gruntach stwierdzono niską pojemność wodną (poniżej 30% wag.), zawartość substancji organicznej od 1,2 do 6,3%, szeroki stosunek C:N (często powyżej 100:1). Zawartość ogólnych form makroskładników (poza potasem) była niska. Występujący w gruntach piryt powodował bardzo silne ich zakwaszenie (niekiedy poniżej 3,0 pH). Tak silne zakwaszenie mas gruntowych wywierało niewątpliwie wpływ na przemiany w nich składników mineralnych.

* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów

Celem niniejszej pracy było wskazanie zmian zawartości różnych form fosforu, oznaczonych w próbkach gruntów pobranych z poziomów i warstw profili glebowych pól nawożonych rekultywacyjnie. Sprawdzone oddziaływanie w tym zakresie zróżnicowanych dawek i kombinacji nawożenia mineralnego, zastosowanego pod uprawę sosny zwyczajnej.

Metodyka badań

Tereny pokopalniane zdecydowano rekultywować w kierunku leśnym. Grunty, po wyrównaniu, zwapnowano wapnem magnezowym, pochodzącym z Huty „Miasteczko Śląskie” w dawce $50 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz zastosowano mączkę fosforytową w dawce $5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a następnie posadzono drzewka sosny zwyczajnej.

W roku 1986, na nasadzeniach sosny założono doświadczenia: na polu „A”, na którym występowały sześćioletnie drzewka oraz na polu „B” z drzewkami dwuletnimi. Na obu polach w doświadczeniu zastosowano jednakowe warianty nawozowe, według schematu:

1. kontrola (bez nawożenia)
2. wapno magnezowe – $8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$
3. N – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
4. N – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K_2O – $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
5. N – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K_2O – $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
6. N – $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K_2O – $320 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
7. wapno magnezowe – $8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, N – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
8. wapno magnezowe – $8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, N – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K_2O – $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
9. wapno magnezowe – $8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, N – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K_2O – $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
10. wapno magnezowe – $8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, N – $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K_2O – $320 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Wapno stosowano jednorazowo w listopadzie 1986 roku, pozostałe składniki stosowano wiosną w latach: 1987, 1988 i 1989, w formach:

N – saletry amonowej;

P – superfosfatu pojedynczego;

K – soli potasowej 50%.

Jesienią roku 2004 wykonano odkrywki glebowe na poszczególnych poletkach doświadczalnych. Z profili glebowych pobrano uśrednione próbki gruntu, z głębokości: 0-3 cm, 3-8 cm, 8-15 cm, 15-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm (pole „B”), 50-100 cm (pole „A”). W próbkach oznaczono między innymi zawartość fosforu w wyciągu Egnera-Riehma [Mocek i in. 2000], w wyciągu 0,1M HCl (uniwersalny wyciąg w badaniach amerykańskich) [Page i in. 1982] oraz po spaleniu w wodzie królewskiej [McGrath and Cunliffe 1985]. Uzyskane wyniki

poddano analizie statystycznej, wyliczając współczynniki korelacji kolejności Spearmana.

Wyniki badań

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość oznaczonych form fosforu w profilach glebowych była bardzo niska. Najwięcej fosforu (we wszystkich formach) stwierdzono w poziomach powierzchniowych – ściółki leśnej (0-2, 0-3 cm) oraz zalegających bezpośrednio pod nią (2-4 cm). W próbkach pobranych z głębszych warstw zawartość opisanych form fosforu silnie spadała. Największe spadki zawartości dotyczyły fosforu oznaczonego w wyciągu mleczanowym, stosowanym w metodzie Egnera-Riehma.

Zgodnie z oczekiwaniami, zawartość fosforu zbliżona do ogólnej w badanych gruntach była najwyższa. Dużo mniej stwierdzono fosforu oznaczonego w wyciągu 0,1M HCl (tzw. zapasu glebowego), a najmniej oznaczonego w wyciągu mleczanowym. Średni udział form fosforu, oznaczonego w wyciągu mleczanowym w stosunku do formy zbliżonej do ogólnej kształtował się od około 10 do 20%. Forma fosforu, oznaczona w wyciągu 0,1M HCl, stanowiła średnio od kilkunastu do 60% formy fosforu zbliżonej do ogólnej.

Średnia zawartość wszystkich oznaczonych form fosforu w próbkach gruntu, pobranych z profili pola „B”, z nasadzeniami drzew młodszych, była wyższa niż zawartość analogicznych form z pola „A” – starsze nasadzenia drzew.

Wyniki analiz nie wykazały wyraźnego wpływu następczego zastosowanych przed 18 laty wariantów nawozowych na analizowaną zawartość form fosforu. Jednakże obliczone współczynniki korelacji kolejności Spearmana (r_s) dla zawartości form fosforu (tab. 2) wskazują na podobne zależności pomiędzy nimi w wielu przypadkach. Najwięcej przypadków istotnej zależności stwierdzono pomiędzy zawartością fosforu oznaczonego w wyciągu mleczanowym i w 0,1M HCl w próbkach pobranych z pola „B”. Wykazano tutaj aż 7 na 10 istotnych bądź wysoce istotnych zależności. Najmniej przypadków podobnej zależności stwierdzono pomiędzy zawartością fosforu oznaczonego w wyciągu mleczanowym, a zawartością fosforu zbliżonego do ogólnego w próbkach z pola „A”. Na podkreślenie zasługuje duża ilość istotnych zależności pomiędzy zawartością form fosforu w próbkach pobranych z profili glebowych poletek nawożonych przed 18 laty wariantem Ca + 2NPK (pole „A”) oraz Ca + NPK (pole „B”).

Tab. 1. Zawartość fosforu oznaczonego kolejnymi metodami, w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
 Tab. 1. Phosphorous content determined with following methods, in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Pole "A" - Field "A"					Pole "B" - Field "B"				
Profil, nawożenie Soil section, fertilizing	Głębokość Depth (cm)	ER	P	PT	Profil, nawożenie Soil section, fertilizing	Głębokość Depth (cm)	ER	P	PT
A1 Kontrola Control	0-3	52	130	584	B1 Kontrola Control	0-2	72	172	800
	3-8	10	26	40		2-4	48	68	480
	8-15	8	9	64		4-6	9	52	110
	15-25	12	18	27		6-15	8	25	85
	25-50	6	15	32		15-25	2	20	70
	50-100	3	8	12		25-50	1	15	35
	średnia (mean)	15,2	34,3	126,5		50-75	3	10	80
A2 Ca	0-2	46	183	246	średnia (mean)	20,4	51,7	237,1	
	2-8	0	55	58	B2 Ca	0-2	76	123	530
	8-15	0	19	28		2-6	26	146	250
	15-25	4	31	36		6-15	15	48	65
	25-50	0	9	26		15-25	17	28	80
	50-100	3	14	52		25-50	19	32	70
	średnia (mean)	8,8	51,8	74,3		50-75	10	16	80
A3 NP	0-2	58	199	470		średnia (mean)	27,2	65,5	179,2
	2-8	2	14	126	B3 NP	0-2	148	164	660
	8-15	2	12	50		2-4	54	83	260
	15-25	4	19	30		4-15	20	40	50
	25-50	3	16	25		15-25	15	26	50
	50-100	0	10	20		25-50	19	43	70
	średnia (mean)	11,5	45,0	120,2		50-75	15	26	110
A4 NK	0-3	75	136	236		średnia (mean)	45,2	63,7	200,0
	3-8	4	34	55	B4 NK	0-3	100	144	1240
	8-15	0	25	45		3-8	50	81	540
	15-25	0	25	30		8-15	10	12	50
	25-50	6	25	30		15-25	8	10	50
	50-100	0	23	38		25-50	0	4	50
	średnia (mean)	14,2	44,7	72,3		50-75	11	12	55

A5 NPK	0-3	65	90	444	B5 NPK	średnia (mean)	29,8	43,8	330,8
	3-8	14	22	108		0-2	78	120	530
	8-15	16	18	22		2-4	32	94	550
	15-25	3	13	28		4-8	15	24	125
	25-50	1	13	18		8-15	0	24	110
	50-100	2	12	18		15-25	0	0	90
	średnia (mean)	16,8	28,0	106,3		25-50	0	0	80
A6 2NPK	0-3	88	122	580	B6 2NPK	50-75	1	0	65
	3-8	8	21	44		średnia (mean)	18,0	37,4	221,4
	8-15	4	23	36		0-2	98	172	620
	15-25	6	6	32		2-4	19	28	260
	25-50	3	15	38		4-8	9	21	85
	50-100	1	3	20		8-15	0	3	45
	średnia (mean)	18,3	31,7	125,0		15-25	1	0	40
A7 Ca+NP	0-3	72	147	530	B7 Ca+NP	25-50	0	4	50
	3-8	7	22	36		50-75	0	14	10
	8-15	1	21	25		średnia (mean)	18,1	34,5	157,9
	15-25	4	14	20		0-2	56	160	900
	25-50	3	7	70		2-4	18	46	320
	50-100	3	5	14		4-8	10	14	60
	średnia (mean)	15,0	36,0	115,8		8-15	3	8	110
A8 Ca+NK	0-2	76	96	352	B8 Ca+NK	15-25	1	12	120
	2-8	4	7	14		średnia (mean)	17,6	48,0	302,0
	8-15	0	12	30		0-2	40	76	560
	15-25	4	16	18		2-4	36	82	560
	25-50	4	18	25		4-8	5	38	90
	50-100	4	22	26		8-15	2	2	80
	średnia (mean)	15,3	28,5	77,5		15-25	3	6	60
A9 Ca+NPK	0-2	76	137	486	B9 Ca+NPK	25-50	2	6	75
	2-8	24	22	114		50-75	4	10	80
	8-15	17	44	60		średnia (mean)	13,1	31,4	215,0
	15-25	5	17	18		0-2	52	131	460
	25-50	5	9	26		2-4	52	80	610
	50-100	8	12	18		4-8	9	16	95
	średnia (mean)	22,5	40,2	120,3		8-15	6	9	55

A10 Ca+2NPK	0-3	106	146	594	B10 Ca+2NPK	15-25	2	4	65
	3-8	34	64	122		25-50	2	4	50
	8-15	8	20	38		50-75	2	4	50
	15-25	3	14	20		średnia (mean)	17,9	35,4	197,9
	25-50	5	22	28		0-2	60	80	480
	50-100	8	43	46		2-15	10	16	50
	średnia (mean)	27,3	51,5	141,3		15-25	0	4	70
średnia z pola field mean value	16,5	39,2	107,0	25-50	0	7	50		
				średnia (mean)	17,5	26,8	162,5		
				średnia z pola field mean value	22,5	43,8	220,4		

ER – forma w wyciągu Egnera-Riehma; Egner-Riehm form

P – forma w wyciągu 0,1M HCl; solved in 0,1M HCl

PT – w wodzie królewskiej (forma zbliżona do ogólnej); solved in Aqua Regia (subtotal form)

Tab. 2. Współczynniki korelacji kolejności (r_s) dla zawartości form fosforu

Tab. 2. Spearman correlation factors (r_s) for the phosphorous forms content

nawożenie fertilization	Pole "A" – Field "A"			Pole "B" – Field "B"		
	1x2	1x3	2x3	1x2	1x3	2x3
Kontrola (Control)	0,89*	0,60	0,60	0,89*	1,00**	0,89*
Ca	0,35	0,29	0,83*	0,78	0,69	0,46
NP	0,89*	0,55	0,53	0,95**	0,78	0,83*
NK	0,89*	0,60	0,83*	0,92*	0,52	0,78
NPK	0,78	0,69	0,92*	0,91*	0,52	0,36
2NPK	0,72	0,78	0,83*	0,52	0,86*	0,77
Ca+NP	0,66	0,55	0,66	0,90*	0,60	0,60
Ca+NK	0,29	0,12	0,66	0,95**	0,87*	0,89*
Ca+NPK	0,74	0,94**	0,69	0,98**	0,87*	0,84*
Ca+2NPK	0,86*	0,92*	0,94**	0,85*	0,76	0,40

* zależność istotna ($\alpha=0,05$), important dependence ($\alpha=0,05$)

** zależność wysoce istotna ($\alpha=0,01$), very important dependence ($\alpha=0,01$)

1 – zawartość fosforu wg metody Egnera-Riehma, Egner-Riehm form

2 – zawartość fosforu w wyciągu 0,1M HCl, solved in 0,1M HCl

3 – zawartość zbliżona do ogólnej, subtotal content

Dyskusja wyników

Gleby pokopalniane powstałe w wyniku eksploatacji węgla brunatnego w rejonie Łęknicy charakteryzuje bardzo niska zasobność w fosfor. Podobnie niskie wartości w gruntach pokopalnianych były stwierdzone przez Krzaklewskiego i in. [1979] oraz Marcinonis [2002]. Sytuacji w tym zakresie nie poprawiło rekultywacyjne nawożenie mączką fosforytową powierzchni zwałowiska w pierwszej fazie działań. Dawka $5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, zastosowana przed posadzeniem sosen (uzupełniona później nawożeniem superfosfatem), okazała się krótkotrwale regulującą zasobność gruntu. Odnotowano przy tym bardzo słabą zdolność przemieszczania się fosforu w głąb gruntu, czego efektem jest skrajnie niska zasobność głębszych jego partii [Greinert 1988].

Niska zasobność fosforu w formie zbliżonej do ogólnej przekłada się na niską zawartość tego pierwiastka także w formach przyswajalnych dla roślin. Sytuacje pogarszają w tym zakresie bardzo niekorzystne właściwości badanych gruntów, jak: wysoka zawartość glinu i żelaza oraz bardzo niski odczyn. Wymienione warunki potęgują zjawisko retrogradacji, czyli uwsteczniania fosforu, co zmniejsza wydatnie jego biodostępność [Greinert i in. 2009, Krzaklewski i in. 1997, Drab i in. 2005, Sychalski i in. 2005].

Ograniczająco na zjawisko retrogradacji w badanych utworach wpływa materia organiczna, co stwierdzić można w powierzchniowych poziomach kształtujących się profili glebowych. Według Gorlacha i Mazura [2002] oraz Zaujca [2007], substancja organiczna, poprzez możliwość helatowania jonów Al^{3+} oraz Fe^{3+} , zapobiega wytrącaniu się fosforanów żelaza i glinu – trudno rozpuszczalnych w wodzie.

Wnioski

Uzyskane wyniki badań upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

- zawartość oznaczonych form fosforu w badanych gruntach zwałowych była bardzo niska;
- najwięcej fosforu, bez względu na oznaczoną formę, zawierały poziomy powierzchniowe kształtujących się gleb (ściółka leśna);
- najmniejszą zawartość wykazano posługując się wyciągiem Egnera-Riehma, przy tym wyraźnie zmniejszała się ona wraz z głębokością zalegania materiału gruntowego;
- nie stwierdzono znaczącego wpływu następczego nawożenia mączką fosforytową, wykonanego przed 18 laty, na zawartość oznaczonych form fosforu w próbkach gruntowych.

Literatura

1. DRAB M., GREINERT H., GREINERT A.: *Rekultywacja leśna zwałowisk piasków mioceńskich - cz. II: zmiany właściwości materiału glebowego* [W:] II Kongres Inżynierii Środowiska / red. L. Pawłowski, M. Dudzińska, A. Pawłowski. T. 2, (Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN; nr 33), Wydaw. Drukarnia LIBERO DUO s.c. Lublin 2005, s. 211-218
2. GORLACH E., MAZUR T.: *Chemia rolna*. PWN Warszawa 2002
3. GREINERT H.: *Charakterystyka właściwości gleb powstałych w wyniku rekultywacji terenów po eksploatacji węgla brunatnego w rejonie Łęknicy*. Zesz. Nauk. WSIInż. 84, Inżynieria Środowiska 4, Zielona Góra 1988, s. 93-103
4. GREINERT H., DRAB M., GREINERT A.: *Studia nad efektywnością leśnej rekultywacji zwałowisk fitotoksycznie kwaśnych piasków mioceńskich po byłej kopalni węgla brunatnego w Łęknicy*. Monografia. Ofic. Wyd. Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra 2009
5. KRZAKLEWSKI W., KOWALIK S., WÓJCIK J.: *Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego*. Monografia. AGH Kraków 1977
6. McGRATH S.P., CUNLIFFE C.H.: *A simplified method for the extraction of the metals Fe, Zn, Ni, Pb, Cr, Co, Mn from soils and sewage sludges*. J. Sci Food Agric, 36, 794-8, 1985.
7. MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P.: *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 2000
8. NIETRZEBA-MARCINONIS J.: *Wpływ rekultywacji leśnej terenów pokopalnianych na wybrane właściwości gleb inicjalnych na przykładzie zwałowiska nadkładu kopalni węgla brunatnego Turów S.A.* praca doktorska; Uniwersytet Zielonogórski, 2006
9. PAGE A.L., MILLER R.H., KEENEY D.R. (Eds.): *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods*. American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, 323-336, Madison, WI, 1982.
10. SPYCHAŁSKI W., MOCEK A., GILEWSKA M.: *Zawartość form fosforu w glebach wytworzonych z gruntów pogórnicznych*. [W:] *Obieg pierwiastków w przyrodzie*, red.: Gworek B. Monografia, t. III, Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa 2005, s. 120-125
11. ZAUJEC A.: *Funkcje materii organicznej w obiegu związków węgla i żywności gleb*. [W:] *Rola materii organicznej w środowisku*. red.: Gonet S.S., Markiewicz M. PTSH Wrocław 2007

CHANGES OF PHOSPHOROUS FORMS CONTENT IN POST-MINING GROUNDS IN ŁĘKNICA LOCALITY

S u m m a r y

In presented paper the results of phosphorus content in the post-mining grounds from the Łęknica locality, analyzed with the Egner-Riehm method, in 0,1 M HCl extract and subtotal form have been described. The content of appointed phosphorus forms, with except of top horizons, was very low. Phosphorus form content, appointed in the Egner-Riehm extract has been especially low. Causes of this were exceptionally unfavourable proprieties of soils, in large measure caused by the pyrite presence in them, strongly acidifying dumped material.

Key words: phosphorous in soils, forest reclamation, post-mining areas