

Wpłynęło 11.07.2013 r.
Zrecenzowano 16.09.2013 r.
Zaakceptowano 18.09.2013 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA I UWILGOTNIENIA NA ZAWARTOŚĆ FOSFORU W GLEBIE I RUNI ŁĄKI TRWAŁEJ GRĄDOWEJ

Michał MENDRA^{ABDEF}, **Małgorzata DUCKA**^{ACDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych

Streszczenie

Badania prowadzono na łące trwałej położonej w siedlisku łąkowym, na czarnej ziemi zdegradowanej w Falentach, w latach 2009–2011. Czynniki badawczymi były cztery poziomy nawożenia mineralnego i dwa nawożenia naturalno-mineralnego w warunkach optymalnego uwilgotnienia (obiekty nawadniane) i okresowych niedoborów wody (bez nawodnień). Dodatkowo ustanowiono obiekt nawożony dawką azotu $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, na którym od 1997 r. zaniechano nawożenia fosforem.

Celem pracy była ocena wpływu nawożenia mineralnego i naturalno-mineralnego oraz stanu uwilgotnienia gleby na zawartość fosforu w runi łąkowej i zasobność gleby w ten składnik.

Nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu obiektu pozbawionego nawożenia fosforem (N-180bis), w porównaniu z innymi obiektami, na których stosowany był ten składnik oraz taka sama dawka azotu w formie mineralnej (N-180) i naturalno-mineralnej (G1). W trakcie badań stwierdzono wyraźną tendencję obniżania się odczynu na wszystkich obiektach nawożonych w obu badanych warstwach gleby. Najmniejsze wartości pH stwierdzono na obiektach o najwyższych dawkach azotu w formie mineralnej (N-240). Nawożenie gnojówką łagodziło skutki zakwaszenia badanej gleby na obiektach doświadczenia, stabilizując jej odczyn.

Badana gleba uplasowała się w zakresie dużej zasobności w fosfor, nawet na obiekcie, na którym od 14 lat nie stosowano nawożenia tym składnikiem. Zawartość fosforu w runi z obiektów nawożonych fosforem przekraczała granice optymalnej zawartości. Niewiele mniejszą zawartość fosforu, mieszczącą się w granicach optimum, oznaczono w runi z obiektów pozbawionych nawożenia fosforowego.

Słowa kluczowe: fosfor, łąka trwała, nawozy mineralne, nawozy naturalne

Do cytowania For citation: Mendra M., Ducka M. 2013. Wpływ zróżnicowanego nawożenia i uwilgotnienia na zawartość fosforu w glebie i runi łąki trwałej łąkowej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 3(43) s. 105–114.

WSTĘP

Racjonalne nawożenie użytków zielonych oraz dostateczne uwilgotnienie gleby są konieczne do uzyskania zadawalającej ilości plonów o odpowiedniej jakości. Jednym z czynników oceny jakości pasz jest zawartość fosforu w roślinności. Funkcje fizjologiczne fosforu są szeroko opisane w literaturze [ČERMÁK i in. 2002; GAJ, GRZEBISZ 2003]. Pierwiastek ten bierze udział w regulowaniu gospodarki energetycznej roślin, w procesach oddychania, w metabolizmie azotu oraz w gospodarce wodnej. U bydła jego niedobór powoduje utratę apetytu, chudnięcie, łamliwość kości, zaburzenia w wydajności mleka oraz w rozrodzie. Z drugiej strony, nadmierne ilości tego składnika w paszy przyczyniać się mogą do niedoborów wapnia u zwierząt. Zawartość tego pierwiastka w glebie wpływa na wzrost jej aktywności mikrobiologicznej i biochemicznej, a w konsekwencji na przemiany i dostępność innych składników pokarmowych. Jednak nadmierne stosowanie nawozów fosforowych może doprowadzić do nagromadzenia fosforu w glebie, niepotrzebnego do prawidłowego wzrostu roślin i powodującego eutrofizację środowiska [SAPEK 2008]. Obecne kierunki badań naukowych nad fosforem skoncentrowane są głównie na wyznaczeniu optymalnego poziomu P w glebie, który gwarantowałby stabilny i wysoki plon, oraz zwiększeniu efektywności wykorzystania tego składnika.

Celem pracy była ocena wpływu nawożenia mineralnego i naturalno-mineralnego oraz stanu uwilgotnienia gleby na zawartość fosforu w runi łąkowej i zasobność gleby w ten składnik.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Obiektem badawczym była łąka trwała położona w siedlisku łąkowym, na czarnej ziemi zdegradowanej w Falentach. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. Badania prowadzono w latach 2009–2011. Czynnikiem badawczym były cztery poziomy nawożenia mineralnego i dwa nawożenia naturalno-mineralnego (tab. 1), w warunkach optymalnego uwilgotnienia (nawadniane) i okresowych niedoborów wody (bez nawodnień). Dodatkowo ustanowiono obiekt nawożony dawką azotu $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, na którym od 1997 r. zaniechano nawożenia fosforem (N-180bis). Na wszystkich obiektach powierzchnia poletek wynosiła 27 m^2 ($4 \text{ m} \times 6,75 \text{ m}$). Teren pod doświadczeniem był zdrenowany (ok. 1,80 m), co bardzo obniżyło poziom wody gruntowej i wyeliminowało jej podsiąk do warstwy korzeniowej. Nawodnienia deszczowniane, z wykorzystaniem rurociągów PCW, z odpowiednio rozmieszczonymi zraszaczami typu Motyl, zapewniały ich równomierność.

Nawożenie mineralne obejmowało nawożenie azotowe stosowane w formie saletry amonowej (34,5% N), fosforowe w formie superfosfatu potrójnego (46%

Tabela 1. Schemat nawożenia na poszczególnych obiektach**Table 1.** The scheme of meadow fertilisation

Obiekty nawozowe Fertilisation objects		Zastosowane dawki, kg·ha ⁻¹ Fertilisation dose, kg·ha ⁻¹		
		N	P	K
N-60		60	10,9	33,2
N-120	nawożenie mineralne mineral fertilisation	120	21,8	66,4
N-180		180	31,7	99,6
N-180bis		180	0	99,6
N-240		240	43,6	132,8
G1	nawożenie naturalno-mineralne	180	31,7	99,6
G2	organic-mineral fertilisation	240	43,6	132,8

Źródło: opracowanie własne. Source: own studies.

P₂O₅) i potasowe w postaci soli potasowej (57% K₂O). Nawożenie naturalno-mineralne stosowano w formie nawozu naturalnego – gnojówki bydłowej, pokrywającej potrzeby względem potasu, zaś azot i fosfor był uzupełniany do pełnej dawki przez zastosowanie superfosfatu i saletry amonowej.

W gnojówce każdorazowo przed zastosowaniem była określana zawartość suchej masy oraz azotu, fosforu i potasu. Nawożenie gnojówką oraz azotem i potasem stosowane było w 3 dawkach pod każdy pokos, a fosfor jednorazowo wiosną.

Na obiektach o okresowych niedoborach wodnych ruń łąkowa korzystała z jej zasobów w profilu gleby, uzupełnianych występującymi opadami atmosferycznymi.

Nawodnienia na obiektach nawadnianych były wykonywane w zależności od potrzeb w okresie od maja do września, gospodarując zasobami wody w górnych warstwach gleby, w przedziale 60–100% jej połowej pojemności wodnej (PPW), określanej na podstawie aktualnego uwilgotnienia gleby, stosując każdorazowo dawki polewowe w ilości 20 mm.

Warunki wilgotnościowe monitorowano aparaturą do pomiarów wilgotności gleby z czujnikami (Em 50) na głębokościach 10–15, 25–30 i 40–45 cm.

Poziomy plonowania na poszczególnych obiektach określono na podstawie zbioru kolejnych odrostów. W celu określenia suchej masy oraz zawartości fosforu w roślinności łąkowej wykorzystano próbki z trzech odrostów runi. Próbkę gleby na zawartość mineralnych form fosforu pobierano wiosną, przed ruszeniem wegetacji oraz po kolejnych odrostach runi. Prezentowane dane stanowią średnie roczne ich wartości. Zawartość fosforu w runi oznaczano po jej mineralizacji w mieszaninie stężonych kwasów – azotowego, nadchlorowego i siarkowego. Oznaczenie zasobności fosforu ogólnego w próbkach gleby i roślinności wykonano metodą kolorymetryczną, za pomocą analizatora przepływowego Skalar. Oznaczenie ogólnej zasobności gleby w fosfor wykonano w wyciągu 0,5 M HCl metodą opracowaną przez OKRUSZKĘ i WALCZYŃĘ [1970].

Uzyskane dane dotyczące plonowania, zawartości fosforu w runi oraz zasobności gleby w ten składnik poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji za pomocą programu Statistica, modułu Anova/Manova. Porównania średnich i podziału na grupy jednorodne dokonano testem T-Tukeya (HSD) na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Na większości obiektów stwierdzono istotne różnice w plonowaniu między porównywanymi poziomami nawożenia (tab. 2). Najmniejsze plony uzyskano na najniższym poziomie nawożenia mineralnego (N-60), niezależnie od nawodnień. Istotny wzrost plonów w porównaniu do niego w kolejnych latach, stwierdzono na wszystkich obiektach, nawadnianych oraz bez nawodnień, o wyższych poziomach nawożenia mineralnego oraz naturalno-mineralnego. Istotne zwiększenie plonów na obiekcie nawadnianym stwierdzono wyłącznie na G2 (poza 2010 r.), w porównaniu z pierwszym poziomem jego nawożenia (G1). Największe plony suchej masy w 2009 r., istotnie większe w porównaniu z wszystkimi niższymi poziomami, uzyskano na najwyższym poziomie zarówno nawożenia mineralnego (N-240), jak i naturalno-mineralnego (G2). Największe plony na wszystkich obiektach, wykazujące tendencję wzrostu wraz z poziomem nawożenia, uzyskano w 2010 r., co wynikało z korzystnego rozkładu oraz dużej ilości opadów w tym roku. Na taki związek plonowania z wysokością opadów wskazuje SAPEK i in. [2002]. Uzyskane dane świadczą o podobnym plonotwórczym działaniu gnojówki w 2009 oraz 2010 r., jak saletry amonowej, co znajduje potwierdzenie w badaniach WESOŁOWSKIEGO [2003]. Przyczyną znacznego spadku plonowania w 2011 r., niezależnie od nawodnień oraz nawożenia, należy upatrywać w dużym zwiększeniu się udziału w runi mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), szczawiu zwyčajnego (*Rumex acetosa* L.) oraz szczawiu tępolistnego (*Rumex obtusifolius* L.) [DUCKA, BARSZCZEWSKI 2012]. Na wyraźny związek zmniejszonego plonowania ze znacznym wzrostem udziału tych chwastów wskazują badania GŁOWACKIEGO [2007].

Nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu obiektu pozbawionego nawożenia fosforem (N-180bis), w porównaniu z innymi obiektami, na których stosowany był ten składnik oraz taka sama dawka azotu w formie mineralnej (N-180) i naturalno-mineralnej (G1). Można przypuszczać, podobnie jak twierdzą SAPEK A. i SAPEK B. [2006], że fosfor nagromadzony w glebie jest wykorzystywany przez rośliny do uzyskania wysokich plonów również po zaniechaniu nim nawożenia.

Gleba badanych obiektów charakteryzowała się odczynem kwaśnym i bardzo kwaśnym (tab. 3). Wartość pH, mierzzonego w KCl, wynosiła od 3,25 do 5,65 w warstwie 0–10 cm oraz od 4,15 do 5,86 w warstwie 10–20 cm.

Tabela 2. Plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od formy oraz poziomu nawożenia azotem**Table 2.** Dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) in relation to the form and dose of nitrogen fertilisation

Nawadnianie Irrigation	Lata Years	Nawożenie mineralne Mineral fertilisation					Nawożenie naturalno-mineralne Organic-mineral fertilisation		NIR _{0,05} LSD _{0,05}
		N-60	N-120	N-180	N-180bis	N-240	G1	G2	
Nawadniane Irrigated	2009	6,41	8,70	9,82	9,81	10,99	9,33	11,25	1,40
	2010	7,49	9,80	10,01	10,06	11,32	10,18	11,39	1,98
	2011	5,43	8,12	9,04	8,10	8,65	8,25	9,41	1,11
Bez nawodnień Not irrigated	2009	5,70	8,01	9,38	9,49	9,55	7,84	9,98	2,04
	2010	7,84	10,03	11,52	10,72	11,45	10,30	11,38	1,67
	2011	5,33	7,80	8,35	8,00	8,41	9,05	7,73	0,63

Objaśnienie: NIR_{0,05} – najmniejsza istotna różnica, gdy $p = 0,05$.

Explanation: LSD_{0,05} – least significant difference at $p = 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 3. Wartości pH (KCl) wierzchnich warstw gleby, w zależności od formy oraz poziomu nawożenia azotem, na obiektach nawadnianych oraz bez nawodnień**Table 3.** pH (KCl) in the upper soil layers in relation to the form and amount of nitrogen fertilisation on irrigated and not irrigated objects

Obiekty nawozowe Fertilisation objects	Warstwa Layer cm	pH					
		nawadniane irrigated			bez nawodnień not irrigated		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011
N-60	0–10	5,47	5,40	5,43	5,53	5,43	5,25
	10–20	5,65	5,62	5,56	5,66	5,63	5,60
N-120	0–10	5,24	5,24	5,16	5,18	5,32	5,00
	10–20	5,47	5,46	5,47	5,54	5,52	5,30
N-180	0–10	4,66	4,78	4,77	4,51	4,97	4,33
	10–20	5,29	5,32	5,36	5,28	5,41	5,14
N-180bis	0–10	4,22	4,50	4,46	4,14	4,71	4,10
	10–20	5,15	5,08	5,12	5,24	5,29	4,96
N-240	0–10	3,46	3,68	3,96	4,50	3,71	3,25
	10–20	4,37	4,78	4,72	5,25	4,85	4,15
G1	0–10	5,37	5,28	5,24	5,43	5,32	4,89
	10–20	5,59	5,58	5,51	5,63	5,57	5,37
G2	0–10	4,85	4,87	4,68	5,28	4,79	4,51
	10–20	5,18	5,35	5,17	5,61	5,33	5,32

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

W trakcie trzech lat badań odczyn gleby zbliżony do poziomu optymalnego dla użytków zielonych położonych na glebach mineralnych, który, jak podaje SAPEK [1993] mieści się w zakresie pH 5,5–6,0, utrzymywał się jedynie na nawadnianych obiektach o najniższym poziomie nawożenia mineralnego (N-60). W warunkach niskiego pH gleby, żelazo i glin wiążą fosfor w związki niedostępne dla roślin. Zmienia się także dostępność innych składników pokarmowych. Jak uważają KOPEĆ i GONDEK [2010] oraz SAPEK [2010], optymalny dla użytków zielonych odczyn gleby jest jednym z podstawowych warunków właściwego gospodarowania glebowymi zasobami składników pokarmowych roślinności łąkowej. Stąd może wynikać brak wyraźnego wzrostu plonowania obiektów G2 i N-240, na których notowano niższe pH w porównaniu odpowiednio z obiektami G1 i N-180.

W trakcie badań stwierdzono wyraźną tendencję obniżania się odczynu wraz ze wzrostem poziomu nawożenia, zarówno w warstwie gleby 0–10 cm, jak i 10–20 cm (tab. 3). Najmniejsze wartości pH stwierdzono na obiektach o najwyższych dawkach azotu w formie mineralnej (N-240). Nawożenie gnojówką łagodziło skutki zakwaszenia badanej gleby na obiektach doświadczenia, stabilizując jej odczyn.

Na obiektach nawadnianych notowano wyraźnie wyższe pH gleby w porównaniu z tymi bez nawodnień, co może wynikać, jak podaje SAPEK i in. [2003], ze znacznego wnoszenia wapnia z wodą używaną w nawodnieniach.

Wszystkie obiekty, w całym okresie badań (tab. 4), w warstwie gleby 0–10 cm, wykazywały zasobność w fosfor od 0,18 (obiekt N-180bis) do 0,53 g·kg⁻¹ s.m. gleby (obiekt N-240), podczas gdy wartością graniczną dla jego dużej zasobności w glebach mineralnych, jak podają SAPEK B. i SAPEK A. [1997] jest 0,16 g P·kg⁻¹. Badana gleba uplasowała się w zakresie dużej zasobności w fosfor, również na obiekcie, na którym od 14 lat nie stosowano nawożenia tym składnikiem. Tak duże nagromadzenie tego składnika w glebie nie wpływało znacząco na wzrost plonów, mogło natomiast stwarzać ryzyko zanieczyszczenia wód powierzchniowych [SAPEK 2008]. Największą zasobnością charakteryzowała się gleba obiektów nawożonych najwyższą dawką nawozów mineralnych (N-240). Jak podają SAPEK B. i SAPEK A. [2006] nawożenie azotem sprzyja uwalnianiu z materii organicznej anionów organicznych, które biorą udział w rozpuszczaniu nieorganicznych form fosforu w kwasach produkowanych przez mikroorganizmy glebowe. Proces ten zachodzi głównie w strefie korzeniowej, czego potwierdzeniem jest notowana w badaniach zasobność w fosfor warstwy 10–20 cm, która była niższa niż w warstwie 0–10 cm, bardziej wyrównana i w mniejszym stopniu zależna od stosowanego nawożenia. Jak zaznacza HAYGARTH [2000], intensywniejsza mineralizacja organicznych związków fosforu, zachodząca w kilkucentymetrowej, wierzchniej warstwie gleby wynika ze znacznie większej niż w głębszych warstwach jej aktywności mikrobiologicznej, a maleje wraz z głębokością (tab. 4).

W runi z obiektów bez nawodnień (tab. 5) zawartość fosforu wahała się od 2,91 (N-180bis) do 4,01 g·kg⁻¹ s.m. (G2), a w runi z obiektów nawadnianych od 3,10 (N-180bis) do 4,11 g·kg⁻¹ s.m. (N-120). Według FALKOWSKIEGO [1983], op-

Tabela 4. Zasobność gleby w fosfor (g P·kg⁻¹ s.m.) na obiektach bez nawodnień i nawadnianych, w zależności od formy i dawki nawożenia**Table 4.** Changes in the phosphorus content (g P·kg⁻¹ DM) in soil layers in relation to the form and amount of nitrogen fertilisation on irrigated and not irrigated objects

Warstwa gleby Soil layer cm	Nawadnianie Irrigation	Lata Years	Obiekty nawozowe Experimental objects							NIR _{0,05} LSD _{0,05}
			nawożenie mineralne mineral fertilisation					nawożenie naturalno-mineralne organic-mineral fertilisation		
			N-60	N-120	N-180	N-180bis	N-240	G1	G2	
0–10	nawadniane irrigated	2008	0,35b	0,32b	0,38bc	0,20a	0,46c	0,34b	0,41b	0,10
	bez nawodnień not irrigated	2011	0,34ab	0,34ab	0,38b	0,20a	0,53c	0,40bc	0,42bc	0,15
	nawadniane irrigated	2011	0,33b	0,30b	0,33b	0,18a	0,40b	0,36b	0,38b	0,12
10–20	nawadniane irrigated	2008	0,28	0,26	0,28	0,25	0,30	0,29	0,26	0,10
	bez nawodnień not irrigated	2011	0,32	0,29	0,33	0,26	0,38	0,31	0,29	0,17
	nawadniane irrigated	2011	0,30	0,27	0,31	0,25	0,33	0,27	0,25	0,14

Objaśnienie: NIR_{0,05} – najmniejsza istotna różnica, gdy $p = 0,05$.

Explanation: LSD_{0,05} – least significant difference at $p = 0,05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

tymalna zawartość fosforu w 1 kg suchej masy paszy powinna wynosić 3,0–3,5 g, zaś DOMAŃSKI [1999] zwiększa ten zakres od 2,8 do 3,6 g·kg⁻¹ s.m. Odnosząc się do tych danych należy stwierdzić, że zawartość fosforu w runi z analizowanych obiektów (tab. 5) nawożonych fosforem, przekraczała te granice, wahając się od 3,56 g do 4,11 g·kg⁻¹ s.m. Tylko niewiele mniejszą zawartość fosforu, mieszczącą się w granicach optimum, oznaczono w runi z obiektów pozbawionych nawożenia fosforowego. Można więc, w warunkach gleb zasobnych w fosfor, uzyskać właściwą jego zawartość w paszy, nawet przy braku nawożenia tym składnikiem.

Jak podają SAPEK B. i SAPEK A. [2006], warunki panujące w glebie okresowo nienawożonej fosforem, nawet silnie zakwaszonej, sprzyjają uwalnianiu fosforu przez mikroorganizmy glebowe, co pozwala roślinom na jego wykorzystanie i utrzymanie plonowania oraz odpowiedniej zawartości w tkankach, nawet po wielu latach od zaprzestania nim nawożenia, jak wykazała niniejsza praca. Trzeba postawić kolejne pytanie, o długość okresu w jakim należy oczekiwać stanu wyczerpania fosforu z gleby do poziomu wywołującego reakcję roślin.

Podobnie jak w badaniach KOPCIA [2000], nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu większej dawki azotu na zwiększenie zawartości fosforu w runi, co odnotowali w runi pierwszego pokosu BARSZCZEWSKI i KILISZCZYK [1991]. Na obiektach nawadnianych, zwłaszcza nawożonych mineralnie, dała się zauważyć

Tabela 5. Średnie zawartości fosforu w runi łąkowej (średnie z trzech pokosów) w latach 2009–2011 w $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

Table 5. Average phosphorus content in meadow sward (average from three cuts) in the years 2009–2011 in $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM

Nawadnianie Irrigation	Lata Years	Obiekty nawozowe Experimental objects							NIR _{0,05} LSD _{0,05}
		nawożenie mineralne mineral fertilisation					nawożenie naturalno-mineralne organic-mineral fertilisation		
		N-60	N-120	N-180	N-180bis	N-240	G1	G2	
Bez nawodnień Not irrigated	2009	3,89b	3,63b	3,81b	2,91a	3,65b	3,94b	3,87b	0,59
	2010	3,82	3,81	3,78	3,10	3,73	3,82	3,94	0,86
	2011	3,70ab	3,64ab	3,88b	3,04a	3,84ab	3,86ab	4,01b	0,83
Nawadniane Irrigated	2009	4,04b	4,11b	3,94b	3,32a	3,80ab	4,02b	3,75ab	0,61
	2010	4,06	4,00	3,94	3,21	3,99	3,92	4,08	0,92
	2011	3,71b	3,56ab	3,82b	3,10a	3,90b	3,76b	3,76b	0,53

Objaśnienie: NIR_{0,05} – najmniejsza istotna różnica, gdy $p = 0,05$.

Explanation: LSD_{0,05} – least significant difference at $p = 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

tendencja do większej zawartości fosforu w runi, w porównaniu z obiektami bez nawodnień. W gorszych warunkach wilgotnościowych zdolność pobierania składników pokarmowych przez roślinność mogła zostać ograniczona. Potwierdzeniem tego może być większa zasobność w fosfor gleby nienawadnianej, a mniejsza jego zawartość w runi na tych obiektach, zwłaszcza nawożonych mineralnie.

WNIOSKI

1. Niezależnie od stosowanego nawożenia i nawadniania, badana gleba charakteryzowała się dużą zasobnością w fosfor, nawet na obiekcie, na którym od 14 lat nie stosowano nawożenia tym składnikiem.

2. Zarówno w systemie nawożenia mineralnego, jak i naturalno-mineralnego, niezależnie od nawodnień, wraz ze wzrostem poziomu nawożenia odnotowano zwiększanie plonów. Jednocześnie nie stwierdzono różnic w plonowaniu z obiektu nienawożonego od 14 lat fosforem, w porównaniu z pozostałymi badanymi obiektami.

3. Zawartość fosforu w runi z obiektów nawożonych tym składnikiem przekraczała granice zawartości optymalnej. Ruń z obiektu nienawożonego fosforem charakteryzowała się natomiast optymalną pod względem przydatności paszowej zawartością tego składnika.

4. Zwiększenie nawożenia N, mimo dużej zasobności fosforu w glebie nie powodowało istotnych zmian zawartości fosforu w runi.

5. Uzyskane wyniki wskazują, że na glebie o dużej zasobności w fosfor okresowe zaniechanie nawożenia tym składnikiem nie powoduje strat w plonowaniu, ani zmniejszenia zawartości fosforu w runi, a może przyczynić się do lepszego wykorzystania przez rośliny glebowych zasobów tego pierwiastka i zmniejszenia eutrofizacji środowiska.

LITERATURA

- BARSZCZEWSKI J., KILISZCZYK D. 1991. Wpływ zróżnicowanego nawożenia NPK na zawartość tych składników w roślinności z łąki nawadnianej. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Sesja naukowa. Nr 263. Z. 34 s. 323–328.
- ČERMÁK P., CIGÁNEK K., TRÁVNÍK K., BUDŇÁKOVÁ M. The phosphorus in Czech agriculture. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization. Vol. 4 s. 175–181.
- DOMAŃSKI P. 1999. Poradnik dla użytkowników łąk i pastwisk. Poznań. Wydaw. Agencja Reklamowa „Prodruk”. ISBN 97-88386707-77-5 ss. 180.
- DUCKA M., BARSZCZEWSKI J. 2012. Degradacja runi łąkowej w warunkach optymalnego uwilgotnienia i zróżnicowanego nawożenia. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 3 (39) s. 39–51.
- FALKOWSKI M. 1983. Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. Pr. zbior. Red. M. Falkowski. Warszawa. PWRiL. ISBN 8309007299 ss. 615.
- GAJ R., GRZEBISZ W. 2003. Fosfor w roślinie. W: Pierwiastki w środowisku. Fosfor. Journal of Elementology. Vol. 8(3) suppl. s. 5–18.
- GŁOWACKI J. 2007. Regeneracja użytków zielonych. Lubuskie Aktualności Rolnicze. Nr 08 s. 13–14.
- HAYGARTH P.M. 2000. Mechanisms and mitigation of phosphorus transfer from soil to water. W: Scientific basis to mitigate the nutrient dispersion into the environment. Conference proceedings. Falenty/Nadarzyn near Warsaw, December 13–14, 1999. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 126–137.
- KOPEĆ M. 2000. Dynamika plonowania i jakości runi łąki górskiej w okresie trzydziestu lat doświadczenia nawozowego. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Ser. Rozprawy. Z. 267. ISSN 1233-4189 ss. 84.
- KOPEĆ M., GONDEK K. 2010. Efektywność wapnowania użytku zielonego w wieloletnim doświadczeniu (Czarny Potok). Inżynieria Ekologiczna. Nr 22. s. 25–33.
- OKRUSZKO H., WALCZYNA J. 1970. Oznaczanie zasobności organicznych gleb łąkowych w fosfor przy użyciu wyciągów 0,5 n HCl. Rocznik Nauk Rolniczych. Ser. F. T. 77. Z. 3 s. 437–453.
- SAPEK A. 2008. Nawożenie fosforem i jego skutki w środowisku. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 8. Z. 2b (24) s. 127–137.
- SAPEK A., NAWALANY P., BARSZCZEWSKI J. 2003. Stężenie składników nawozowych w wodzie do nawodnień i do picia w Falentach. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 3. Z. specj. (6) s. 79–84.
- SAPEK A., SAPEK B. 2006. Zmiany zawartości fosforu w glebie i roślinności łąkowej w siedem lat po zaniechaniu nawożenia tym składnikiem. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 6. Z. specj. (17) s. 83–91.
- SAPEK B. 1993. Studia nad wapnowaniem trwałego użytku zielonego na glebie mineralnej. Rozprawa habilitacyjna. Falenty. Wydaw. IMUZ ss. 93.
- SAPEK B. 2010. Mikroelementy w roślinności łąkowej nawożonej azotem w wieloletnim przed i po jednorazowym zastosowaniu mikronawozów na tle następczego wpływu wapnowania. Cz. 2. Zmiany pobrania manganu, cynku i miedzi z plonem. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 4 (32) s. 205–224.

- SAPEK B., KALIŃSKA D., BARSZCZEWSKI J. 2002. Wpływ węgla wapnia i saletry wapniowej na dynamikę wnoszenia składników mineralnych z plonem roślinności łąkowej. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych. Z. 484 cz. 2. s. 549–561.
- SAPEK B., SAPEK A. 1997. Metody analizy chemicznej gleb organicznych. Materiały Instruktażowe. Nr 115. Falenty. Wydaw. IMUZ ss. 81.
- SAPEK B., SAPEK A. 2006. Uwalnianie mineralnych form fosforu w glebie i zawartość tego składnika w runi łąkowej w warunkach przewagi opadowej gospodarki wodą. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 6. Z. specj. (17) s. 65–82.
- WESOŁOWSKI P. 2003. Wyniki nawożenia gnojówką bydlęcą i nawozami mineralnymi łąki na glebie torfowo-murszowej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 3. Z. 1 (7) s. 39–51.

Michał MENDRA, Małgorzata DUCKA

**THE EFFECT OF DIFFERENT FERTILISATION AND MOISTURE
ON PHOSPHORUS CONTENT
IN THE SOIL AND SWARD OF PERMANENT DRY MEADOW**

Key words: *mineral fertilisers, organic fertilisers, permanent meadow, phosphorus*

S u m m a r y

Studies were carried out on permanent dry meadow situated on black degraded earth in Falenty in the years 2009–2011. Experimental factors consisted of four levels of mineral fertilisation, two levels of organic-mineral fertilisation at optimum moisture (irrigated objects) and at periodical water deficits (without irrigation). An additional object was fertilised with 180 kg N·ha⁻¹ but phosphorus fertilisation had been abandoned since 1997 there.

The study was aimed at assessing the effect of mineral and organic-mineral fertilisation and of soils moisture on phosphorus content in meadow sward and in soil.

No significant differences were found in yielding between the object devoid of phosphorus fertilisation (N-180bis) and other objects fertilised with phosphorus and the same dose of nitrogen in both mineral (N-180) and organic-mineral (G1) form. A distinct trend of decreasing pH was found in all fertilisation variants in both analysed soil layers. The lowest pH was found in meadows fertilised with the highest doses of mineral N (N-240). Fertilisation with liquid manure mitigated the effect of soil acidification in experimental objects and stabilised soil pH.

Analysed soil was rich in phosphorus even in the object not fertilised with this nutrient for 14 years. Phosphorus content in the sward from variants fertilised with phosphorus exceeded the optimum values. Slightly smaller phosphorus content, within the optimum limits, was determined in the sward from object devoid of phosphorus fertilisation.

Adres do korespondencji: mgr M. Mendra, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn; tel.+ 48 22 735-75-35, e-mail: M.Mendra@itep.edu.pl