

Wpłynęło 03.11.2015 r.
Zrecenzowano 28.01.2016 r.
Zaakceptowano 29.02.2016 r.

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

WPŁYW NAWOŻENIA NA SKŁAD RUNI I PLONOWANIE ŁĄKI NA GLEBIE TORFOWO-MURSZOWEJ W WARUNKACH LEJA DEPRESJI WODY GRUNTOWEJ

Zygmunt MIATKOWSKI^{ABD}, Janusz TURBIAK^{CDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy
w Bydgoszczy

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu nawożenia na skład botaniczny oraz plonowanie łąki w warunkach leja depresji wody gruntowej. Udział gatunków roślin określano metodą Klappa, przed zbiorem pierwszego pokosu. Badania prowadzono w latach 2005–2014 na trzech kompleksach zlokalizowanych w siedliskach o zróżnicowanych warunkach wodnych. Pierwszy z kompleksów łąkowych był położony poza zasięgiem, drugi – na granicy, a trzeci w zasięgu leja depresji wody gruntowej. Stwierdzono korzystny wpływ nawożenia mineralnego na zwiększenie udziału traw w runi oraz zmniejszenie udziału roślin z grupy ziół i chwastów na kompleksach zasilanych wodą gruntową. Nawożenie mineralne powodowało zmniejszenie udziału roślin bobowatych. Stwierdzono także, że głębokie obniżenie poziomu wody gruntowej w siedliskach pobagiennych spowodowało drastyczne ograniczenie plonu roślin. Na kompleksie pozbawionym zasilania gruntowego średnie plony siana na poletkach nienawożonych i nawożonych wynosiły odpowiednio 0,40 i 0,85 Mg·ha⁻¹ i były około 10-krotnie mniejsze niż na kompleksach zasilanych wodą gruntową.

Słowa kluczowe: gleba torfowo-murszowa, lej depresji, plon, roślinność łąkowa

WSTĘP

Do gleb organicznych zalicza się gleby o zawartości >12% węgla organicznego (20% i więcej materii organicznej) i miąższości warstwy organicznej równej lub większej niż 40 cm [MARCINEK, KOMISAREK (red.) 2011]. Gleby te powstają

Do cytowania For citation: Miatkowski Z., Turbiak J. 2016. Wpływ nawożenia na skład runi i plonowanie łąki na glebie torfowo-murszowej w warunkach leja depresji wody gruntowej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 16. Z. 1 (53) s. 39–53.

w warunkach utrzymywania się wysokiego poziomu wody gruntowej, najczęściej w dolinach rzecznych lub miejscach bezodpływowych. Użytkowanie rolnicze gleb organicznych wymaga regulacji stosunków powietrzno-wodnych, polegającej najczęściej na obniżaniu poziomu wody gruntowej. Naturalny potencjał produkcyjny zmeliorowanych gleb organicznych, bez nawożenia mineralnego, wynosi od 1,5 do 2,5 t·ha⁻¹ siana [GRZYB, PROŃCZUK 1994]. Aktualnie w warunkach optymalnego nawożenia na tego typu glebach uzyskuje się plony na poziomie 5–7 t·ha⁻¹. Natomiast w warunkach intensywnego nawożenia mineralnego można uzyskać 11 t·ha⁻¹ siana [WASILEWSKI 2015].

Zbiorowiska roślinne na glebach organicznych są bardzo wrażliwe na zmiany warunków wodnych związane z odwadnianiem terenu, np. w pobliżu eksploatowanych złóż surowców mineralnych czy głębokich ujęć wód gruntowych. Jednym z takich przykładów są tereny położone w pobliżu odkrywki Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”. Odwadnianie kopalni spowodowało obniżenie poziomu wody gruntowej i wytworzenie leja depresji wody gruntowej, którego powierzchnia, w zależności od przebiegu warunków meteorologicznych, wynosiła w kolejnych latach od 450 do maksymalnie 756 km² [MOTYKA i in. 2007].

W warunkach opadowo-retencyjnej gospodarki wodnej w glebach organicznych zachodzą intensywne przeobrażenia masy glebowej. W związku z kurczeniem się masy organicznej i osiadaniami złóż torfu zmniejsza się ich pojemność wodna i pogarszają zdolności retencyjne [GAWLIK 1991; OLESZCZUK 2011]. Obniżenie poziomu wody gruntowej w profilu glebowym poniżej warstwy organicznej powoduje także intensyfikację mineralizacji masy organicznej, w wyniku czego dochodzi do uwalniania i rozpraszania w środowisku dużych ilości mineralnych form azotu. Średnia w okresie wegetacyjnym zawartość azotu azotanowego w tego typu glebach może wynosić 257–346 kg·ha⁻¹ [TURBIAK, MIATKOWSKI 2006], a chwilowa – nawet 800 kg·ha⁻¹ [SAPEK i in. 1991].

Efektom zmian warunków wodnych w ekosystemach łąkowych są także zmiany składu gatunkowego runi [BARYŁA, KULIK 2011]. Niedostateczne zaopatrzenie roślinności łąkowej w wodę powoduje wypadanie z runi gatunków traw o dużych wymaganiach wodnych i zwiększenie udziału traw przystosowanych do występowania okresowych niedoborów wody [MIATKOWSKI i in. 2005]. Efektom tych przeobrażeń jest pogorszenie produktywności zbiorowisk trawiastych w odwodnionych siedliskach [KOZŁOWSKA, FRĄCKOWIAK 1995].

Celem badań prezentowanych w niniejszej pracy było określenie wpływu nawożenia na skład runi i plonowanie łąki na glebie torfowo-murszowej zlokalizowanej w zasięgu leja depresji wody gruntowej.

OBIEKTY I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2005–2014 na trzech kompleksach łąkowych, zlokalizowanych w siedliskach o zróżnicowanych warunkach wodnych. Pierwszy

kompleks – Ochle – był zlokalizowany poza zasięgiem leja depresji wód gruntowych, drugi – Huta – na granicy leja depresji, natomiast trzeci – Andrzejów – w zasięgu leja depresji wody gruntowej. Kompleks Ochle przez cały okres wegetacji był zasilany wodą opadowo-gruntową. W okresie badań średni poziom wody gruntowej na tym kompleksie utrzymywał się na głębokości 48,0 cm poniżej powierzchni terenu (p.p.t.). Doświadczenie na kompleksie Huta zostało zlokalizowane w zmiennych warunkach wodnych – od całkowitego braku zasilania gruntowego w latach suchych do krótkotrwałych okresów nadmiernego uwilgotnienia w latach mokrych. W okresie badań średni poziom wody gruntowej na tym kompleksie utrzymywał się na głębokości 52,1 cm p.p.t. (tab. 1). Kompleks Andrzejów został pozbawiony zasilania gruntowego na przełomie lat 2001/2002, a poziom wody gruntowej na tym kompleksie w okresie badań utrzymywał się na głębokości ponad 70 m p.p.t. Przed obniżeniem poziomu wody gruntowej było to siedlisko zaliczone do siedlisk świeżych i wilgotnych (C₂), o liczbie wilgotnościowej 6,86 wg klasyfikacji OŚWITA [1992]. Wśród traw gatunkami o największym udziale były wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) i kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* L.), których udział oszacowano na 50 i 10%, natomiast w grupie ziół i chwastów największy udział miał jaskier rozłogowy (*Ranunculus repens* L.) – 10%. W runi występowały także gatunki hydrofilne, takie jak knieć błotna (*Caltha palustris* L.) i wiązówka błotna (*Filipendula almaria* L.). Obecność tych gatunków świadczyła o utrzymywaniu się wysokiego poziomu wody gruntowej i występowaniu, szczególnie wiosną, okresowych podtopień.

Tabela 1. Poziom wody gruntowej (cm) na obiektach Ochle i Huta w latach 2005–2014

Table 1. Ground water level (cm) on Ochle and Huta sites in the years 2005–2014

Kompleks Complex	Poziom wody gruntowej w latach: Ground water level in the year:										Średnio w latach 2005–2014 Mean in the years 2005–2014
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Ochle	92	67	87	56	49	17	38	36	12	26	48,0
Huta	105	69	70	76	61	4	45	65	13	13	52,1

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Na wszystkich doświadczeniach występowały gleby torfowo-murszowe porośnięte przez zbiorowiska trawiaste zaliczone do siedlisk pobagiennych właściwych [GRZYB, PRONCZUK 1994]. Na kompleksie Ochle występowała średnio zmurszała, głęboka gleba torfowo-murszowa MtlIbb, o miąższości warstwy organicznej ponad 2 m. Warstwa murszowa na tym kompleksie wynosiła ok. 25 cm i zalegała na średnio rozłożonym torfie szuwarowym. Na kompleksie Huta występowała silnie zmurszała, średnio głęboka gleba torfowo-murszowa MtlIIc1. Miąższość warstwy

murszowej wynosiła ok. 24 cm. Warstwa ta zalegała na silnie rozłożonym, zamulonym torfie turzycowiskowo-szuwarowym. Na kompleksie Andrzejów przed odwodnieniem występowała głęboka gleba torfowo-murszowa, średnio zmurszała MtlIbc, o miąższości warstwy murszowej ok. 17 cm, wytworzona ze średnio rozłożonego torfu olesowo-turzycowiskowego, z kawałkami drewna. Przedstawione gleby charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami fizyczno-chemicznymi (tab. 2).

Tabela 2. Właściwości fizyczno-chemiczne gleb w warstwie 0–20 cm na poszczególnych obiektach badawczych

Table 2. Soil physical and chemical properties in the 0–20 cm layer at particular research site

Kompleks Complex	Zawartość materii organicznej, % s.m. Organic matter content, % DM	pH w KCl pH in KCl	Zawartość, mg·(100 g) ⁻¹ gleby Content, mg·(100 g) ⁻¹ of soil	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ochle	39,3	5,7	565,0	46,0
Huta	58,4	5,7	49,0	20,0
Andrzejów	80,0	5,1	72,6	75,5

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Na każdym kompleksie założono doświadczenia z dwoma poziomami nawożenia mineralnego, w czterech powtórzeniach: bez nawożenia (A) i z nawożeniem (B). Wariant bez nawożenia założono w celu określenia produktywności siedlisk w naturalnych warunkach zasilania gruntowego. Powierzchnia poletek wynosiła 32 m² (4×8 m). Dawki nawozów mineralnych NPK (kg·ha⁻¹) wynosiły: N – 120, P₂O₅ – 60 i K₂O – 120. Nawozy azotowe stosowano w dwóch dawkach: 2/3 wiosną po ruszeniu wegetacji i 1/3 po zbiorze I pokosu, natomiast nawozy fosforowe i potasowe wysiewano w całości wiosną po ruszeniu wegetacji. W okresie wegetacyjnym zbierano dwa pokosy siana – w I dekadzie czerwca i w II dekadzie sierpnia. Ruń była koszona kosiarką listwową o szerokości roboczej 1,4 m. W celu oceny plonu biomasy wykonywano jedno wcięcie kosiarką przez środek każdego poletka, a po skoszeniu mierzono jego długość i ważono ściętą biomasę. Następnie z obu wariantów nawozowych pobierano kilogramowe próbki zbiorcze (z czterech powtórzeń), w których oznaczano zawartość suchej masy. Próbki były podsuszane w temperaturze pokojowej, a następnie suszone w suszarce w temperaturze 40°C, do osiągnięcia stałej masy. Udział poszczególnych gatunków roślin określano metodą KLAPPA [1962], przed zbiorem pierwszego pokosu.

Analizę wariancji dotyczącą uzyskanych plonów siana wykonano za pomocą programu Statistica 7.1.

Charakterystykę omawianego terenu uzupełnia zestawienie sum opadów atmosferycznych notowanych w stacji meteorologicznej w Rogowcu (tab. 3).

Tabela 3. Miesięczne i okresowe sumy opadów atmosferycznych (mm) na podstawie pomiarów na stacji meteorologicznej w Rogowcu**Table 3.** Monthly and seasonal precipitation sums (mm) on the basis of measurements at the meteorological station at Rogowiec

Rok Year	Opady w miesiącu Precipitation in month												Suma opadów w okresie Sum of precipi- tation in season	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV–IX	I–XII
2005	52	65	29	30	71	24	64	46	14	2	37	115	249	549
2006	27	36	51	46	47	46	11	131	29	49	55	20	310	548
2007	54	31	42	15	31	81	117	62	55	34	44	13	361	579
2008	65	16	47	41	64	18	71	69	33	74	47	40	296	585
2009	23	64	60	0	41	112	146	29	32	76	43	42	360	668
2010	32	30	39	25	202	43	117	151	72	6	81	50	610	848
2011	31	23	29	17	50	48	288	47	20	30	0	44	470	627
2012	47	31	5	61	36	134	105	48	50	50	26	30	434	623
2013	50	29	51	23	155	135	22	41	80	13	30	20	455	649
2014	47	12	20	64	89	54	101	53	58	45	24	43	426	610
1961– 2010 ¹⁾	37	35	38	40	68	68	85	66	49	39	49	43	376	617

¹⁾ Średnie z lat 1961–2010 według stacji meteorologicznej w Sulmierzycach.

¹⁾ Means from the years 1961–2010 according to meteorological station at Sulmierzyce.

Źródło: PGE GiEK S.A. O. KWB Bełchatów. Source: PGE GiEK S.A. O. KWB Bełchatów.

WYNIKI BADAŃ

Na wszystkich kompleksach łąkowych w składzie gatunkowym runi największy udział miały trawy. Na kompleksie położonym poza zasięgiem leja depresji Ochle udział traw na poletkach nienawożonych był w kolejnych latach bardzo zmienny i wynosił od 40 do 80%. Na poletkach nawożonych udział traw w runi był bardziej stabilny. Wynosił on od 64 do 80% i był średnio o ponad 17% większy niż na poletkach nienawożonych (tab. 4). Tak duże zmiany udziału traw były związane ze zmianami warunków wodnych na tym kompleksie. W latach 2005–2009 gatunkiem dominującym była wiechlina łąkowa, której średni udział na poletkach nienawożonych i nawożonych wynosił w tym okresie odpowiednio 45,6 i 54,6%. Mała sprawność rowów melioracyjnych spowodowała, że w latach o ponadprzeciętnej sumie opadów, tj. 2010–2014, kompleks był okresowo podtapiany. W 2014 r. udział wiechliny łąkowej zmniejszył się do 3% na poletkach nienawożonych i do 2% na nawożonych. W latach 2010–2014 zwiększył się natomiast udział manny jadalnej (*Glyceria fluitans* L.) do 29,6% na poletkach nienawożonych i do 35,8% na poletkach nawożonych. Zmiana warunków wodnych spowodowała także wy-

padnięcie z runi życicy wielokwiatowej (*Lolium multiflorum* Lam.) i perzu właściwego (*Elymus repens* L.) i pojawienie się wyczyńca kolankowego (*Alopecurus geniculatus* L.), wiechliny błotnej (*Poa palustris* L.) i mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea* L.) – tabela 4.

Tabela 4. Udział traw (%) na poletkach nienawożonych (A) i nawożonych (B) na kompleksie Ochle

Table 4. Grasses share (%) in plots without fertilization (A) and with fertilization (B) at Ochle complex

Gatunek ¹⁾ Species ¹⁾	Wariant nawożowy Fertilization variant	Udział w latach Share in years										Średnio 2005–2014 Mean in 2005–2014
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Trawy Grasses	A	80	50	50	45	60	40	40	45	80	64	55,4
	B	80	68	65	65	70	70	75	75	80	80	72,8
<i>Poa pratensis</i> L.	A	65	40	38	33	52	25	17	5	+	3	27,8
	B	65	58	50	45	55	50	32	25	+	2	38,2
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	A	2	+	2	–	–	–	–	–	–	–	0,4
	B	2	+	3	3	5	+	+	1	–	–	1,4
<i>Glyceria fluitans</i> L.	A	–	–	–	3	+	15	10	15	65	43	15,1
	B	–	–	+	2	+	20	29	20	65	45	18,1
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	A	–	+	2	1	+	–	+	1	1	–	0,5
	B	–	1	2	5	2	+	2	2	1	3	1,8
<i>Elymus repens</i> L.	A	+	3	3	1	1	–	1	1	–	–	1,0
	B	+	+	2	2	2	–	1	1	+	–	0,8
<i>Holcus lanatus</i> L.	A	3	–	+	1	1	–	–	–	+	+	0,5
	B	3	1	1	3	3	+	+	+	+	5	1,6
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	A	–	–	–	–	–	–	+	1	3	5	0,9
	B	–	–	–	–	–	–	1	1	3	4	0,9
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	A	–	–	–	–	–	–	5	15	5	5	3,0
	B	–	–	–	–	–	–	5	20	5	10	4,0
<i>Deschampsia caespitosa</i> L.	A	10	6	5	5	5	+	1	2	1	1	3,6
	B	10	7	7	5	3	+	1	1	1	1	3,6
<i>Poa palustris</i> L.	A	–	–	–	–	–	+	5	5	7	7	2,4
	B	–	–	–	–	–	+	3	4	7	10	2,4

¹⁾ Wyszczególniono gatunki, których średni udział w runi w okresie badań był większy niż 0,5%.

¹⁾ List of species, whose mean share in the sward during the study period was greater than 0.5%.

Objaśnienia: „+” obecność gatunku. Explanations: „+” species presence.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Na kompleksie Huta udział traw na poletkach nienawożonych wynosił od 60 do 80%, a na nawożonych od 77 do 90%. Na tym kompleksie przez cały okres badań największy udział na poletkach nienawożonych i nawożonych miały wiechlina łąkowa – odpowiednio 25,1 i 24,5%, wyczyńnic łąkowy (*Alopecurus pratensis* L.) – 14,7 i 28,1% oraz życica wielokwiatowa – 9,2 i 20,2% (tab. 5). Również na tym kompleksie, podobnie jak na kompleksie Ochle, stwierdzono zmiany udziału poszczególnych gatunków traw w związku z okresowym utrzymywaniem się wysokiego poziomu wody gruntowej. W latach 2010–2014 w runi zwiększył się udział mozgi trzciniowej, wyczyńca kolankowego oraz manny jadalnej, widoczny szczególnie na poletkach nienawożonych (tab. 5).

Tabela 5. Udział traw (%) na poletkach nienawożonych (A) i nawożonych (B) na kompleksie Huta

Table 5. Grasses share (%) in plots without fertilization (A) and with fertilization (B) at Huta complex

Gatunek ¹⁾ Species ¹⁾	Wariant nawożowy Fertilization variant	Udział w latach Share in years										Średnio 2005–2014 Mean in 2005–2014
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Trawy Grasses	A	77	72	80	75	70	60	65	65	70	60	69,4
	B	77	80	90	90	90	85	90	87	85	85	85,9
<i>Poa pratensis</i> L.	A	20	25	15	20	29	22	35	40	35	10	25,1
	B	20	25	10	10	20	20	28	34	40	38	24,5
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	A	23	5	30	25	4	+	5	+	+	+	9,2
	B	23	5	40	40	35	20	15	8	1	15	20,2
<i>Glyceria fluitans</i> L.	A	–	–	–	–	–	–	2	1	1	30	3,4
	B	–	–	–	–	–	–	+	+	+	2	0,2
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	A	25	25	20	15	10	15	6	11	15	5	14,7
	B	25	35	25	25	25	30	40	35	28	13	28,1
<i>Holcus lanatus</i> L.	A	5	5	2	2	1	–	+	+	+	1	1,6
	B	5	5	+	+	+	1	+	1	+	1	1,3
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	A	4	2	3	5	5	10	5	4	10	5	5,3
	B	4	+	5	5	2	3	2	5	10	10	4,6
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	A	–	–	–	–	–	–	–	1	1	4	0,6
	B	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	0,0
<i>Deschampsia caespitosa</i> L.	A	+	+	+	+	1	3	5	5	5	5	2,4
	B	+	+	+	+	1	1	1	1	2	1	0,7

¹⁾ Jak pod tabelą 4. ¹⁾ As under table 4.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Największe zmiany w udziale traw w kolejnych latach stwierdzono na kompleksie Andrzejów. Na tym kompleksie duże zmiany udziału traw były związane z niedoborem wody i zasychaniem runi łąkowej. W okresie badań udział traw na poletkach nienawożonych wynosił od 10 do 50%, a na nawożonych od 15 do 55% (tab. 6). Radykalna zmiana warunków wodnych spowodowała zmniejszenie udziału gatunków o dużych wymagania wodnych oraz zwiększenie udziału gatunków przystosowanych do okresowego niedoboru wody. Z gatunków o stosunkowo du-

Tabela 6. Udział traw (%) na poletkach nienawożonych (A) i nawożonych (B) na kompleksie Andrzejów

Table 6. Grasses share (%) in plots without fertilization (A) and with fertilization (B) at Andrzejów complex

Gatunek ¹⁾ Species ¹⁾	Wariant nawożowy Fertilization variant	Udział w latach Share in years										Średnio 2005–2014 Mean in 2005–2014
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Trawy Grasses	A	48	24	30	40	18	45	30	10	30	50	32,5
	B	48	35	45	55	20	55	45	15	40	50	40,8
<i>Poa pratensis</i> L.	A	21	16	13	18	4	22	15	3	11	14	13,7
	B	21	24	25	36	5	25	20	4	18	15	19,3
<i>Festuca rubra</i> L.	A	6	+	10	17	4	15	11	5	13	30	11,1
	B	6	+	10	5	5	20	16	7	13	25	10,7
<i>Festuca pratensis</i> L.	A	12	6	5	3	10	5	2	1	2	2	4,8
	B	12	10	5	10	10	5	5	1	2	1	6,1
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	A	+	1	+	–	–	+	–	1	1	2	0,5
	B	+	+	1	+	–	1	+	2	2	5	1,1
<i>Holcus lanatus</i> L.	A	6	–	+	1	–	1	–	–	–	–	0,8
	B	6	–	+	1	–	1	+	–	–	–	0,8
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	A	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0
	B	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	A	3	+	1	+	–	2	1	–	–	–	0,7
	B	3	+	2	1	–	2	+	–	–	–	0,8
<i>Deschampsia caespitosa</i> L.	A	+	1	1	1	+	+	+	–	–	–	0,3
	B	+	1	2	2	1	+	+	–	–	–	0,6
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	A	–	–	–	+	+	+	1	+	+	+	0,1
	B	–	–	–	+	+	1	3	+	+	2	0,6
<i>Elymus repens</i> L.	A	–	–	–	–	–	–	–	+	3	2	0,5
	B	–	–	–	–	–	–	1	1	4	2	0,8

¹⁾ Jak pod tabelą 4. ¹⁾ As under table 4.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

zych wymaganiach wodnych zmniejszył się udział kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* L.), kłosówki wełnistej (*Holcus lanatus* L.) i śmiałka darniowego (*Deschampsia caespitosa* L.). Spośród traw przystosowanych do okresowego niedoboru wody największe zmiany zaobserwowano w przypadku kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.), której udział zwiększył się z 6% w 2005 r. do ok. 25–30% w 2014 r. Tak duże zwiększenie udziału kostrzewy czerwonej wykazano także, oceniając uwilgotnienie siedlisk w rejonie leja depresji KWB Belchatów metodą fitoindykacji [MIATKOWSKI i in. 2005]. W runi pojawiły się także gatunki traw typowe dla siedlisk posusznych, takie jak perz właściwy czy stokłosa miękka (*Bromus hordeaceus* L.) – tabela 6.

Na wszystkich trzech kompleksach (Ochle, Huta i Andrzejów) obserwowano korzystny wpływ nawożenia mineralnego na zwiększenie udziału traw w runi. W okresie badań udział traw na poletkach nawożonych był odpowiednio o 17,4, 16,5 i 8,3% większy niż na poletkach nienawożonych. Odnotowano różnicowany udział roślin z grupy ziół i chwastów na kompleksach zasilanych wodą gruntową, tj. Ochle i Huta, w zależności od poziomu nawożenia. W warunkach braku nawożenia mineralnego udział ten wynosił odpowiednio 28,5 i 15,4% i był około dwukrotnie większy niż na poletkach nawożonych – odpowiednio 16,0 i 7,3% (tab. 7). Na kompleksie położonym w zasięgu leja depresji udział ziół i chwastów na poletkach nienawożonych był prawie o 6% mniejszy niż na poletkach nawożonych. Było to spowodowane wypadaniem z runi traw i zajmowaniem ich miejsca przez rośliny z grupy ziół i chwastów o palowych systemach korzeniowych, np. szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.), mniszek lekarski (*Taraxacum officinale* F.H. Wiggers coll.) czy rdest ptasi (*Polygonum aviculare* L.).

Tabela 7. Udział ziół i chwastów (%) na poletkach nienawożonych (A) i nawożonych (B)

Table 7. Herbs and weeds share (%) in plots without fertilization (A) and with fertilization (B)

Gatunek ¹⁾ Species ¹⁾	Wariant nawozowy Fertilization variant	Udział w latach Share in years										Średnio 2005–2014 Mean in 2005–2014
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ochle												
Ziola i chwasty Herbs and weeds	A	13	20	20	40	27	44	47	42	12	20	28,5
	B	13	15	15	23	14	19	18	18	12	13	16,0
<i>Ranunculus repens</i> L.	A	8	11	10	30	17	42	30	30	11	11	20,0
	B	8	10	7	20	8	19	11	12	11	11	11,7
<i>Potentilla anserina</i> L.	A	2	5	10	5	2	0	15	8	1	4	5,2
	B	2	2	6	3	3	–	6	3	1	+	2,6

cd. tab. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Huta												
Zioła i chwasty	A	13	13	8	15	19	10	20	23	18	15	15,4
Herbs and weeds	B	13	10	4	5	5	5	5	8	9	9	7,3
<i>Ranunculus repens</i> L.	A	8	5	2	3	2	9	19	16	11	10	8,5
	B	8	4	2	2	1	1	4	4	6	7	3,9
<i>Cerastium holosteoides</i> Fr. em. Hyl.	A	1	1	1	8	10	+	+	2	3	1	2,7
	B	1	1	+	2	2	2	1	1	1	1	1,2
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wiggers	A	4	7	3	2	3	+	+	2	1	1	2,3
	B	4	4	2	1	1	1	+	2	1	+	1,6
Andrzejów												
Zioła i chwasty	A	12	6	10	10	7	25	10	20	40	30	17,0
Herbs and weeds	B	12	10	10	15	10	30	15	35	50	40	22,7
<i>Ranunculus acris</i> L.	A	3	1	1	3	–	2	+	+	+	+	1,0
	B	3	1	1	1	+	3	+	+	1	+	1,0
<i>Cerastium holosteoides</i> Fr. em. Hyl.	A	3	–	–	–	2	5	6	–	6	5	2,7
	B	3	–	–	–	2	2	6	–	1	1	1,5
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wiggers	A	3	–	2	2	1	1	1	+	2	1	1,3
	B	3	2	3	4	2	1	1	2	2	1	2,1
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	A	3	3	3	2	1	1	+	–	3	1	1,7
	B	3	4	3	5	2	1	1	–	+	1	2,0
<i>Potentilla anserina</i> L.	A	+	2	2	1	1	5	2	4	5	6	2,8
	B	+	3	1	2	2	5	3	5	20	9	5,0
<i>Polygonum aviculare</i> L.	A	–	–	–	–	+	+	+	15	9	4	2,8
	B	–	–	–	–	+	1	1	25	17	1	4,5

¹⁾ Wyszczególniono gatunki, których średni udział w runi w okresie badań był większy niż 1%.

¹⁾ List of species, whose mean share in the sward during the study period was greater than 1%.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Stwierdzono bardzo duże zróżnicowanie w ilości gatunków ziół i chwastów na poszczególnych kompleksach łąkowych. Na kompleksach zasilanych wodą gruntową Ochle i Huta stwierdzono odpowiednio 9 i 13 gatunków z tej grupy roślin, natomiast na kompleksie w zasięgu leja – 23. Znacznie większa liczba gatunków na kompleksie odwodnionym była związana ze zmniejszeniem udziału oraz wypadaniem gatunków traw oraz ziół i chwastów o dużych wymaganiach wodnych i pojawianiem się gatunków ziół i chwastów typowych dla posusznych siedlisk polowych, takich jak: jastrzębiec kosmaczek (*Hieracium pilosella* L.), mak polny (*Papaver rhoeas* L.) czy komosa biała (*Chenopodium album* L.) oraz gatunku azo-

tolubnego, którym jest pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.). Udział tych gatunków w runi nie przekraczał zwykle 1%. Znacznie większa liczba gatunków roślin z grupy ziół i chwastów znajduje także odzwierciedlenie w ich sumarycznym udziale w runi łąkowej. W pierwszych latach badań udział tej grupy roślin w runi szacowano na 10–15%, natomiast w latach 2012–2014 na 20–50% (tab. 7), co świadczy, że miejsca po wypadających gatunkach traw były zajmowane przez rośliny z grupy ziół i chwastów.

Udział roślin bobowatych na poszczególnych kompleksach był w okresie badań bardzo zmienny. W tej grupie roślin największy udział miała koniczyna biała (*Trifolium repens* L.). Szczególnie duże zmiany w udziale tego gatunku stwierdzono na kompleksie zasilanym wodą gruntową Ochle. Na tym kompleksie w pierwszych latach badań udział koniczyny w runi szacowano w przedziale od 4 do 25%. Po podtopieniu kompleksu w 2010 r. stwierdzono w runi tylko obecność tego gatunku. Podobną prawidłowość stwierdzono na kompleksie Huta. Po podtopieniu tego kompleksu w 2008 r. stwierdzono tylko obecność tego gatunku, a w latach 2010–2011 nie stwierdzono go w ogóle. Na kompleksie Andrzejów udział roślin bobowatych w runi łąkowej był natomiast bardzo mały. W kilku latach stwierdzono tylko obecność koniczyny białej (tab. 8).

Tabela 8. Udział koniczyny białej na poletkach nienawożonych (A) i nawożonych (B)

Table 8. White clover share in plots without fertilization (A) and with fertilization (B)

Kompleks Complex	Wariant nawożowy Fertilization variant	Udział w latach Share in years										Średnio 2005–2014 Mean in 2005–2014
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Ochle	A	4	24	24	5	5	+	–	+	+	+	6,2
	B	4	15	15	5	9	+	–	+	+	+	4,8
Huta	A	5	5	2	+	1	–	–	1	+	+	1,4
	B	5	5	1	+	+	–	–	+	+	+	1,1
Andrzejów	A	–	–	–	+	–	+	–	–	+	+	0,0
	B	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	0,0

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Oceniając wpływ nawożenia mineralnego na udział w runi roślin bobowatych, można stwierdzić, że na kompleksach zasilanych wodą gruntową nawożenie mineralne powodowało nieznaczne ograniczenie udziału tej grupy roślin w runi łąkowej (tab. 8). Nawożenie nie miało natomiast wpływu na udział roślin bobowatych na kompleksie zlokalizowanym w zasięgu leja depresji wody gruntowej.

Średnie plony siana runi łąkowej, bez względu na poziom nawożenia, były na wszystkich kompleksach istotnie zróżnicowane. Największe plony stwierdzono na kompleksie Huta położonym na granicy leja depresji wody gruntowej – 7,21 Mg·ha⁻¹, następnie na kompleksie poza zasięgiem leja depresji Ochle – 5,97 Mg·ha⁻¹, a najmniejsze na kompleksie położonym w zasięgu leja depresji wody gruntowej Andrzejów – 0,64 Mg·ha⁻¹. Na tym ostatnim kompleksie średnie plony siana na poletkach nienawożonych i nawożonych wynosiły odpowiednio 0,40 i 0,85 Mg·ha⁻¹ i były ok. 10-krotnie mniejsze niż na kompleksach zasilanych wodą gruntową. Istotnie mniejsze plony na kompleksie Ochle niż na kompleksie Huta były spowodowane podtopieniem tego kompleksu w latach 2010 i 2013, co spowodowało wyraźne zmniejszenie wielkości plonów w tych latach (tab. 9).

Tabela 9. Plony siana na glebach torfowo-murszowych w zależności od warunków wodnych

Table 9. Hay yields on peat-muck soils depending on water conditions

Rok Year	Plony siana Mg·ha ⁻¹ Hay yields, Mg·ha ⁻¹					
	Ochle – poza lejem Ochle – outside the cone		Huta – na granicy leja Huta – on the boundary of the cone		Andrzejów – w leju Andrzejów – within the cone	
	A	B	A	B	A	B
2005	10,12	9,68	7,63	8,91	0,52	0,38
2006	4,45	7,32	4,43	8,39	0,03	0,14
2007	4,27	7,80	6,56	11,05	0,16	0,26
2008	2,99	8,23	5,74	10,38	0,88	2,22
2009	5,01	8,86	4,90	9,42	0,00	0,00
2010	3,75	6,38	4,38	9,18	1,21	2,15
2011	5,43	8,39	5,58	10,24	0,00	0,00
2012	4,43	7,15	4,06	7,61	0,00	0,00
2013	3,31	4,51	3,79	6,61	0,00	0,00
2014	5,10	9,70	5,95	11,57	1,17	3,35
Średnia¹⁾	4,89cd	7,80b	5,20cd	9,34a	0,40e	0,85e
Mean¹⁾	5,97b		7,21a		0,64c	

¹⁾ Wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$.

¹⁾ Values marked with different letters differ significantly at $\alpha = 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

W pierwszym roku badań na kompleksie zasilanym wodą gruntową Ochle plony siana z poletek nawożonych i nienawożonych były podobne. Wiązało się to z dużą zasobnością gleby w składniki pokarmowe w związku ze stosowaniem nawożenia mineralnego w latach poprzednich. Wpływ zasobności gleby na uzyskane plony siana w pierwszym roku badań był widoczny także na kompleksie Huta. W kolejnych latach badań na wszystkich kompleksach plony siana z poletek nawożonych były wyraźnie większe niż z nienawożonych. Na kompleksach zasilanych

wodą gruntową Ochle i Huta średnie plony z poletek nawożonych, wyłączając wartości uzyskane w pierwszym roku badań, wynosiły odpowiednio 7,59 i 9,39 t·ha⁻¹ i były o 76,4 i 90,5% większe niż z poletek nienawożonych. Na kompleksie położonym w zasięgu leja depresji wody gruntowej nie stwierdzono istotnego wpływu nawożenia mineralnego na uzyskane plony siana (tab. 9).

Drastyczne ograniczenie plonowania na kompleksie położonym w zasięgu leja depresji wody gruntowej było związane z niekorzystnym przeobrażeniem masy glebowej w warstwie powierzchniowej. W warunkach braku zasilania gruntowego mursz w warstwie 0–5 cm przekształcił się w twory ziarniste o średnicy ok. 5 mm, tzw. koksik, o właściwościach hydrofobowych. W warstwie 5–25 cm wytworzyły się natomiast duże, zwarte bryły, które były w minimalnym stopniu penetrowane przez systemy korzeniowe roślin. Takie przeobrażenia masy glebowej przyczyniły się do zmniejszenia jej zdolności retencyjnych, co prowadziło do zasychnięcia runi łąkowej i powstawania czarnego ugoru. Na tym kompleksie plony siana uzyskiwano tylko w latach o dużej sumie opadów, np. w 2010 czy w 2014 r. Mimo dużych dawek nawozów mineralnych i stosunkowo dużych sum opadów, uzyskiwane plony były bardzo małe w stosunku do możliwości produkcyjnych tego siedliska i wynosiły od 2,15 do 3,35 Mg·ha⁻¹ (tab. 9). Stanowiło to odpowiednio 25 i 39% średnich plonów uzyskanych na kompleksach zasilanych wodą gruntową. Małe plony były związane z wypadaniem z runi traw i zwiększeniem udziału roślin z grupy ziół i chwastów, takich jak rogownica pospolita (*Cerastium holosteoides* Fr. em. Hyl.), szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.) czy rdest ptasi (*Polygonum aviculare* L.), które charakteryzowały się małym potencjałem plonotwórczym.

Dodatkowym czynnikiem przyczyniającym się do pogorszenia jakości plonu było także jego silne zanieczyszczenie glebą. W wyniku kurczenia się masy glebowej powstawały szczeliny, które powodowały powstawanie deniwelacji. W trakcie koszenia kosiarki ścinały warstwę darniową i zanieczyszczały glebę leżącą na pokosach rośliny. Uzyskiwanie małych plonów o małej wartości paszowej powodowało, że w warunkach produkcyjnych łąki na glebach torfowo-murszowych zlokalizowane w zasięgu leja depresji wody gruntowej były tylko sporadycznie użytkowane rolniczo.

WNIOSKI

1. Nawożenie mineralne miało korzystny wpływ na zwiększenie udziału traw w runi, bez względu na występujące na poszczególnych kompleksach warunki wodne. Na trzech kompleksach badawczych udział traw na poletkach nawożonych był o 17,4, 16,5 i 8,3% większy niż na poletkach nienawożonych.

2. Wpływ nawożenia mineralnego na udział w runi roślin z grupy ziół i chwastów był zależny od warunków wodnych. Na kompleksach zasilanych wodą gruntową, w warunkach stosowania nawożenia mineralnego, udział roślin z tej grupy

był około dwukrotnie mniejszy niż na poletkach nienawożonych. Na kompleksie pozbawionym zasilania gruntowego nawożenie mineralne stymulowało rozwój roślin z grupy ziół i chwastów.

3. Głębokie obniżenie poziomu wody gruntowej w siedliskach pobagiennych spowodowało drastyczne ograniczenie plonu roślin. Na kompleksie w zasięgu leja depresji wody gruntowej średnie plony siana z poletek nienawożonych i nawożonych wynosiły odpowiednio 0,40 i 0,85 Mg·ha⁻¹ i były ok. 10-krotnie mniejsze niż z kompleksów zasilanych wodą gruntową.

4. W warunkach leja depresji wody gruntowej nawożenie mineralne, nawet w latach o ponadprzeciętnej sumie opadów, nie powodowało zwiększenia plonów do poziomu uzyskiwanego na kompleksach położonych poza zasięgiem leja depresji.

5. Uzyskiwanie małych plonów o bardzo małej wartości użytkowej powodowało, że w warunkach produkcyjnych łąki na glebie torfowo-murszowej zlokalizowane w zasięgu leja depresji wody gruntowej były sporadycznie użytkowane rolniczo.

BIBLIOGRAFIA

- BARYŁA R., KULIK M. 2011. Zmiany składu gatunkowego runi w warunkach wieloletniego użytkowania łąk pobagiennych w rejonie kanału Wieprz–Krzna [Changes in species composition of the sward in long used postbog meadows in the Wieprz–Krzna channel region]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 11. Z. 4 (36) s. 7–18.
- GAWLIK J. 1991. Wpływ głębokiego odwodnienia gleb torfowych BOP na ich warunki hydrologiczne i fizyczno-wodne właściwości [Influence of deep soil drainage in the Bełchatów Industrial District on the physico-hydrological conditions of these soils]. *Wiadomości IMUZ*. T. 16. Z. 3 s. 57–77.
- GRZYB S., PROŃCZUK J. 1994. Podział i waloryzacja siedlisk łąkowych oraz ocena ich potencjału produkcyjnego. W: Kierunki rozwoju łąkarstwa na tle aktualnego poziomu wiedzy w najważniejszych jego działach [Division and evaluation of meadow habitats and the assessment of their productive potential. In: Development of the grassland science in view of the present knowledge in its most important branches]. Warszawa 27–28 września 1994 r. Warszawa. Wydaw. SGGW s. 51–63.
- KLAPP E. 1962. Łąki i pastwiska [Meadows and pastures]. Warszawa. PWRiL ss. 600.
- KOZŁOWSKA T., FRĄCKOWIAK H. 1995. Degradacja siedlisk i zbiorowisk łąkowych na glebach organicznych w wyniku wzrastającego uprzemysłowienia. W: Torfoznawstwo w badaniach naukowych i praktyce [Degradation of meadow habitats and communities on organic soils as a result of increased industrialization. In: Peat soils in scientific studies and practice]. Materiały Seminaryjne 34. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 201–208.
- MARCINEK J., KOMISAREK J. (red.). 2011. Systematyka gleb Polski [Soil classification in Poland]. *Roczniki Gleboznawcze* T. 62. Nr 3 ss. 193.
- MIATKOWSKI Z., SOŁTYSIK A., TURBIAK J., WASILEWSKI Z. 2005. Ocena uwilgotnienia siedlisk łąkowych metodą fitoindykacji w rejonie leja depresji KWB Bełchatów [Assessment of moisture of grasslands sites by the phytoindication method in the region of depression crater of KWB Bełchatów]. *Łąkarstwo w Polsce*. Nr 8 s. 123–130.
- MOTYKA J., CZÓP M., JOŃCZYK W., STACHOWICZ Z., JOŃCZYK I., MARTYNIAK R. 2007. Wpływ głębokiej eksploatacji węgla brunatnego na zmiany środowiska wodnego w rejonie kopalni „Bełcha-

- tów [Effect of deep brown coal exploitation on changes in water environment in the region of the "Bełchatów" mine]. *Górnictwo i Geoinżynieria*. R. 31. Z. 2 s. 477–487.
- OLESZCZUK R. 2011. Analiza charakterystyk zmian objętości odwadnianych i nawadnianych gleb torfowisk niskich [Analysis of volume change characteristics of drained and irrigated soils of low peatlands]. *Rozprawy naukowe*. Warszawa. Wydaw. SGGW. ISBN 978-83-7583-273-0 ss. 138.
- OŚWIT J. 1992. Identyfikacja warunków wilgotnościowych w siedliskach łąkowych za pomocą wskaźników roślinnych (metoda fitoindykacji). W: *Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe* [Identification of humidity conditions in meadow sites, using vegetation indices (phytoindication method)]. In: *Hydrogenic moisture sites*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 79. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 39–67.
- SAPEK A., SAPEK B., GAWLIK J. 1991. Rozpoznanie nasilenia mineralizacji azotu w glebach torfowych w zasięgu lejka depresyjnego kopalni Bełchatów [Nitrogen mineralization rate in peat soils within the depression funnel of the Bełchatów strim mine]. *Wiadomości IMUZ*. T. 16. Z. 3 s. 79–86.
- TURBIAK J., MIATKOWSKI Z. 2006. Zawartość azotu azotanowego w głęboko odwodnionych glebach torfowo-murszowych [Nitrate nitrogen contents in deeply drained peat-muck soils]. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 513 s. 507–516.
- WASILEWSKI Z. 2015. Rodzaje, potencjał produkcyjny i zachowanie wartości przyrodniczych użytków zielonych. W: *Racjonalne wykorzystanie potencjału produkcyjnego trwałych użytków zielonych w Polsce w różnych warunkach glebowych i systemach gospodarowania* [Types, production potential and natural value preservation of grasslands. In: *Rational utilisation of production potential of permanent grasslands in Poland in various soil conditions and systems of management*]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*. Nr 40 s. 35–56.

Zygmunt MIATKOWSKI, Janusz TURBIAK

**EFFECT OF FERTILIZATION
ON SWARD COMPOSITION AND YIELD OF POST-BOG MEADOW
UNDER THE CONDITIONS OF GROUND WATER DEPRESSION CONE**

Key words: *depression cone, meadow plants, peat-muck soil, yield*

S u m m a r y

The aim of the studies was to determine the effect of mineral fertilization on botanical composition, and meadows yields depending on water conditions. The studies were carried out in the years 2005–2014 at three sites located in habitats with different water conditions. The first of the sites was located out of the reach, the second – on the boundary and the third within the ground water depression cone. A favourable effect of mineral fertilization on increasing grasses share and decreasing herbs and weeds share in the sward at sites supplied with ground water was found. Mineral fertilization caused decrease in papilionaceous plants share. It was also found that deep lowering of ground water level at post-bog sites caused drastic reduction in plant yield. At the site without ground supply mean hay yield in plots without fertilization and with fertilization was 0.40 and 0.85 Mg·ha⁻¹ respectively and was about 10 times lower than at sites supplied with ground water.

Adres do korespondencji: dr hab. Zygmunt Miatkowski, prof. nadzw., Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy ITP, ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz; tel. +48 52 375-01-45, e-mail: z.miatkowski@itp.edu.pl