

DOBOWA ZMIENNOŚĆ STRUMIENIA CO₂ NAD POLEM PSZENŻYTA

Włodzimierz Pawlak, Mariusz Siedlecki, Krzysztof Fortuniak, Kazimierz Kłysik

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Łódzki
ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: wpawlak@geo.uni.lodz.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów zmienności dobowej strumienia netto dwutlenku węgla nad polem pszenżyta. Pomiary te przeprowadzono w trakcie czterech kilkudniowych sesji pomiarowych pomiędzy majem a wrześniem 2004 roku (różne fazy wzrostu zboża oraz ściernisko) w celu zbadania zależności pomiędzy stopniem rozwoju pszenżyta a intensywnością pionowego transportu dwutlenku węgla. Do szacowania strumieni wykorzystano metodę kowariancji wirów. Pomiary ujawniły wyraźny rytm dobowy strumienia netto dwutlenku węgla. Zakres wahań dobowych strumienia zmieniał się od maksymalnego w fazie wzrostu do minimalnego przed żniwami i po żniwach (ściernisko).

Słowa kluczowe: strumień dwutlenku węgla, metoda kowariancji wirów, analizator gazowy, anemometr akustyczny

WSTĘP

Wpływ podstawowych elementów pogody (jak temperatura powietrza, temperatury ekstremalne czy wilgotność powietrza) na rozwój i plonowanie roślin uprawnych jest stosunkowo dobrze udokumentowany. Mniej uwagi poświęcono wymianie gazowej między podłożem a atmosferą. Szczególne znaczenie zarówno dla procesów fotosyntezy i oddychania jak i globalnych zmian klimatycznych ma dwutlenek węgla. Rozwój nowoczesnych technik pomiarowych umożliwia poznanie nie tylko stężenia CO₂ w powietrzu lecz również turbulencyjnych strumieni tego gazu nad gruntem [2,9] oraz kompleksami różnego rodzaju roślinności [1,3,6-8,11,16,18]. Niniejsza praca zawiera wstępne wyniki eksperymentu pomiarowego mającego na celu uzyskanie informacji o dobowej zmienności stężenia i natężeniu pionowego transportu CO₂ nad polem pszenżyta.

METODA POMIAROWA

W opracowaniu wykorzystano metodę kowariancji wirów, zwaną również metodą kowariancyjną lub z języka angielskiego „eddy covariance” [4,5,13,14-16]. W metodzie tej strumień wielkości skalarnej (w tym przypadku dwutlenku węgla) przedstawia się jako:

$$F_{CO_2} = \overline{w\rho_{CO_2}} \quad (1)$$

gdzie F_{CO_2} to średnia gęstość strumienia dwutlenku węgla, w oznacza pionową składową prędkości wiatru, natomiast ρ_{CO_2} reprezentuje stężenie dwutlenku węgla. Zakłada się, że chwilowa wartość obserwowanej wielkości to suma jej wartości średniej i chwilowego odchylenia. Chwilową wartość pionowej prędkości wiatru oraz stężenia dwutlenku węgla można zapisać jako:

$$w = \overline{w} + w' \quad (2)$$

$$\rho_{CO_2} = \overline{\rho_{CO_2}} + \rho_{CO_2}' \quad (3)$$

gdzie w' i ρ_{CO_2}' oznaczają chwilowe odchylenia od wartości średnich.

Ponieważ w' jest zanedbywalnie małe, turbulencyjny strumień dwutlenku węgla F_{CO_2} można zapisać jako średni iloczyn fluktuacji pionowej prędkości wiatru i fluktuacji stężenia dwutlenku węgla [5,16,18]:

$$F_{CO_2} = \overline{w'\rho_{CO_2}'} \quad (4)$$

Zaletą metody kowariancji wirów jest jej duża dokładność wynikająca z braku konieczności stosowania w obliczeniach współczynników empirycznych, co stanowiło podstawową wadę metod stosowanych wcześniej (np. metoda gradientowa) [4,15,17]. Wadą metody jest konieczność pomiaru fluktuacji pionowej składowej prędkości wiatru i stężenia dwutlenku węgla w powietrzu z częstotliwością co najmniej 10 Hz.

Pionowy turbulencyjny strumień netto dwutlenku węgla obliczony zgodnie z równaniem (4) oprócz wartości charakteryzuje się również zwrotem – ujemny strumień netto oznacza wypadkowy transport dwutlenku węgla w dół (do powierzchni czynnej), czyli przewagę procesów pochłaniania nad emisją. Dodatni strumień netto oznacza natomiast transport skierowany w górę (od powierzchni czynnej do atmosfery) czyli przewagę emisji nad pochłanianiem.

W badanym przypadku, w celu obliczenia strumienia netto F_{CO_2} zastosowano tradycyjne uśrednianie Reynoldsa fluktuacji (wzór 4) dla 15-minutowych prze-

działów czasu. Następnie wartości te posłużyły wyznaczeniu średnich godzinnych. Wybór 15-minutowych przedziałów liczenia strumieni turbulencyjnych, często spotykany w badaniach transportu CO₂ [np. 16], jest kompromisem pomiędzy dążeniem do stacjonarności szeregu a uwzględnieniem składowej wynikającej z dużych wirów warstwy granicznej. Należy jednak podkreślić, że strumienie liczone z 15-minutowych przedziałów i uśredniane do jednej godziny były prawie identyczne jak liczone dla przedziałów godzinnych. Obliczanie strumieni poprzedzono weryfikacją danych (ze względu na krótki okres pomiarowy przeprowadzaną manualnie) mającą na celu wyeliminowanie sztucznych impulsów (ang. spikes). Przy obliczaniu strumieni zastosowano korektę ze względu na temperaturę i wilgotność zgodnie z procedurą zaproponowaną przez Liu [12] dającą zbliżone rezultaty do powszechnie stosowanych wzorów wyprowadzonych przez Webb i in. [17], lecz opartą na mniej restrykcyjnych założeniach.

PRZYRZĄDY POMIAROWE

W eksperymencie zastosowano zestaw następujących przyrządów (rys. 1):

- anemometr akustyczny (RMYoung 81000, R.M.Young Company, USA) – służy do pomiaru prędkości wiatru wzdłuż trzech osi x , y i z , efektem czego są dwie prędkości poziome u i v oraz prędkość pionowa w . Bardzo mała stała czasowa pomiarów (rejestracja pomiarów z częstotliwością 10 Hz) umożliwia pomiar fluktuacji składowych prędkości wiatru. Czujnik składa się z trzech par nadajników i odbiorników fal dźwiękowych umieszczonych w odległości 15 cm od siebie. Pomiar czasu jaki fala dźwiękowa pokonuje między odbiornikiem a nadajnikiem pozwala na określenie prędkości ruchu powietrza wzdłuż osi nadajnik-odbiornik. Trzy osie pomiarów umożliwiają wyznaczenie wszystkich trzech składowych ruchu powietrza. Przyrząd umieszczony był na wysokości 2,4 m nad gruntem,
- analizator gazowy (Li7500 open path CO₂/H₂O Infra Red Gas Analyzer IRGA, Li-cor, USA), umożliwiający pomiary fluktuacji zawartości dwutlenku węgla w powietrzu (mmol·m⁻³ lub mg·m⁻³) z dużą częstotliwością. Głowica przyrządu składa się z emitera oraz odbiornika fali podczerwonej oddalonego od emitera o 12,5 cm. Zawartość CO₂ w powietrzu wyznaczana jest na podstawie pomiaru absorpcji fali o długości 4,26 μm przez dwutlenek węgla na drodze emitor-odbiornik. Głowica przyrządu umieszczona była bezpośrednio przy głowicy anemometru akustycznego na wysokości 2,4 m nad gruntem.
- bilansomierz CNR1 (Kipp & Zonen, Holandia) – zbudowany z dwóch par przeciwnie skierowanych pyranometrów i pyrgeometrów. Służy do pomiaru składników bilansu radiacyjnego: promieniowania krótkofalowego padającego i odbitego, oraz promieniowania długofalowego własnego Ziemi i zwrot-

nego atmosfery. Saldo promieniowania jest obliczane jako algebraiczna suma mierzonych składników. Przyrząd umieszczony był na wysokości 2,2 m nad gruntem.

- dwa czujniki temperatury i wilgotności powietrza (Pro RH/ Temp – H08-032-08, Onset, USA), umieszczone na wysokości 0,4 i 1,8 m nad gruntem.
- do rejestrowania danych wykorzystano rejestratory 21X oraz CR10X (Camp-bell Scientific, USA), podłączone do komputera PC przez porty RS232.



Rys. 1. Przyrządy pomiarowe (od lewej): analizator gazowy CO₂/H₂O, anemometr soniczny, bilansomierz
Fig. 1. Measuring instruments (from left) : gas analyzer CO₂/H₂O, sonic anemometer, radiometer

Dane służące do pomiarów strumieni turbulencyjnych rejestrowane były z częstotliwością 10 Hz i zestawiane w pliki godzinne, pozostałe dane zapisywane były raz na 10 min (średnie 10-minutowe i wartości chwilowe).

CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA POMIAROWEGO

System pomiarowy zainstalowano na polu pszenżyta w miejscowości Annosław (170 m n.p.m.), położonej na Wysoczyźnie Rawskiej, będącej częścią Niziny Mazowieckiej, ok. 70 km na wschód od Łodzi. W rejonie Annosławia dominują gleby bielcowe, IV klasy bonitacyjnej. Wykorzystane do pomiarów pole pszenżyta miało wymiary 50 na 100 m. Stosunkowo niewielkie obszary pola powodują, że obszar źródłowy czujników (ang. source area, footprint) mógł wykraczać poza jego

obszary zwłaszcza w przypadku równowagi stałej [18]. Jednakże, na sąsiednich polach dominowały podobne uprawy zbożowe lub trawa co pozwala przypuszczać, że wpływ niejednorodności podłoża na pomiary był stosunkowo niewielki.



Rys. 2. Pole pszenżyta w trakcie pomiarów: a) 29 maja, b) 8 lipca, c) 5 sierpnia, d) 3 września 2004 roku
Fig. 2. Triticale field during measurements: a) 29th May, b) 8th July, c) 5th August, d) 3rd September, 2004

Pomiary strumienia dwutlenku węgla przeprowadzono w trakcie czterech sesji pomiarowych na wiosnę i latem 2004 roku: w fazie wzrostu zboża (29 maja), podczas dojrzewania (8 lipca), przed żniwami (5 sierpnia) oraz po żniwach (3 września). Dominowała pogoda ze słabym wiatrem, z dobrze rozwiniętą konwekcją w ciągu dnia (rys. 3, tab. 1). Nocami zanik konwekcji powodował znaczne zmniejszenie turbulencyjnego mieszania co powoduje, iż pomiary z godzin nocnych mogą być obciążone większym błędem ze względu na możliwość gromadzenie się CO₂ w warstwie między przyrządem a powierzchnią ziemi. Ze względu na stosunkowo niewielką grubość tej warstwy ilość nagromadzonego CO₂ powinna być stosunkowo niewielka, może ona jednak powodować znaczny wzrost strumienia we wczesnych godzinach porannych podczas rozwoju konwekcyjnej warstwy mieszania.

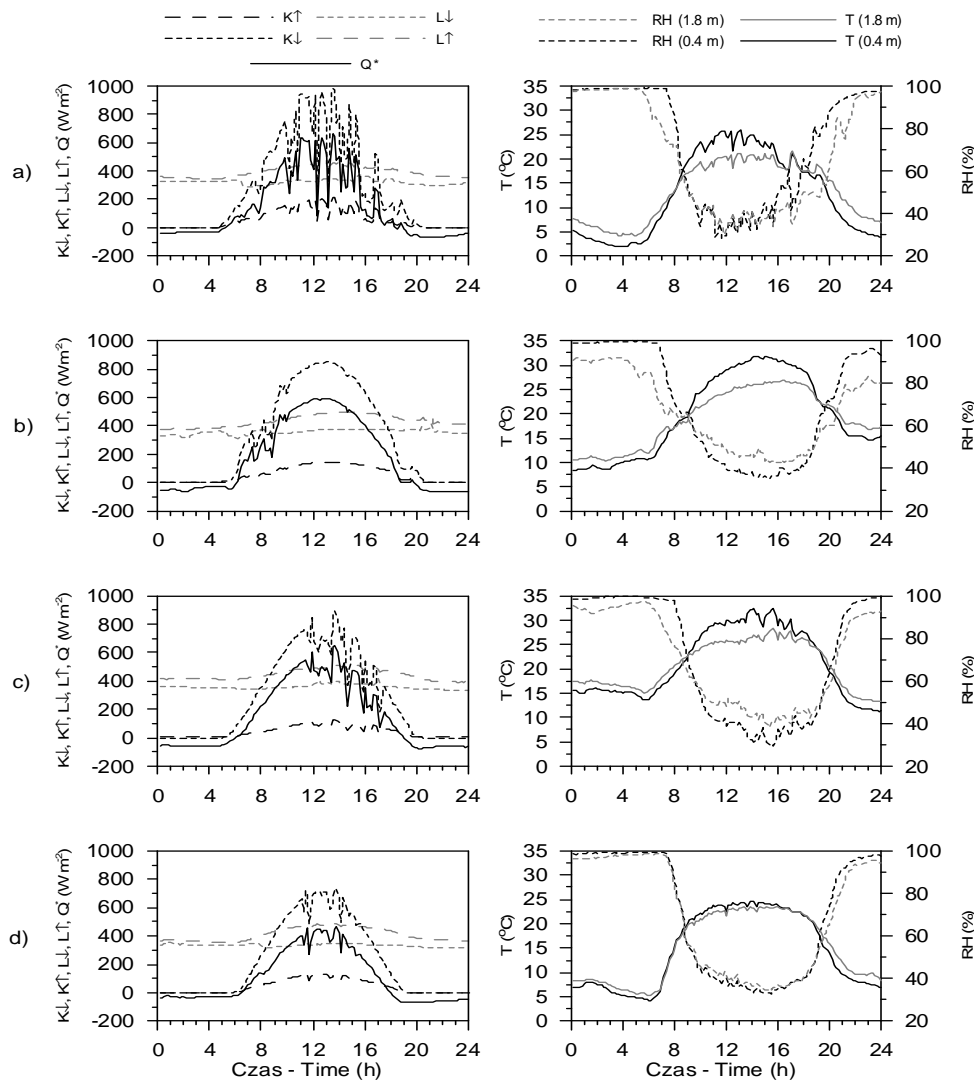
Tabela 1. Warunki meteorologiczne podczas pomiarów
Table 1. Meteorological conditions during measurements

Termin Date	Wysokość zboża Plant height (cm)	Faza wzrostu Growth phase	Zachmurzenie Cloud cover	Chmury Clouds	Kierunek wiatru Wind direction
29.05.2004	70	wzrost growth	0-3	Cu	E
08.07.2004	140	dojrzewanie maturing	0-3	Cs, Ci, Cu	SE, E, SW
05.08.2004	115	przed żniwami before harvest	0-5	Cu	E
03.09.2004	–	ściernisko stubble field	0-5	Cu	N, NW

WYNIKI

Podstawowym założeniem eksperymentu było uzyskanie porównywalności wyników w odniesieniu do zmieniających się warunków radiacyjnych (spadek wartości bilansu radiacyjnego między majem a wrześniem). W tym celu starano się przeprowadzić pomiary w dniach bez opadów o charakterze bezchmurnym (lub z małym zachmurzeniem). Oczywiście w cieplej porze roku dni idealnie bezchmurne należą do rzadkości. W dniach pomiarowych występowało zachmurzenie konwekcyjne, które tylko podczas trzeciej i czwartej sesji pomiarowej sięgnęło wartości 5 (godziny południowe lub popołudniowe – rys. 3). Tak duże zachmurzenie miało jednak charakter krótkotrwały. Promieniowanie całkowite cechował więc rytm dobowy z maksimum w południe, przy czym wartości maksymalne sięgnęły około $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w maju, około $900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w lipcu i sierpniu oraz $750 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ we wrześniu. Saldo promieniowania również osiągało wartości maksymalne w południe, od $650 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w maju, $600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w lipcu i sierpniu do $450 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ we wrześniu. W nocy bilans stawał się ujemny, jednak jego wartość nigdy nie spadła poniżej $-80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

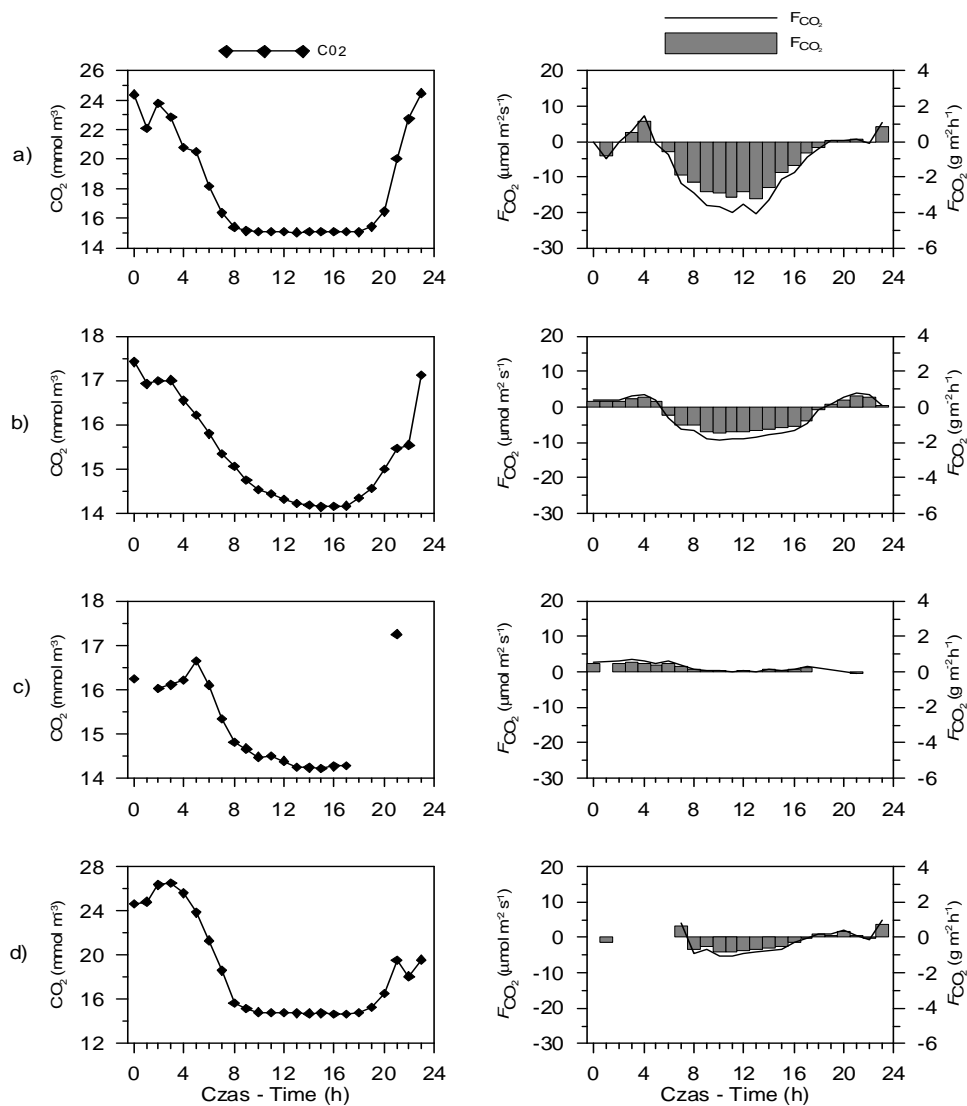
Odzwierciedleniem warunków radiacyjnych była wyraźna dobowo zmienność temperatury oraz wilgotności powietrza (rys. 3). Niezależnie od wysokości temperatura powietrza osiągała minimum w godzinach porannych (z wyjątkiem lipca, kiedy w godzinach porannych wystąpiło zachmurzenie), a maksimum w południowych. W każdym przypadku amplituda dobowo temperatury powietrza była wyższa na wysokości 0,4 m i sięgała od 24°C (29 maja) do 20°C (3 września). Na wysokości 1,8 m a więc ponad poziomem zboża amplitudy były mniejsze i zawierały się między 15 a 18°C . Wilgotność powietrza w trakcie wszystkich sesji w nocy osiągała stan nasycenia (na wysokości 0,4 m) lub jej wartość przekraczała 90% (1,8 m). W dzień wilgotność względna spadała do 30-40 % na poziomie (0,4 m) oraz 40-50% na wysokości 1,8 m.



Rys. 3. Zmiany dobowe składników bilansu promieniowania (K_{\downarrow} – krótkofalowe promieniowanie całkowite padające, K_{\uparrow} – krótkofalowe promieniowanie odbite, L_{\downarrow} – promieniowanie zwrotne atmosfery, L_{\uparrow} – promieniowanie własne ziemi, Q^* – saldo promieniowania) oraz temperatury (T) i wilgotności powietrza (RH) na wysokości 0,4 i 1,8 m: a) 29 maja, b) 8 lipca, c) 5 sierpnia, d) 3 września 2004 roku

Fig. 3. Diurnal variability of radiation balance components (K_{\downarrow} – incoming shortwave solar radiation, K_{\uparrow} – reflected shortwave radiation, L_{\downarrow} – incoming longwave radiation, L_{\uparrow} – outgoing longwave radiation, Q^* – radiation balance), air temperature (T) and relative humidity (RH) at 0.4 and 1.8 m: a) 29th May, b) 8th July, c) 5th August, d) 3rd September, 2004

Rytmem dobowym cechowało się też stężenie dwutlenku węgla (rys. 4).



Rys. 4. Zmiany dobowe stężenia (CO_2) oraz strumienia (F_{CO_2}) dwutlenku węgla: a) 29 maja, b) 8 lipca, c) 5 sierpnia, d) 3 września 2004 roku. Wykres – F_{CO_2} wyrażone w $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, wykres słupkowy – F_{CO_2} wyrażone w $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$.

Fig. 4. Diurnal variability of concentration (CO_2) and fluxes (F_{CO_2}) of carbon dioxide: a) 29th May, b) 8th July, c) 5th August, d) 3rd September, 2004. Line graph – F_{CO_2} in $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, bar chart – F_{CO_2} in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$.

Wartości maksymalne odnotowywane były w nocy a minimalne w godzinach południowych i popołudniowych. Amplituda wahań wyniosła około 10 mmol·m⁻³ w przypadkach majowym i wrześniowym oraz 4 mmol·m⁻³ (8 lipca i 5 sierpnia). Strumień netto dwutlenku węgla (rys. 4) cechowały ujemne wartości w dzień (strumień skierowany do powierzchni czynnej – pobieranie CO₂ w procesie fotosyntezy) a dodatnie w godzinach nocnych (przewaga pionowego transportu CO₂ od powierzchni czynnej do atmosfery – uwalnianie CO₂ w procesach oddychania roślin). Wyjątkiem jest przypadek sierpniowy kiedy to strumień netto dwutlenku był dodatni przez całą dobę. Najintensywniejsze pochłanianie CO₂ miało miejsce w maju – ujemny strumień tego gazu sięgnął w godzinach południowych 20 μmol·m⁻²·s⁻¹. W kolejnych sesjach pomiarowych wartości te były mniejsze i sięgały 9 μmol·m⁻²·s⁻¹ (lipiec) oraz 5,5 μmol·m⁻²·s⁻¹ w przypadku wrześniowym. W sierpniu wartości strumienia w godzinach południowych były dodatnie lecz nie przekraczały 0,4 μmol·m⁻²·s⁻¹. Nocne uwalnianie CO₂ było mniej intensywne i sięgało 4 μmol·m⁻²·s⁻¹. Wyjątkiem był 29 maja, kiedy to przed wschodem słońca odnotowano wartość 7,5 μmol·m⁻²·s⁻¹. Można więc oszacować, że w ciągu godziny pochłanianie CO₂ nad polem pszenżyta sięgało 3 g·m⁻²·h⁻¹ w maju, po czym wartości spadały do 1,5 g·m⁻²·h⁻¹ (lipiec) i 0,85 g·m⁻²·h⁻¹ (wrzesień). W nocy uwalnianie CO₂ charakteryzowało się mniejszym natężeniem: od 1,2 g·m⁻²·h⁻¹ (maj) do około 0,75 g·m⁻²·h⁻¹ we wrześniu. Luki w pomiarach strumienia CO₂ związane są z nieprawidłowymi wskazaniem analizatora gazowego w przypadku występowania w powietrzu produktów kondensacji lub obecności osadów atmosferycznych na nadajniku i odbiorniku przyrządu.

PODSUMOWANIE

Wyniki pomiarów wykazały występowanie dobowego rytmu strumienia CO₂ – dzienny strumień ujemny, skierowany do powierzchni czynnej (przewaga asymilacji gazu przez rośliny w procesach fotosyntezy nad procesami oddychania oraz wydzielaniem dwutlenku węgla przez glebę) zmieniał się w nocy na strumień dodatni skierowany ku atmosferze (przewaga uwalniania CO₂ przez glebę oraz w procesach oddychania roślin). Pomiarzy pozwoliły wykryć różnice w zmienności strumienia wraz z upływem czasu. Zmienność ta największa była w maju podczas wzrostu zboża, przewaga asymilacji dwutlenku węgla była wtedy największa. Następnie (faza dojrzewania) tempo asymilacji spadało by osiągnąć minimum po żniwach. Charakterystyczna jest minimalna wymiana dwutlenku węgla między podłożem i roślinami a troposferą tuż przed żniwami. Wyłącznie dodatni strumień CO₂ świadczy o przewadze procesów uwalniania gazu przez glebę. Mało intensywna asymilacja CO₂ w ciągu dnia przez suche rośliny spowodowała, że strumień gazu nie

zmienił znaku na przeciwny (jak w pozostałych przypadkach), lecz został w godzinach południowych zredukowany do zera.

Przeprowadzony eksperyment pomiarowy wykazał możliwość ilościowego oszacowania tempa wymiany dwutlenku węgla pomiędzy glebą i kompleksem roślinnym a troposferą. Zastosowanie opisanego systemu pomiarowego oraz metody kowariancji wirów pozwala precyzyjnie określić natężenie oraz kierunek pionowego transportu dwutlenku węgla, a więc tempo asymilacji tego gazu przez rośliny (w tym przypadku pszenżyto) oraz glebę.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baldocchi D., Finnigan J., Wilson K., Paw U K.T., Falge E.:** On Measuring Net Ecosystem Carbon Exchange Over Tall Vegetation On Complex Terrain. *Boundary Layer Meteorology*, 96, 257-291, 2000.
2. **Dugas W.A.:** Micrometeorological and chamber measurements of CO₂ flux from bare soil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 67, 115-128, 1993.
3. **Dugas W.A.:** Carbon dioxide fluxes over a tallgrass prairie in central Texas. *Proceedings of 25th Agricultural and Forest Meteorology*, Norfolk, 19-24.05.2002.
4. **Fortuniak K.:** Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 2003.
5. **Grimmond C.S.B., King T.S., Cropley F.D., Nowak D.J., Souch C.:** Local-scale fluxes of dioxide in urban environments: methodological challenges and results from Chicago. *Environmental Pollution*, 116, 243-254, 2002.
6. **Ham J.M., Knapp A.K.:** Fluxes of CO₂, water vapor and energy from a prairie ecosystem during the seasonal transition from carbon sink to carbon source. *Agricultural and Forest Meteorology*, 89, 1-14, 1998.
7. **Hensen A., Vermeulen, A.T., Wyers G.P., Zhang Y.:** Eddy correlation and related eddy accumulation measurements of CO₂ fluxes over grassland. *Phys. Chem. Earth*, 21, 383-388, 1997.
8. **Ibrom A., Schütz C., Tworek T., Morgenstern K., Oltechev A., Falk M., Constantin J., Gravenhorst G.:** Eddy-correlation measurements of fluxes of CO₂ and H₂O above a spruce stand. *Phys. Chem. Earth*, 21, 409-414, 1996.
9. **Iritz Z., Lindroth A., Gårdenäs A.:** Open ventilated chamber system for measurements of CO₂ and H₂O fluxes from the soil surface. *Soil Technology*, 10, 169-184, 1997.
10. **Kljun N., Calanca P., Rotach N.W., Schmid H.P.:** A simple parametrisation for flux footprint predictions. *Boundary-Layer Meteorology*, 112, 503-523, 2004.
11. **Lee X., Black T.A., den Hartog G., Neumann H.H., Nesic Z., Olejnik J.:** Carbon dioxide exchange and nocturnal processes over a mixed deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 81, 13-29, 1996.
12. **Liu H.:** An alternative approach for CO₂ flux correction caused by heat and water vapour transfer. *Boundary-Layer Meteorology*, 115, 151-168, 2005.
13. **Leśny J., Olejnik J., Chojnicki B.H., Eulenstein F.:** System pomiarowy do badania strumieni masy i energii metodą kowariancji wirów. *Acta Agrophysica*, 57, 69-75, 2001.
14. **Moncrieff J.B., Massheder, J. M., de Bruin H., Elbers J., Friborg T., Heusinkveld B., Kabat P., Scott S., Soegaard H., Verhoef A.:** A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide, *Journal of Hydrology*, 188-189, 589-611, 1997.

15. **Paszyński J., Miara K., Skoczek J.:** Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego. Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN, Warszawa, 1999.
16. **Schmid H.P., Grimmond C.S.B., Cropley F.D., Offerle B., Su H-B.:** Measurements of CO₂ and energy fluxes over a mixed hardwood forest in the mid-western United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103, 357-374, 2000.
17. **Webb E. K., Pearman G. I., Leuning, R.:** Correction of Flux Measurements for Density Effects due to Heat and Water Vapour Transfer. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 106, 85-100, 1980.
18. **Zeller K.F., Nokolov N.T.:** Quantifying simultaneous fluxes of ozone, carbon dioxide and water vapor in a subalpine forest ecosystem. *Environment Pollution*, 107, 1-20, 2000.

DIURNAL VARIABILITY OF CO₂ FLUX ABOVE TRITICALE FIELD

Włodzimierz Pawlak, Mariusz Siedlecki, Krzysztof Fortuniak, Kazimierz Kłysik

Department of Meteorology and Climatology, University of Łódź,
ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: wpawlak@geo.uni.lodz.pl

Abstract. The paper presents the results of diurnal carbon dioxide flux variability measurements above triticale field. Measurements were made during four short sessions between May and September, 2004 (three different growth phases of grain and stubble field), in order to investigate the relation between growth of triticale and vertical transport of carbon dioxide intensity. Eddy covariance method was used for flux estimation. Measurements showed a distinct diurnal rhythm of carbon dioxide flux. The range of diurnal variations of the flux changed from maximal in the growth phase of triticale to minimal before and after harvest (stubble field)

Key words: carbon dioxide flux, eddy covariance method, gas analyzer, sonic anemometer