



Próba oceny produktywności ekosystemu w warunkach polowych Wielkopolski

Natalia Kowalska, Bogdan H. Chojnicki
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

Damian Józefczyk
Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań

Marek Urbaniak, Radosław Juszczak
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

Janusz Olejnik
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań
Global Change Research Center, AS CR, v.v.i. Brno, Czechy

1. Wstęp

Oddziaływanie zmieniających się warunków przyrodniczych na produktywność ekosystemów od wielu lat jest tematem zainteresowań naukowców [17, 21, 7, 12, 14]. Na produktywność ekosystemu wpływają m. in. zmiany fizyczne (np. zmiany temperatury powietrza), chemiczne (np. zmiany stężenia gazów cieplarnianych) oraz radiacyjne atmosfery. Można nawet stwierdzić, że produktywność ekosystemów jest w dużym stopniu odzwierciedleniem zmian zachodzących w atmosferze. Dlatego pomiary prowadzone nad różnego typu ekosystemami, w zmiennych warunkach termicznych i radiacyjnych atmosfery są także istotnym elementem badań nad kierunkiem oraz skalą zmian klimatycznych [1, 2, 3]. Obecnie istnieje wiele metod (np. komorowa, metoda kowariancji wirów, metoda profilowa), służących do oceny wielkości procesów wymiany masy i energii między ekosystemami a atmosferą. Najpopularniejszą z nich jest technika kowariancji wirów (ang. Eddy Covariance EC) [2, 6].

Metoda ta, znana jest już od dawna [19]. Współczesny rozwój techniki umożliwił wykorzystanie metody kowariancji wirów nad różnego rodzaju ekosystemami: podmokłym [26, 8], leśnym [4, 5, 26], rolniczym [9] do pomiarów strumieni masy i energii.

Użytki rolne zajmują około 40–50% powierzchni lądu i odgrywają znaczącą rolę w krążeniu węgla w przyrodzie [22, 24]. Trzy główne gazy cieplarniane, których stężenia regulowane są poprzez działalność rolniczą to dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu [23]. Tebrügge and Epperlein [24] uważają, iż rolnictwo jest odpowiedzialne za emisję ok. 10% gazów cieplarnianych Unii Europejskiej. Intensyfikacja produkcji rolniczej jest ważnym czynnikiem wpływającym na emisję gazów cieplarnianych, szczególnie stosunek intensywności uprawy do utraty węgla glebowego (18). Podczas procesu fotosyntezy natomiast, prowadzanego przez rośliny, CO₂ jest pochłaniany z atmosfery a niezebrana biomasa roślinna gromadzona jest w glebie i przyczynia się do sekwestracji węgla [20, 23]. To, czy tereny rolnicze w większym stopniu są pochłaniaczem czy emitentem CO₂ do atmosfery jest uzależnione od wielu czynników, m.in. od typu gleby, uprawianych roślin, techniki uprawy oraz warunków klimatycznych [10, 24]. Dlatego właśnie tereny użytkowane rolniczo z punktu widzenia bilansu węgla są tak interesującymi obszarami dla naukowców.

W Polsce tereny rolnicze zajmują około 60% powierzchni kraju. Tym bardziej dokładne zrozumienie procesów wymiany masy i energii między tego rodzaju obszarami a atmosferą w kontekście zmian klimatycznych odgrywa ważną rolę. W niniejszej pracy metoda kowariancji wirów wykorzystana była do oszacowania produktywności, tj. wielkości wymiany ekosystemu netto (ang. net ecosystem exchange NEE). Wymiana ekosystemu netto to ilość CO₂ pochłoniętego przez rośliny w procesie fotosyntezy pomniejszona o ilość CO₂ wyemitowanego do atmosfery (w wyniku oddychania ekosystemu) [11, 13, 15]. Wartość NEE rozpatrywana jest z perspektywy atmosfery, dlatego przyjmuje ona wartości ujemne, gdy przeważa absorpcja dwutlenku węgla przez ekosystem, a dodatnie, gdy dominuje emisja tego gazu do atmosfery. W niniejszej pracy badano produktywność pola kukurydzy w wybranym okresie wegetacyjnym. Za pomocą równań Smitha, Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha [22, 23, 17] obliczono wymianę netto ekosystemu (NEE) między polem kukurydzy a atmosferą, oraz podjęto próbę odpowiedzi na

pytanie: jak zmiana warunków termicznych i radiacyjnych wpływa na produktywność badanego pola kukurydzy.

2. Czas i miejsce badań

Pomiary przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym nad polem kukurydzy (o powierzchni około 50 ha) w okresie od 02 do 25.08.2002 roku, w pobliżu wsi Chlewiska, położonej w gminie Kaźmierz w powiecie szamotulskim, leżącej w odległości około 30 km na północny zachód od Poznania. W okresie pomiarowym kukurydza miała od 2 do 2,5 metra wysokości i była dość dobrze rozwinięta (współczynnik ulistwienia LAI = 2,23). Podczas pomiarów rośliny nie przyrastały na wysokość, a łan był w fazie budowania ziarna. Czujniki pomiarowe umieszczono na wysokości 1,5 m nad powierzchnią roślin (rys. 1.).



Rys. 1. System pomiarowy zainstalowany 1,5 metra nad powierzchnią łanu kukurydzy

Fig. 1. Measuring system installed 1.5 meter above the corn field canopy

3. Metody

3.1. Metoda kowariancji wirów

Pomiary wymiany netto ekosystemu wykonywane były za pomocą techniki kowariancji wirów. W tym celu wykorzystano anemometr ultradźwiękowy (R3-100, Gill Instruments Ltd., Lymington, UK) i analizator spektrometryczny H₂O/CO₂ LI-7500 (LI-COR Inc., Lincoln, NE,

USA). Technika ta oparta jest o założenie, że podstawą transportu masy i energii w warstwie granicznej atmosfery jest turbulencja. Wymogiem tej metody jest homogeniczność i płaskość obszaru, na którym prowadzi się pomiary. Strumienie masy i energii obliczane są na podstawie pomiarów fluktuacji wartości wektora pionowej składowej prędkości wiatru oraz fluktuacji wybranej wielkości skalarnej, np. temperatury powietrza, stężenia dwutlenku węgla czy pary wodnej [2, 6, 25].

3.2. Metoda opracowania danych

Zastosowanie metody kowariancji wirów ma sens tylko wówczas, gdy atmosfera charakteryzuje się dobrze rozwiniętą turbulencją. Z tego względu, wyznaczono wartość progową $u^* > = 0,15 \text{ m s}^{-1}$, poniżej której uznaje się zastosowanie metody kowariancyjnej za niewłaściwe.

Strumienie netto CO_2 między powierzchnią pola kukurydzy a atmosferą oszacowano przy określonej ilości energii docierającej do łąnu w postaci promieniowania słonecznego. Wyodrębniono dzienne dane strumieni CO_2 , przyjmując jako granicę między dniem a nocą wartość promieniowania słonecznego $R_s = 10 \text{ W m}^{-2}$.

30-minutowe średnie wartości strumieni CO_2 i prędkości tarciowej (u^*) obliczono za pomocą oprogramowania Eddy Pro, wersji 2.3.0. (LI-COR Inc., USA).

3.3. Oceny wymiany netto ekosystemu (NEE) wg Smitha, Michaelisa-Mentena i Misterlicha

W celu symulacji wartości wymiany netto ekosystemu (NEE) za pomocą modeli Smitha, Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha wykorzystano poniższe równania (1, 2, 3), w których NEE jest zależne od gęstości promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PPFD), produkcji ekosystemu brutto GEP_{opt} oraz wielkości dziennego oddychania ekosystemu (R_{day}). Parametry równań (GEP_{opt} , R_{day} oraz α) wybranych autorów dopasowano na podstawie zgromadzonych danych.

$$NEE = \frac{-\alpha \cdot PPFD \cdot GEP_{opt}}{\sqrt{(\alpha \cdot PPFD)^2 + (GEP_{opt})^2}} + R_{day} \quad (1)$$

$$NEE = \frac{-\alpha \cdot PPFD}{1 - \left(\frac{PPFD}{2000}\right) + (\alpha \cdot PPFD / GEP_{opt})} + R_{day} \quad (2)$$

$$NEE = GEP_{opt} \cdot \left(1 - \exp \left(\frac{-\alpha \cdot PPF D}{GEP_{opt}} \right) \right) + R_{day} \quad (3)$$

gdzie:

NEE – wymiana netto CO₂ ekosystemu [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$];

PPFD – gęstość promieniowania fotosyntetycznie aktywnego [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$];

GEP_{opt} – optymalna produktywność brutto ekosystemu [$\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$];

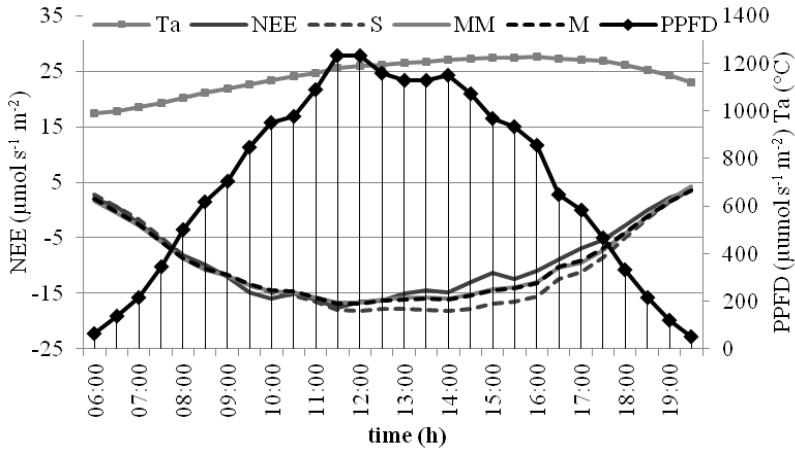
R_{day} – dzienne oddychanie ekosystemu [$\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$];

α – pozorny współczynnik wykorzystania PPFD

[$\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{mol Photosynthetic Active Radiation (PAR)}$].

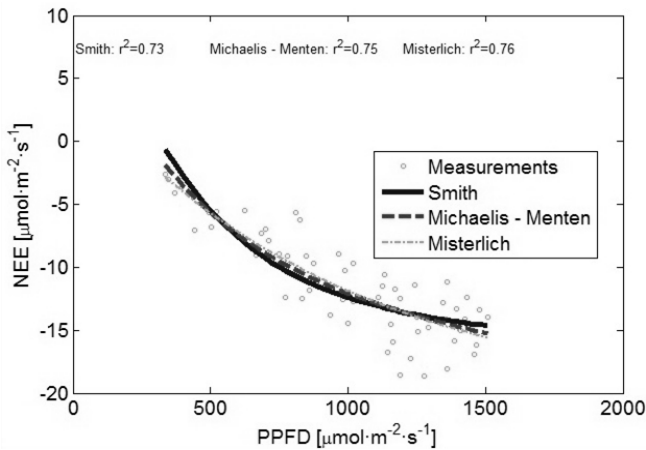
Modele Smitha, Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha posłużyły do uzyskania średnich dobowych przebiegów wymiany netto ekosystemu. Średni dobowy przebieg wymiany ekosystemu netto swoje minimum osiąga około godziny 12:00, co wskazuje na to, że w tym czasie ekosystem, jakim było pole kukurydzy, pochłaniał najwięcej CO₂ w ciągu dnia (rys. 2).

Przedstawiono wizualizację zależności NEE od PPFD w temperaturze 17°C (modele Smitha, Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha). Wszystkie modele charakteryzowały się współczynnikiem korelacji $R^2 > 0,70$, jednak zależność opisana równaniem wg Misterlicha charakteryzowała się najwyższym współczynnikiem korelacji ($R^2=0,76$). Najniższymi wartościami współczynnika korelacji ($R^2=0,73$) cechował się model Smitha (rys. 3).



Rys. 2. Średnie dobowe przebiegi średnich 30-minutowych wartości wymiany ekosystemu netto (NEE) oszacowane w oparciu o równania Smitha (S), Michaelisa-Mentena (MM) i Misterlicha (M), gęstości strumienia promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PPFD) i temperatury powietrza (Ta)

Fig. 2. The average diurnal cycles of 30-minutes net ecosystem exchange (NEE) values estimated by Smith, Michaelis-Menten and Misterlich equations, photosynthetic photon flux density (PPFD) and air temperature (Ta)

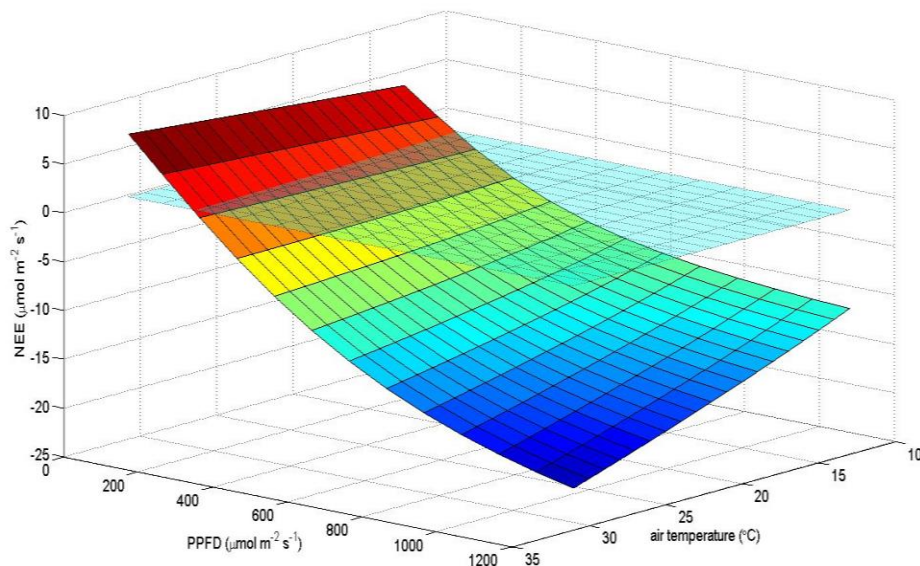


Rys. 3. Zależność wartości wymiany netto ekosystemu (NEE) od gęstości promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PPFD) symulowana według równań Smitha, Michaelisa-Mentena i Misterlicha

Fig. 3. Net Ecosystem Exchange (NEE) values modeled by Smith, Michaelis-Menten and Misterlich versus Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)

4. Wyniki i ich omówienie

Wg modelu Smitha najniższa produktywność ekosystemu ($NEE = 6,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) występuje w warunkach niskiego promieniowania i wysokiej temperatury powietrza. Natomiast wraz ze wzrostem promieniowania następuje wzrost produktywności, a jej najwyższy poziom osiągany jest przy maksymalnych wartościach promieniowania i temperatury (rys. 4). Najbardziej wyraźna zależność między NEE , T_a i $PPFD$ występowała w modelu Michaelisa-Mentena. W tej symulacji zauważono wzrost wartości NEE aż do $10 [\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}]$, co oznacza najniższą wymodelowaną produktywność ekosystemu (rys. 5). Zdaniem Gilmanova i in. (2003) $PPFD$ jest jednym z ważniejszych czynników kontrolujących wymianę CO_2 między ekosystemem a atmosferą.

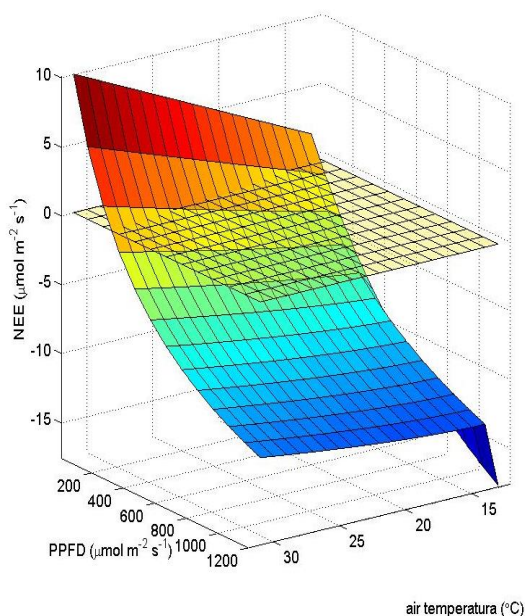


Rys. 4. Zależność wymiany netto ekosystemu (NEE) od gęstości promieniowania fotosyntetycznie aktywnego ($PPFD$) i temperatury powietrza wg modelu Smitha

Fig. 4. The relationship between net ecosystem exchange (NEE) and photosynthetic photon flux density ($PPFD$) and air temperature by Smith's model

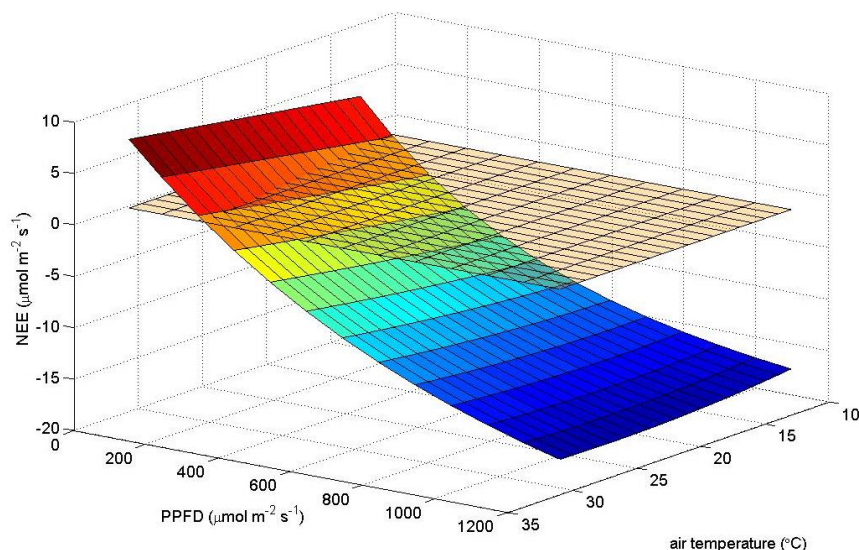
Model Michaelisa-Mentena, podobnie jak model Smitha, wskazuje na najniższą produktywność ekosystemu, w warunkach najniższego promieniowania i najwyższej temperatury. W przypadku tego modelu jednak najwyższa produktywność osiągnięta jest przy maksymalnym promieniowaniu i minimalnej wartości temperatury powietrza (rys. 5).

Wg modeli Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha spadek wartości NEE (czyli wzrost produktywności ekosystemu) następuje wraz ze spadkiem temperatury powietrza i wzrostem wartości PPFD (rys. 5, 6). Podobne wyniki, w których niska temperatura była często główną zmienną środowiskową ograniczającą wielkość gęstości strumieni CO₂ otrzymali Gu i in. (2003), Huxman i in. (2003) oraz Kato i in. (2006).



Rys. 5. Zależność wymiany netto ekosystemu (NEE) od gęstości promieniowania fotosyntenetycznie aktywnego (PPFD) i temperatury powietrza wg modelu Michaelisa-Mentena

Fig. 5. The relationship between net ecosystem exchange (NEE) and photosynthetic photon flux density (PPFD) and air temperature by Michaelis-Menten's model

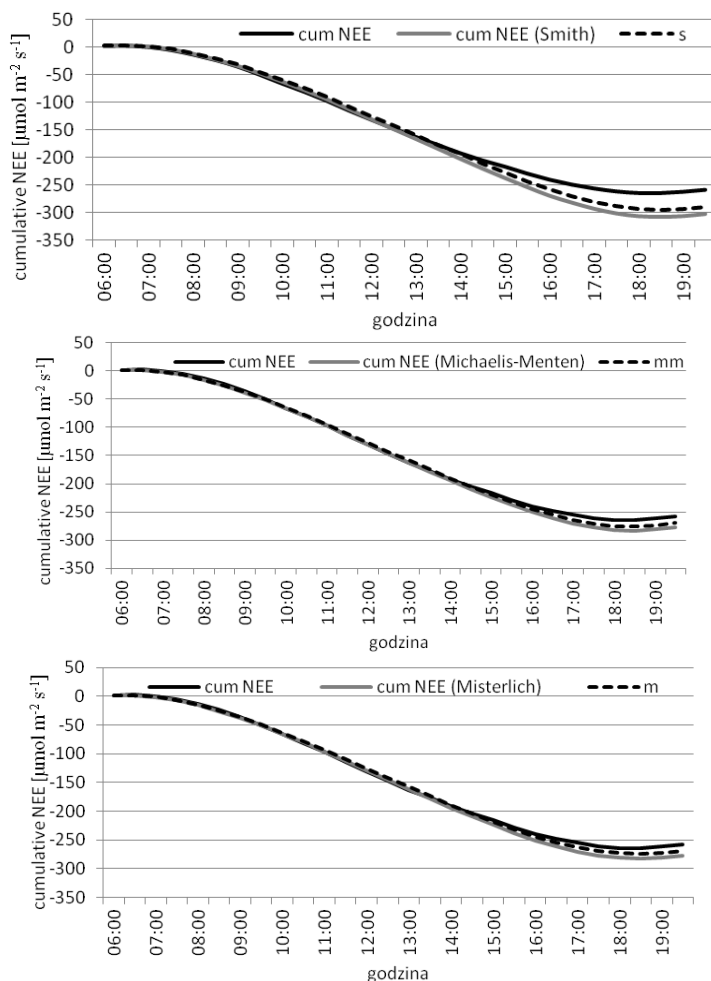


Rys. 6. Zależność wymiany netto ekosystemu (NEE) od gęstości promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PPFD) i temperatury powietrza wg modelu Misterlicha

Fig. 6. The relationship between net ecosystem exchange (NEE) and photosynthetic photon flux density (PPFD) and air temperature by Misterlich's model

W pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie: jak zmiana warunków termicznych i radiacyjnych (obniżenie temperatury powietrza o $0,5^{\circ}\text{C}$ oraz zmniejszenie wartości promieniowania o 4%, jakie wystąpiły po erupcji stratowulkanu Pinatubo na Filipinach w 1991 roku) wpłynie na produktywność pola kukurydzy.

Wg Saito i in. (2009) między temperaturą czy promieniowaniem a NEE istnieje silny związek przyczynowo skutkowy. Wykorzystane wcześniej modele Smitha, Michaelisa-Mentena i Misterlicha posłużyły w pracy do symulacji dobowej kumulowanej sumy wymiany netto ekosystemu nad polem kukurydzy (rys. 7). Wyniki kumulowanych wartości NEE wskazują, że modele Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha są najbardziej dopasowane do rzeczywistych kumulacyjnych wartości wymiany netto (rys. 7). Symulacja wartości NEE, występujących po erupcji wulkanu Pinatubo wskazuje na wzrost pochłaniania CO_2 przez badany ekosystem. Największą wymodelowaną wartość produktywności ekosystemu odnotowano w modelu Smitha.



Rys. 7. Przebieg wartości kumulacyjnych NEE [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] nad polem kukurydzy. Czarna linia ciągła oznacza faktyczne wartości kumulacyjne NEE; szara linia ciągła oznacza kumulacyjne wartości NEE wymodelowane za pomocą modeli: Smitha, Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha; czarna linia przerywana oznacza wartości kumulacyjne NEE wymodelowane wg warunków, które wystąpiły po erupcji wulkanu Pinatubo

Fig. 7. The cycle of cumulative NEE [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] over a field of corn. The black solid line represents the actual value of cumulative NEE, gray solid line represents the cumulative value of NEE modeled by models: Smith, Michaelis-Menten and Misterlicha, black dotted line represents the value of cumulative NEE modeled by conditions, that occurred after the eruption of Mount Pinatubo

5. Podsumowanie

Średnie dobowe przebiegi wymiany netto ekosystemu według Smitha, Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha porównano ze średnimi zmierzonymi dobowymi przebiegami NEE (rys. 2). Średnie dobowe przebiegi wartości półgodzinnych NEE oszacowane w oparciu o równanie Michaelisa-Mentena były najbardziej zbliżone do rzeczywistych pomiarów. Można przypuszczać, iż w tym przypadku model Michaelisa-Mentena [16] był najdokładniejszy.

Wszystkie trzy modele potwierdziły zależności NEE od PPFD oraz T_a . Modele Michaelisa-Mentena oraz Misterlicha potwierdzają, że najwyższa produktywność ekosystemu (tj. najniższa wartość NEE) występuje przy najwyższym promieniowaniu i najniższej temperaturze powietrza.

Model Smitha jako jedyny wskazuje na najwyższą produktywność ekosystemu w warunkach najwyższego promieniowania i najwyższej temperatury.

Wszystkie trzy modele potwierdziły, iż ekosystem jest najmniej produktywny w warunkach niskiego promieniowania i wysokiej temperatury.

Teoretyczna zmiana warunków termicznych i radiacyjnych polegająca na obniżeniu T_a o $0,5^{\circ}\text{C}$ i PPFD o 4% spowodowała, iż badane pole kukurydzy w większym stopniu pochłaniało CO_2 z atmosfery. Stwierdzono, że zmienione warunki termiczno radiacyjne zwiększyły pochłanianie CO_2 przez łan kukurydzy (rys. 7).

Literatura

1. **Baldocchi D., Falge E., Gu L., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer CH., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., U Paw K.T., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., Wofsy S.:** *FLUXNET. A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor and energy flux densities.* Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 82. No. 11. 2415–2434 (2001).
2. **Baldocchi D.D.:** *Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: past, present and future.* Global Change Biology. Vol. 9. Iss. 4, 479–492 (2003).
3. **Bellisario L.M., Moore T.R., Bubier J.L.:** *Net ecosystem CO_2 exchange in a boreal peatland, northern Manitoba.* Ecoscience. Vol. 5(4), 534–541 (1998).

4. **Black T.A., Chen W.J., Barr A.G., Arain M.A., Chen Z., Nescic Z., Hogg E.H., Neumann H.H., Yang P.C.:** *Increased carbon sequestration by a boreal deciduous forest in year with a warm spring.* Geophys. Res. Lett. 27, 1271–1274 (2000).
5. **Black T.A., den Hartog G., Neumann H.H., Blanken P.D., Yang P.C., Russell C., Nescic Z., Lee X., Chen S.G., Staebler R., Novak M.D.:** *Annual cycles of water vapour and carbon dioxide fluxes in and above a boreal aspen forest.* Global Change Biology, 2, 101–111 (1996).
6. **Burba G.G., Anderson D.J.:** *A brief practical guide to eddy covariance flux measurements: principles and workflow examples for scientific and industrial applications.* Version 1.01. Lincoln, USA. LI-COR Biosciences. ss. 211 (2010).
7. **Canadell J.G., Pataki D.E., Pitelka L.F. (Eds.):** *Terrestrial Ecosystems in a Changing World – chapter 24: Responses of High Latitude Ecosystems to Global Change: Potential Consequences for the Climate System* (McGuire A.D., Chapin F.S.III, Wirth C., Apps M., Bhatti J., Callaghan T., Christensen T.R., Clein J.S., Fukuda M., Maximov T., Onuchin A., Shvidenko A., Vaganov E.), Global Change, 2007.
8. **Chojnicki B.H., Urbaniak M., Józefczyk D., Augustin J.:** *Measurement of gas and heat fluxes at Rzecin wetland.* In: *Wetlands: Monitoring, Modeling and Menagement.* (eds) Okruszko et al., Taylor & Francis Group, London, 125–131 (2007).
9. **Gilmanov T.G., Verma S.B., Sims P.L., Meyers T. P., Bradford J.A., Burba G.G., Suyker A.E.:** *Gross primary production and light response parameters of four Southern Plains ecosystems estimated using long-term CO₂-flux tower measurements.* Global Biogeochemical Cycles, 17, 1071 (2003).
10. **Gu S., Tang Y., Du M., Kato T., Li Y., Cui Z., Zhao X.:** *Short term variation of CO₂ flux in relation to environmental controls in an alpine meadow on the Qinghai_tibetan Plateau.* Journal of Geophysical Research, 108, 4670, (2003).
11. **Huxman T.E., Turnipseed A.A., Sparks J.P., Harley P.C., Monson R.K.:** *Temperature as a control over ecosystem CO₂ fluxes in a high elevation, subalpine forest.* Oecologia, 134, 537–546 (2003).
12. **Józefczyk D.:** *Dobowy przebieg strumieni dwutlenku węgla i pary wodnej w krajobrazie rolniczym.* Rozprawa Doktorska, Akademia Rolnicza w Poznaniu, 2005.
13. **Kato T., Tang Y., Gu S., Hirota M., Du M., Li Y., Zhao X.:** *Temperature and biomass influences on interannual changes in CO₂ exchange in an alpine meadow on the Qinghai_Tibetan Plateau.* Global Change Biology, 12, 1285–1298 (2006).

14. **Kettunen R.:** *N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes from agricultural organic and mineral soils grown with Phleum pretense and mixed Trifolium pratense/P. pretense under elevated CO₂ concentration.* [online] PhD Dissertations. Joensuu. University of Joensuu, 2007.
15. **Kirschbaum M.U.F., Eamus D., Gifford R.M., Roxburgh S.H., Sands P.J.:** *Definitions of some ecological terms commonly used in carbon accounting.* In: *Net Ecosystem Exchange.* [online] Pr. zbior. Red. M.U.F Kirschbaum, R. Mueller. Canberra, Australia. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting, 2001.
16. **Kramer K., Leinonen, I., Loustau D.:** *The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview.* Int. J. Biometeorol 44, 67–75 (2000).
17. **Law B.E., Falge E., Gu L., Baldocchi D.D., Bakwin P., Berbigier P., Davis K., Dolman A.J., Falk M., Fuentes J.D., Goldstein A., Granier A., Grelle A., Hollinger D., Janssens I.A., Jarvis P., Jensen N.O., Katul G., Mahli Y., Matteucci G., Meyers T., Monson R., Munger W., Oechel W., Olson R., Pilegaard K., Paw U K.T., Thorgeirsson H., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., Wofsy S.:** *Environmental controls over carbon dioxide and water vapor exchange of terrestrial vegetation.* Agricultural and Forest Meteorology, 113, 97–120 (2002).
18. **Lovejoy T.:** *Climate change and biodiversity.* Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 27 (2) (2008).
19. **Lovett G.M., Cole J.J., Pace M.L.:** *Is net ecosystem production equal to ecosystem carbon accumulation?* Ecosystems. Vol. 9. Iss. 1, 152–155 (2006).
20. **Michaelis L., Menten M.L.:** *Die Kinetik der Invertinwirkung.* Biochemistry Zeitung. Vol. 49, 333–369 (1913).
21. **Perrings C.:** *Biodiversity, Ecosystem Services, and Climate Change The Economic Problem.* Environment Department Papers, November, 2010.
22. **Reicosky D., Archer D.W.:** *Moldboard plow tillage deplastand short-term carbon dioxide release.* Soil and Tillage Research 94, 109–121 (2007).
23. **Reynolds O.:** *On the dynamical theory of incompressible viscous fluids and the determination of criterion.* Philosophical Transactions of Royal Society of London, A174, 935–982 (1895).
24. **Rogiers N.:** *Impact of site history and land-management on CO₂ fluxes at a grassland in the Swiss Pre-Alps.* [online] PhD dissertation. Bern, Switzerland. Institute of Geography, University of Bern, 2006.
25. **Saito M., Kato T., Tang Y.:** *Temperature controls ecosystem CO₂ exchange of an alpine meadow on the northeastern Tibetan Plateau.* Global Change Biology, 15, 221–228 (2009).

26. **Smetacek V. and Nicol S.:** *Polar ocean ecosystems in a changing world.* Nature, Vol. 437, 15 September, 2005.
27. **Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., Mccarl B., Ogle S., O'mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O.:** *Agriculture.* [online] W: Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Praca zbiorowa: Red. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer. Cambridge. New York. Cambridge University Press, 2007.
28. **Smith W.N., Rochette P., Monreal C., Desjardins R.L., Pattey E., Jaques A.:** *The rate of carbon change in agricultural soils in Canada at the landscape level.* Canadian Journal of Soil Science. Vol. 77(2), 219–229 (1997).
29. **Tebrügge F., Epperlein J.:** *Position paper: the importance of the conservation agriculture within the framework of the climate discussion.* [online] Brussels. ECAF, 2011.
30. **Urbaniak M.:** *Ocena sezonowej zmienności strumieni dwutlenku węgla i pary wodnej na terenach podmokłych metodą kowariancji wirów.* Praca doktorska. Poznań. Katedra Agrometeorologii, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, AR., 2006.
31. **Urbaniak M., Chojnicki B.H., Danielewska A., Baran M., Olejnik J.:** *Estimation of net carbon and water Exchange at a Scots pine forest stand in Poland.* Acta Agrophysica 179, 26–40 (2010).

An Attempt to Evaluate the Productivity of Ecosystems Under Field Conditions of Wielkopolska

Abstract

The Eddy Covariance technique has been applied for corn field NEE estimation. The Smith, Michaelis-Menten and Misterlich formulas has been used for calculation of net ecosystem exchange (NEE) values between corn canopy and the atmosphere. These approaches have been applied for estimation of temeparture and radiation modification impact on the corn field productivity.

The NEE has been evaluated in the first part of this paper and then the relation of NEE runs and elements that influence the NEE values has been summarized.

In another part the analysis of NEE under thermal and radiative conditions has been presented. The Michaelis-Menten model has been found as the most distinct one for the measurements of the relationship. This model indicated that the highest NEE value ($NEE = 10.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) has been found under combination of the low radiation and high temperature conditions. The lowest value of NEE has been estimated under the highest PPFD and lowest T_a amount.

The applied models have confirmed relationship between NEE, PPFD and T_a . All three models confirmed the fact that the lowest ecosystem productivity is found under high radiation input. The accumulated NEE values were compared with the real values according to the Smith, Michaelis-Menten and Mysterlich equations. The results of the Michaelis-Menten equation and Mysterlich were the most similar to the real cumulative NEE values. The theoretical change of thermal (0.5°C increase) and radiation (4% decrease) resulted in tested higher CO_2 sequestration from the atmosphere.