

Wpłynęło 23.09.2013 r.
Zrecenzowano 06.02.2014 r.
Zaakceptowano 03.03.2014 r.

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

OCENA WPLYWU POZIOMU WODY GRUNTOWEJ NA WARTOŚĆ WYMIANY CO₂ MIĘDZY EKOSYSTEMEM ŁĄKOWYM A ATMOSFERĄ W WARUNKACH DOŚWIADCZENIA LIZYMETRYCZNEGO

Janusz TURBIAK ABCDEF

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

Streszczenie

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu poziomu wody gruntowej na wielkość strumieni CO₂ w ekosystemie łąkowym w warunkach doświadczenia lizymetrycznego. Doświadczenie prowadzono na użytkowanej łąkowo glebie torfowo-murszowej, z czterema poziomami wody gruntowej utrzymywanymi na głębokości 0, 25, 50 i 75 cm. Średnia w okresie badań wartość ogólnej aktywności respiracyjnej (*TER*) wynosiła 1,87 g CO₂·m⁻²·h⁻¹, natomiast średnia wartość fotosyntezy brutto (*P_G*) – 3,60 g·m⁻²·h⁻¹ CO₂. Stwierdzono, że wartość *TER* ekosystemu łąkowego zwiększała się wraz z obniżaniem poziomu wody gruntowej. Największe wartości *P_G* stwierdzono w warunkach poziomu wody gruntowej utrzymywanego na głębokości 50 i 25 cm. Zarówno pełne wysycenie profilu glebowego wodą, jak i utrzymanie poziomu wody na głębokości 75 cm poniżej powierzchni terenu powodowało zmniejszenie wartości *P_G*.

Słowa kluczowe: fotosynteza brutto, ogólna aktywność respiracyjna, poziom wody gruntowej, wymiana ekosystemu netto

WSTĘP

Użytkowanie łąkowe gleb organicznych jest zwykle związane z koniecznością obniżenia w tych glebach poziomu wody gruntowej. W zależności od stopnia prze-

Do cytowania For citation: Turbiak J. 2014. Ocena wpływu poziomu wody gruntowej na wartość wymiany CO₂ między ekosystemem łąkowym a atmosferą w warunkach doświadczenia lizymetrycznego. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 2(46) s. 115–125.

obrażenia utworów organicznych i wartości ewapotranspiracji, zaleca się utrzymywanie poziomu wody gruntowej na głębokości od 25 do 85 cm [SZAJDA i in. 2003]. W okresie intensywnej ewapotranspiracji właściwe uwilgotnienie warstwy korzeniowej użytków zielonych osiąga się wtedy, gdy poziom wody gruntowej utrzymuje się na głębokości ok. 40 cm [OKRUSZKO 1991].

Utrzymywanie niskiego poziomu wody gruntowej w glebach torfowo-murszowych powoduje przyspieszenie procesu murszenia i mineralizacji masy organicznej. Nadmierne obniżenie poziomu wody prowadzi w krańcowych przypadkach do nieodwracalnego przeobrażenia gleby, polegającego na pogorszeniu jej właściwości wodnych, przede wszystkim zmniejszeniu pojemności wodnej [GAWLIK 1994; GNATOWSKI i in. 2008; OLESZCZUK i in. 2009]. W wyniku mineralizacji masy organicznej zmniejsza się miąższość złóż torfu, co prowadzi w dłuższej perspektywie do całkowitego zaniku gleb organicznych [SZUNIEWICZ, CHRZANOWSKI 1993]. Jednym z końcowych produktów mineralizacji masy organicznej jest uwalnianie do atmosfery dwutlenek węgla [BERGLÜND, BERGLÜND 2011; BLODAU i in. 2004].

Istotnym zagadnieniem jest określenie wpływu poziomu wody gruntowej na wartość strumieni CO_2 . Określenie strumieni CO_2 , zarówno emitowanego przez ekosystem w wyniku respiracji, jak i asymilowanego przez rośliny w procesie fotosyntezy, umożliwia określenie bilansu węgla w dowolnym ekosystemie [ALM i in. 1997; ELSHAARD i in. 2012; LOHILA i in. 2003; MALJANEN i in. 2004; TURBIAK 2012].

Celem badań było określenie wpływu poziomu wody gruntowej na wartość strumieni CO_2 w ekosystemie łąkowym w warunkach doświadczenia lizymetrycznego.

OBIEKTY I METODY BADAŃ

Badania bilansu węgla prowadzono w latach 2010–2013 na stacji lizymetrycznej zlokalizowanej na obiekcie Frydrychowo (53°00'01"N, 17°57'26"E), położonym w dolinie Noteci, na kompleksie łąk łabiszyńskich, w województwie kujawsko-pomorskim. Na obiekcie występowała średnio zmurszała gleba torfowo-murszowa MtlIbb, wytworzona z torfu szuwarowego. W warstwie 0–20 cm gęstość objętościowa gleby wynosiła $0,369 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$, pH – 5,85, zawartość masy organicznej – $800 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a azotu ogólnego – $37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Lizymetry o powierzchni $0,16 \text{ m}^2$ ($\varnothing 45 \text{ cm}$) i wysokości 1,0 m napełniono glebą jesienią 2009 r. przez wciśnięcie wewnętrznych wazonów lizymetrów w złożę torfu, co umożliwiło pobranie gleby bez naruszenia jej struktury. W lizymetrach zachowano także naturalną warstwę darniową. W runi dominowały wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) i wyczyńnic łąkowy (*Alopecurus pratensis* L.). Udział każdego z tych gatunków wynosił około 35%.

Gleba w lizymetrach była użytkowana łąkowo i nawożona nawozami mineralnymi na poziomie (w kg·ha⁻¹): N – 70, P₂O₅ – 46 i K₂O – 110. Fosfor w całej dawce był wysiewany wiosną, na początku okresu wegetacyjnego, natomiast azot i potas – wiosną i po pierwszym pokosie, w dwóch równych dawkach. Rośliny były zbierane z powierzchni lizymetrów trzy razy w okresie wegetacyjnym. Pierwszego zbioru roślin dokonywano na początku czerwca, drugiego – pod koniec lipca, a trzeciego – w połowie października. Plony siana przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Plon siana (g·m⁻²) w lizymetrach w zależności od poziomu wody gruntowej

Table 1. Hay yield (g·m⁻²) at lysimetrics depending on ground water level

Rok Year	Poziom wody gruntowej, cm Ground water level, cm				Średnia Mean
	0	25	50	75	
2010	661	996	983	1 070	928
2011	1 314	1 324	1 190	1 259	1 272
2012	1 383	1 293	1 138	1 266	1 270
2013	1 416	1 145	1 070	1 270	1 225
Średnia Mean	1 194	1 190	1 095	1 216	1 174

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

W doświadczeniu założono cztery warianty badawcze, o zróżnicowanym poziomie wody gruntowej, utrzymywanym na głębokości 0, 25, 50 i 75 cm, w trzech powtórzeniach. Łącznie pomiary prowadzono na 12 lizymetrach. Strumienie CO₂ mierzono w co dekadę, od połowy kwietnia do końca października, w godzinach od 9³⁰ do 14³⁰. W latach 2010, 2011, 2012 i 2013 wykonano odpowiednio 20, 20, 19 i 16 cykli pomiarowych. Pomiary strumieni CO₂ wykonywano metodą komór zamkniętych statycznych i dynamicznych. Pomiary metodą komór zamkniętych statycznych wykonywano z zastosowaniem miernika dyfuzyjnego CO₂, który był umieszczany wewnątrz komory pomiarowej, natomiast metodą komór zamkniętych dynamicznych – z wykorzystaniem miernika fotoakustycznego INNOVA 1314. W systemie komór dynamicznych powietrze było zasysane do analizatora i – po określeniu stężenia CO₂ – zawracane w układzie zamkniętym do wnętrza komory. Pomiary miernikiem dyfuzyjnym wykonywano dwa razy, natomiast miernikiem fotoakustycznym jeden raz w miesiącu. W trakcie pomiaru komorę pleksiglasową o wymiarach 45 × 45 × 35 cm umieszczano w osadzonych na lizymetrach stałych, kwadratowych ramkach. Każda ramka miała wycięty w dnie otwór o średnicy 44 cm, w którym był zainstalowany stalowy cylinder długości 20 cm. Cylinder ten był wbijany w glebę na głębokość około 15 cm. Ramki instalowano na lizymetrach na początku okresu wegetacyjnego 2010 r.

Strumienie CO₂ mierzono w warunkach dopływu energii słonecznej, określając w ten sposób wartość wymiany ekosystemu netto *NEE* (ang. net ecosystem ex-

change) i po zaciemnieniu komory nieprzepuszczającym światła pokrowcem, określając wartość ogólnej aktywności respiracyjnej *TER* (ang. total ecosystem respiration) [ALM i in. 1997]. Czas pomiaru wymiany ekosystemu netto wynosił przeważnie ok. 4–5 min., natomiast ogólnej aktywności respiracyjnej (w warunkach zaciemnienia) – ok. 5–6 min. Do określenia wielkości strumieni CO₂ wykorzystywano pomiar z pierwszych kilku minut, w których zmiany stężenia CO₂ były prostoliniowe, przy czym w warunkach dopływu energii świetlnej wykorzystywano wartości zmiany stężenia CO₂ w komorze zachodzące w czasie 1 min., natomiast w warunkach zaciemnienia – od 2 do 4 min. Na podstawie zmieniającego się w czasie we wnętrzu komory stężenia CO₂ obliczano strumień dwutlenku węgla wyrażony w g·m⁻²·h⁻¹, według wzoru [MOSIER, MACK 1980]:

$$E = \rho \frac{V}{A} \frac{\Delta C}{\Delta t} \frac{273}{T + 273} \quad (1)$$

gdzie:

- E – wielkość strumienia, mg CO₂·m⁻²·h⁻¹;
- ρ – gęstość gazu, mg·m⁻³;
- V – objętość komory, m³;
- A – powierzchnia komory, m²;
- $\Delta C/\Delta t$ – średnie tempo zmian stężenia gazu w czasie, ppmv·h⁻¹;
- T – temperatura wewnątrz komory, °C.

W warunkach zaciemnienia stężenie CO₂ w komorze zwiększało się, dlatego wartość *TER* traktowano jako przychód węgla do atmosfery i oznaczano znakiem plus. W warunkach dopływu energii słonecznej zmiany stężenia CO₂ w komorze były zależne od intensywności fotosyntezy i respiracji. Jeżeli fotosynteza była większa niż respiracja ekosystemu (co oznaczało ubytek węgla z atmosfery) wartość *NEE* była oznaczana znakiem minus. Natomiast w przypadku, gdy intensywność fotosyntezy była mniejsza od respiracji – wartość *NEE* była oznaczana znakiem plus. Na podstawie par wyników pomiarów ogólnej aktywności respiracyjnej ekosystemu *TER* i wymiany ekosystemu netto *NEE* obliczano wartość fotosyntezy brutto P_G (ang. gross photosynthesis) (w g CO₂·m⁻²·h⁻¹), która oznacza całkowitą ilość CO₂ pobranego przez rośliny.

$$P_G = TER - NEE \quad (2)$$

W opisie wyników przedstawiono wartości bezwzględne P_G . Uzyskane wartości *TER*, *NEE* i P_G poddano analizie wariancji oraz porównano ich wartości średnie testem Tukeya, za pomocą programu Statistica 7.1.

Opady mierzono na automatycznej stacji meteorologicznej, zlokalizowanej na stacji lizymetrycznej (tab. 2).

Tabela 2. Miesięczne sumy opadów (mm) na stacji meteorologicznej we Frydrychowie**Table 2.** Monthly precipitation sums (mm) at the meteorological station at Frydrychowo

Rok Year	Miesiąc Month							Suma Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
2010	32,6	100,2	13,0	113,0	121,6	80,0	4,2	464,6
2011	8,2	38,1	100,6	99,8	19,1	19,5	10,4	295,7
2012	23,5	28,9	114,4	86,0	37,6	35,4	39,0	364,8
2013	17,9	95,0	52,2	42,8	63,6	61,2	20,6	353,3
1972–2003 ¹⁾	25,0	44,0	58,0	76,0	49,0	44,0	36,0	332,0

¹⁾ ŁABĘDZKI, KASPERSKA-WOŁOWICZ [2005].

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

OGÓLNA AKTYWNOŚĆ RESPIRACYJNA EKOSYSTEMU

Ogólna aktywność respiracyjna *TER* ekosystemu łąkowego na glebie torfowo-murszowej, średnia ze wszystkich wariantów doświadczenia i lat, wynosiła 1,87 g CO₂·m⁻²·h⁻¹ (tab. 3). Istotnie najmniejszą wartość *TER* średnią w okresie badań stwierdzono w wariantcie z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 0 cm – 1,51 g CO₂·m⁻²·h⁻¹. Znacznie mniejsza aktywność respiracyjna ekosystemu w warunkach pełnego wysycenia profilu glebowego wodą była związana z ograniczeniem aktywności respiracyjnej mikroorganizmów glebowych w związku z niedoborem tlenu. Średnia w okresie badań aktywność respiracyjna ekosystemu zwiększała się wraz z obniżaniem poziomu wody gruntowej i w wariantach z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 25, 50 i 75 cm wynosiła odpowiednio: 1,85; 2,04 i 2,06 g CO₂·m⁻²·h⁻¹ (tab. 3).

W kolejnych latach średnia ze wszystkich wariantów doświadczenia wartość *TER* wynosiła 1,72 (2010 r.), 2,04 (2011 r.), 1,77 (2012 r.) i 1,93 g CO₂·m⁻²·h⁻¹ (2013 r.) (tab. 3). Aktywność respiracyjna w 2011 r., większa niż w pozostałych latach, była związana z niekorzystnym rozkładem opadów w okresie wegetacyjnym. Tylko w czerwcu i lipcu 2011 r. opady były większe niż średnie z wielolecia, w pozostałych miesiącach natomiast – wyraźnie mniejsze (tab. 1). Przesuszenie gleby w warstwie korzeniowej powodowało przypuszczalnie wytwarzanie przez rośliny bardziej rozbudowanych systemów korzeniowych, a tym samym zwiększenie aktywności mikroorganizmów ryzosferowych i ogólnej aktywności respiracyjnej ekosystemu. Większą masę korzeni roślinności łąkowej w warunkach braku nawodnień w stosunku do wariantów nawadnianych wykazali MENDRA i BARSZEWSKI [2012].

W 2012 r. średnia aktywność respiracyjna była tylko o 3,9% większa niż w 2010 r., mimo znacznie większej biomasy roślin (tab. 1). Brak różnicowania

Tabela 3. Średnie wartości ogólnej aktywności respiracyjnej ekosystemu TER ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) w zależności od poziomu wody gruntowej

Table 3. Mean total ecosystem respiration TER ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) from the years 2010–2012 in relation to ground water level

Rok Year	Poziom wody gruntowej, cm Ground water level, cm				Średnia Mean
	0	25	50	75	
2010	1,11	1,77	2,01	1,99	1,72 b
2011	1,60	2,13	2,19	2,23	2,04 a
2012	1,47	1,72	1,92	1,97	1,77 b
2013	1,85	1,80	2,03	2,06	1,93 a
Średnia Mean	1,51 c	1,85 b	2,04 a	2,06 a	1,87

Objaśnienie: wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$.

Explanation: values marked with different letters differ significantly at $\alpha = 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

wartości TER w tych latach był przypuszczalnie związany z warunkami troficznymi. W pierwszym roku prowadzenia badań w glebie mogły występować niedobory składników pokarmowych, które powodowały wytwarzanie przez rośliny rozbudowanych systemów korzeniowych. W trzecim roku badań zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe, w związku z systematycznym stosowaniem nawozów mineralnych, mogło być znacznie lepsze, co przyczyniało się do ograniczenia rozwoju systemów korzeniowych i aktywności respiracyjnej mikroorganizmów glebowych. Można więc stwierdzić, że niedobory wody i składników pokarmowych w glebie powodowały zwiększenie aktywności respiracyjnej ekosystemu.

WYMIANA EKOSYSTEMU NETTO

Średnia ze wszystkich wariantów i lat doświadczenia wartość wymiany ekosystemu netto NEE wynosiła $-1,76 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ (tab. 4). Wynika z tego, że asymilacja CO_2 przez rośliny była zdecydowanie większa niż jego emisja z gleby i nadziemnych części roślin. Największe tempo asymilacji CO_2 stwierdzono w wariantach z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 25 i 50 cm p.p.t. W tych wariantach średnia w okresie badań wartość NEE wynosiła odpowiednio $-1,88$ i $-1,87 \text{ g CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. Najmniejsze tempo pobierania CO_2 stwierdzono w wariantach z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 75 cm, w którym wartość NEE wynosiła $-1,53 \text{ g CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. Większa wartość NEE w tym wariantach była powodowana większą emisją CO_2 z gleby (tab. 3), a także ograniczeniem tempa fotosyntezy w związku z niedostatecznym zaopatrzeniem roślin w wodę. W warunkach poziomu wody gruntowej na głębokości 75 cm wilgotność gleby przez większą część okresu wegetacyjnego utrzymywała się poniżej $\text{pF } 4,2$, a więc poniżej punktu trwałego wędnięcia (rys. 1). Niedobór wody w gle-

Tabela 4. Średnie wartości wymiany ekosystemu netto *NEE* (g CO₂·m⁻²·h⁻¹) w zależności od poziomu wody gruntowej

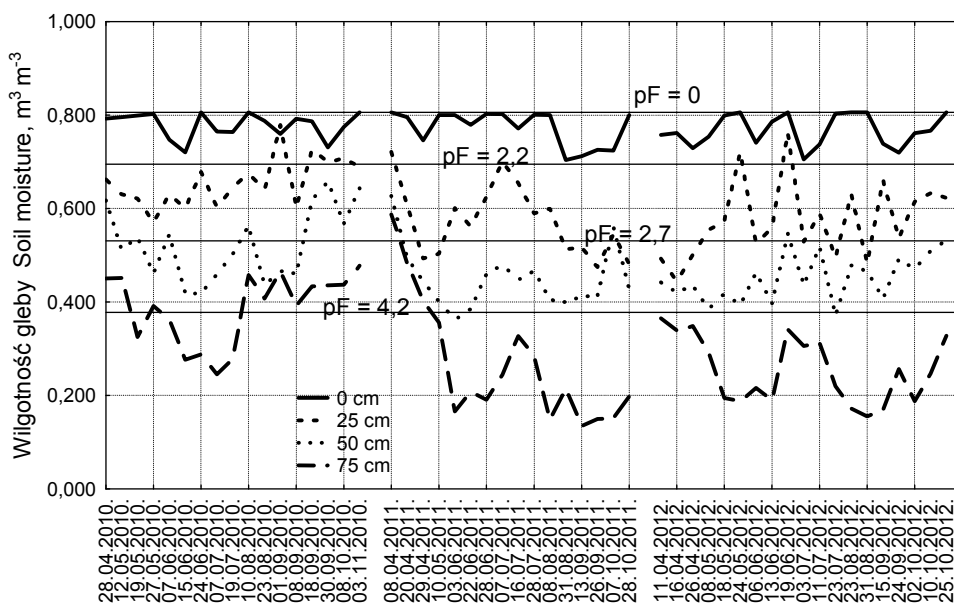
Table 4. Mean values of net ecosystem exchange *NEE* (g CO₂·m⁻²·h⁻¹) in relation to ground water level

Rok Year	Poziom wody gruntowej, cm Ground water level, cm				Średnia Mean
	0	25	50	75	
2010	-1,08	-1,09	-1,05	-0,93	-1,04 a
2011	-1,86	-2,10	-2,02	-1,72	-1,92 b
2012	-1,94	-2,17	-2,26	-1,67	-2,01 b
2013	-2,20	-2,11	-2,17	-1,79	-2,07 b
Średnia Mean	-1,77 b	-1,87 b	-1,88 b	-1,53 b	-1,76

Objaśnienie: wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$.

Explanation: values marked with different letters differ significantly at $\alpha = 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.



Rys. 1. Wilgotność gleby w warstwie korzeniowej w zależności od poziomu wody gruntowej; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Soil moisture in the root layer in relation to ground water level; source: own study

bie powoduje zmniejszenie turgoru w komórkach roślin i zamknięcie aparatów szparkowych, które ogranicza pobieranie CO₂ z atmosfery [SAKOWSKA i in. 2012].

Istotnie największą wartość *NEE* notowano w 2010 r., co wiązało się z małą biomasa roślin (tab. 1). Średnia ze wszystkich wariantów doświadczenia wartość

NEE wynosiła w tym roku $-1,04 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ i była prawie dwukrotnie większa niż w latach 2011–2013 (tab. 4).

FOTOSYNTEZA BRUTTO

Średnia ze wszystkich wariantów i lat doświadczenia wartość fotosyntezy brutto P_G wynosiła $3,61 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (tab. 5). Istotnie większe wartości P_G stwierdzono w wariantach zapewniających optymalne zaopatrzenie roślin w wodę, tj. w warunkach utrzymywania poziomu wody gruntowej na głębokości 50 i 25 cm p.p.t. Wartości P_G w tych wariantach wynosiły odpowiednio 3,87 i 3,71 $\text{g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Wartość fotosyntezy brutto w lizymetrach, w których poziom wody gruntowej utrzymywano na głębokości 75 cm wynosiła $3,53 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, a najmniejszą wartość P_G stwierdzono w wariancie z poziomem wody gruntowej 0 cm – $3,26 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$.

Tabela 5. Średnie wartości fotosyntezy brutto P_G ($\text{g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) w zależności od poziomu wody gruntowej

Table 5. Mean gross photosynthesis P_G ($\text{g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) in relation to ground water level

Rok Year	Poziom wody gruntowej, cm Ground water level, cm				Średnia Mean
	0	25	50	75	
2010	2,15	2,82	2,90	2,77	2,69 b
2011	3,45	4,23	4,21	3,95	3,96 a
2012	3,40	3,89	4,17	3,63	3,77 a
2013	4,04	3,91	4,21	3,75	4,00 a
Średnia Mean	3,26 c	3,71 ab	3,87 a	3,53 b	3,61

Objaśnienie: wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$.

Explanation: values marked with different letters differ significantly at $\alpha = 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Fotosynteza brutto w wariancie z poziomem wody utrzymywanym na głębokości 0 cm była w latach 2010–2012 mniejsza niż w pozostałych wariantach wilgotnościowych, natomiast w 2013 r. była mniejsza tylko od fotosyntezy brutto w wariancie z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 50 cm (o 4,2%). Zwiększenie się wartości P_G w 2013 r. w wariancie z poziomem wody 0 cm było związane z dużą biomasą roślin (tab. 1). Duże plony w warunkach mniejszej niż w pozostałych wariantach, średniej w okresie badań wartości P_G mogą świadczyć o tym, że rośliny zużywały większe ilości produktów fotosyntezy na wytwarzanie biomasy części nadziemnych, a znacznie mniej na rozwój systemów korzeniowych.

Istotnie mniejszą średnią ze wszystkich wariantów wartość P_G stwierdzono w pierwszym roku badań (2010 r.), w którym wynosiła ona 2,69 g·m⁻²·h⁻¹. W latach 2011, 2012 i 2013 średnie wartości P_G wynosiły odpowiednio 3,96, 3,77 i 4,00 g·m⁻²·h⁻¹ i były odpowiednio o 47,2, 28,6 i 32,8% większe niż w 2010 r. Jak już wspomniano znacznie większe tempo asymilacji CO₂ w latach 2011–2013 było związane z biomasą roślin średnio o 35,3% większą niż w 2010 r. (tab. 1). Systematyczny przyrost plonu siana w latach 2011–2013 stwierdzono tylko w warunkach poziomu wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 0 cm. Te przyrosty można wytłumaczyć sukcesją roślin spowodowaną zmianą warunków wodnych. W pierwszym roku badań obserwowano wypadanie z runi wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) i zwiększenie udziału gatunków przystosowanych do warunków dużego uwilgotnienia gleby. W tym wariantcie wilgotnościowym w drugim i w kolejnych latach badań w runi dominował wyczyniec łąkowy (*Alopecurus pratensis* L.), którego udział wynosił około 70%. Sukcesję roślin obserwowano także w wariantcie z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 75 cm. W tym wariantcie stwierdzono zmniejszenie udziału wyczyńca łąkowego (*Alopecurus pratensis* L.) i wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.), a zwiększenie udziału perzu właściwego (*Elymus repens* L.) i mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg). Zmiany składu gatunkowego nie spowodowały jednak istotnych zmian plonu siana.

WNIOSKI

1. Głębokość utrzymywania poziomu wody w glebie torfowo-murszowej miała istotny wpływ na wartość ogólnej aktywności respiracyjnej, wymiany ekosystemu netto i fotosyntezy brutto.

2. Ogólna aktywność respiracyjna TER ekosystemu łąkowego na glebie torfowo-murszowej zwiększała się wraz z obniżaniem poziomu wody gruntowej. W latach 2010–2012 średnia wartość aktywności respiracyjnej wynosiła 1,87 g CO₂·m⁻²·h⁻¹.

3. W okresie badań wartość wymiany ekosystemu netto NEE wynosiła średnio -1,76 g·m⁻²·h⁻¹. Najmniejsze wartości NEE stwierdzono w warunkach optymalnego dla rozwoju roślin uwilgotnienia gleby, a największe – w warunkach jej przesuszenia i pełnego wysycenia profilu glebowego wodą.

4. Średnia wartość fotosyntezy brutto wynosiła w okresie badań 3,60 g CO₂·m⁻²·h⁻¹. Istotnie mniejszą wartość P_G stwierdzono w warunkach pełnego wysycenia profilu glebowego wodą, a istotnie większą w warunkach poziomu wody gruntowej utrzymywanego na głębokości 50 i 25 cm.

LITERATURA

- ALM J., TALANOV A., SAARNIO S., SILVOLA J., IKKONEN E., AALTONEN H., NYKÄNEN H., MARTIKAINEN P. 1997. Reconstruction of the carbon balance for microsites in a boreal oligotrophic pine fen, Finland. *Oecologia*. Vol. 110 s. 423–431.
- BLODAU CH., BASILIKO N., MOORE T.R. 2004. Carbon turnover in peatland mesocosms exposed to different water table levels. *Biogeochemistry*. Vol. 67 s. 331–351.
- BERGLUND Ö., BERGLUND K. 2011. Influence of water table level and soil properties on emissions of greenhouse gases from cultivated peat soil. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 43 s. 923–931.
- ELSGAARD L., GÖRRES C.M., HOFFMANN C.CH., BLICHER-MATHIESEN G., SCHELDE K., PETERSEN S.O. 2012. Net ecosystem exchange of CO₂ and carbon balance for eight tempera organic soils under agricultural management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 162 s. 52–67.
- GAWLIK J. 1994. Wpływ głębokiego i długotrwałego odwodnienia gleb hydrogenicznych na ich fizyczno-wodne właściwości. *Wiadomości IMUZ*. T. 18. Z. 2 s. 9–28.
- GNATOWSKI T., OLESZCZUK R., SZATYŁOWICZ J., BRANDYK T. 2008. Analysis of retention and hydraulic properties in peat-moorsh soil. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 17. No. 3A s. 211–215.
- LOHILA A., AURELA M., REGINA K., LAURILA T. 2003. Soil and total ecosystem respiration in agricultural fields: effect of soil and crop type. *Plant and Soil*. Vol. 251 s. 303–317.
- ŁABĘDZKI L., KASPERSKA-WOŁOWICZ W. 2005. Zmienność warunków meteorologicznych i ewapotranspiracji użytków zielonych w dolinie Górnej Noteci w latach 1972–2003. W: *Rola stacji terenowych w badaniach geograficznych*. Kraków. Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ s. 238–246.
- MALJANEN M., KOMULAINEN V.M., HYTTONEN J., MARTIKAINEN P.J., LAINE J. 2004. Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 36. Iss. 11 s. 1801–1808.
- MENDRA M., BARSZCZEWSKI J. 2012. Wpływ nawożenia i deszczowania na plonowanie runi łąkowej oraz masę korzeni. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 3 (39) s. 149–159.
- MOSIER A.R., MACK L. 1980. Gas-chromatographic system for precise, rapid analysis of nitrous-oxide. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 44 s. 1121–1123.
- OKRUSZKO H., CHURSKI T., KOWALCZYK Z. 1991. Zróżnicowanie w obrębie gleb torfowych i ich wpływ na warunki gospodarowania. W: *Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności zakładu doświadczalnego Biebrza*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 77. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 23–42.
- OLESZCZUK R., SZATYŁOWICZ J., BRANDYK T., GNATOWSKI T. 2009. Charakterystyka procesu kurczenia dla torfów niskich średnio rozłożonych. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*. Z. 1(43) s. 13–22.
- SAKOWSKA K., JUSZCZAK R., UŹDZICKA B., OLEJNIK J. 2012. Zmienność dobową strumieni CO₂ wymienianych między atmosferą a różnymi uprawami rolniczymi. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 2 (38) s. 221–244.
- SZAJDA J., OLSZTA W., KOWALSKI D. 2003. Klimatyczne i glebowo-wodne wskaźniki środowiska odwodnionych ekosystemów torfowiskowych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. *Acta Agrophisica*. Vol. 1. Nr 4 s. 759–765.
- SZUNIEWICZ J., CHRZANOWSKI S. 1995. Przeobrażanie się i spłykanie odwodnionych gleb torfowych na przykładzie torfowiska Kuwasy. W: *Torfownawstwo w badaniach naukowych i praktyce*. Materiały Seminaryjne IMUZ. Nr 34. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 241–246.
- TURBIAK J. 2012. Bilans węgla w ekosystemie łąkowym na średnio zmurszałej glebie torfowo-murkowej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 4 (40) s. 281–294.

Janusz TURBIAK

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF GROUND WATER LEVEL ON CO₂ EXCHANGE RATE BETWEEN A GRASSLAND ECOSYSTEM AND THE ATMOSPHERE IN LYSIMETRIC EXPERIMENT

Key words: *gross photosynthesis, ground water level, net ecosystem exchange, total ecosystem respiration*

S u m m a r y

The aim of the studies was to determine in lysimetric experiment the effect of ground water level on the rate of CO₂ flux in a grassland ecosystem. The experiment was carried out in grassland-used peat-muck soil with four ground water levels kept at depths of 0, 25, 50 and 75 cm below ground surface. The mean total ecosystem respiration *TER* was 1.87 g CO₂·m⁻²·h⁻¹ while the mean gross photosynthesis *P_G* – 3.6 g CO₂·m⁻²·h⁻¹. It was found that the *TER* value of the grassland ecosystem increased together with ground water level lowering. The highest *P_G* values were found at ground water level 50 and 25 cm deep. Both soil profile saturation with water and water depth of 75 cm caused a decrease in *P_G* value.

Adres do korespondencji: dr inż. J. Turbiak, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy ITP w Bydgoszczy, ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz; tel. +48 52 375-01-07, e-mail: J.Turbiak@itp.edu.pl