

1 STRESZCZENIE

Praca prezentuje wyniki badań, jakie zostały przeprowadzone na stacji badawczej Katedry Meteorologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, zlokalizowanej na terenie Nadleśnictwa Tuczno (RDLP w Pile). Badania te były związane z obiegiem węgla w środowisku leśnym. W pracy podjęto się określenia wartości strumienia ditlenku węgla wymienianego pomiędzy dnem lasu sosnowego a atmosferą oraz porównania go ze strumieniem produkcji netto dla całego lasu sosnowego. Na potrzeby pracy wykonano automatyczny system pomiarowy, co pozwoliło na zebranie zbliżonego do ciągłego zbioru danych i opisanie zmienności procesu wymiany gazowej w ekosystemie leśnym w szczególności w dnie lasu.

Skonstruowanie wspomnianego automatycznego systemu pomiarowego, opartego na metodzie zamkniętych komór dynamicznych wymagało wykonania szeregu testów i poprawek. Przykładowo, po kilku próbach udało się rozwiązać problem szczelności połączenia komory z ramą glebową. Po zakończeniu testów system zainstalowano w terenie i rozpoczęto pomiary strumieni ditlenku węgla. Równolegle prowadzono także pomiary strumieni CO₂ metodą manualną, metodą kowariancji wirów nad lasem oraz pod koronami drzew, notowano także wybrane parametry meteorologiczne w tym temperaturę gleby na trzech poziomach.

Zastosowanie automatycznego systemu komór dynamicznych pozwoliło na zgromadzenie wielokrotnie większego zbioru danych niż byłoby to możliwe z wykorzystaniem manualnego systemu komór dynamicznych. Duża częstość pomiarów (co godzinę w sprzyjających warunkach), pozwoliła pokazać przebieg procesu oddychania badanego środowiska w czasie doby. Uzyskano pionierskie dane oddychania dna lasu w ciągu nocy, które wykorzystano do parametryzacji modeli oddychania ekosystemu. Automatyzacja procesu ograniczyła też ilość modelowanych wartości w sezonie pomiarowym. W przebiegu sezonowym większość danych pochodziła z pomiarów a tylko część z nich z interpolacji. W przypadku pomiarów manualnych wykonywanych z reguły sesyjnie z kilkutygodniowymi odstępami było odwrotnie, tylko niewielka część danych to pomiary, reszta przebiegów była modelowana. W rezultacie otrzymano przebieg wartości pochłaniania i oddychania dna lasu od 22 maja do 30 grudnia 2013 roku, w większości składający się ze zmierzonych wartości. Uzyskane dane pozwoliły na oszacowanie wielkości emisji w tym okresie oraz wybór modelu do uzupełniania przerw pomiarowych, którym po przeprowadzeniu symulacji okazał się

model Lloyd'a i Taylor'a (1994). Wspomniane dane pomiarowe pozwoliły też na wyznaczenie parametrów modelu oddychania dna lasu w funkcji temperatury gleby, co umożliwiło oszacowanie zarówno rocznego przebiegu jak i sumy oddychania dna lasu w latach 2012 oraz 2013, które wynosiło odpowiednio 3075 i 2967 [g CO₂ m⁻²], oraz wartości pochłaniania 232,66 i 273,43 [g CO₂ m⁻²].

Wykorzystanie automatycznego systemu oznacza także, że pomiary wykonywano całą dobę, zatem można było porównać pomiary nocne z dziennym, co pokazało, że przy tej samej temperaturze gleby są one zbliżone do siebie i z powodzeniem można użyć nocnych danych pomiarowych do parametryzacji modelu oddychania ekosystemu w ciągu dnia, co jest istotne w sytuacji gdy przykładowo mierzona jest całkowita wymiana CO₂ pomiędzy ekosystemem

a atmosferą, a oddychanie jest szacowane tylko na podstawie pomiarów nocnych. Porównano także wyniki wykonywanych równoległe pomiarów oddychania dna lasu systemem automatycznym i manualnym co pokazało, że w środowisku leśnym dają one zbliżone wyniki. Wyznaczone oraz zmierzone wartości wymiany ekosystemu netto dna lasu wraz z glebą

w olbrzymiej większości przypadków przyjmowały wartości dodatnie, co czyniło z tego wycinka ekosystemu emitera węgla do atmosfery pomimo asymilujących żywych roślin. Wyniki pomiarów metodą kowariancji wirów wskazały jednak, że wartość wymiany netto całego ekosystemu leśnego jest mniejsza od 0 co oznacza że, jest ona skutkiem intensywnej asymilacji koron drzew przeważającej nad strumieniami ditlenku węgla emitowanymi z dna lasu wraz z glebą, co czyni ekosystem leśny jego pochłaniaczem.

Podczas badań spotkano się z rozlicznymi problemami badawczo-technicznymi, z których nie wszystkie udało się rozwiązać. Z powodu dużej zmienności promieniowania dochodzącego do dna lasu nie udało się poprawnie określić wymiany ekosystemu netto. System kowariancyjny umieszczony w dnie lasu dostarczył bardzo niewiele wyników, ponieważ przez większość czasu jego pracy, panowały warunki podczas których nie były spełnione założenia teoretyczne dla tej metody. Uniemożliwiło to porównanie ze sobą wyników z tego systemu z pomiarami komorowymi. Jednak te i inne niepowodzenia zaprezentowane w pracy wskazują kierunek dalszych prac w pomiarach komorowych wykonywanych w środowisku leśnym.

Summary

This work presents the results of studies conducted at the research station belonging to the Meteorology Department of the University of Life Sciences in Poznan located in Tuczno Forest District (the Regional Directorate of State Forest in Piła). The studies involved the circulation of carbon in forest environment. The main objective of the thesis was to Recognize the selected carbon dioxide balance components in a pine forest, particularly the quantity of carbon dioxide flux exchanged between the forest floor and the atmosphere, and also to compare it with the net production flux for the whole forest, both daily and annually.

In forest environment the exchange processes depend on many factors and they are also extremely variable in time. No studies regarding CO₂ exchange between a forest floor and the atmosphere in Polish forests had been conducted before, that is why the author decided to address this issue. A special state-of-the-art automatic measurement system was constructed for the purpose of this study in order to estimate the quantities of carbon dioxide flux exchanged between the pine forest floor and the atmosphere. The system is based on the closed dynamic chamber method. After building the prototype, several tests were run and some improvements were made. The problem with tightness in the place where the chamber connects with the soil frame was solved, among other difficulties. After the tests were completed the system was installed in field conditions and the measurements of carbon dioxide fluxes were launched. Simultaneously, the measurements of CO₂ fluxes were conducted using the manual method, and, periodically, the eddy covariance method, both above the forest and under the tree canopy. Also the selected meteorological parameters, including soil temperature at three levels, were Recorded.

Using the automatic system of dynamic chambers led to collecting a much bigger database than using solely the manual system would have allowed. High measurement frequency (every hour in favourable conditions) made it possible to outline the 24-hour respiration course of the studied environment. Automation of the process limited the number of modeled values in the measurement season, which is inevitable in the case of manual measurements, usually conducted in sessions at several-week intervals. As a result the course of the forest floor assimilation and respiration from 22nd May to 30th December 2013 was obtained, mostly consisting of the measured values. The obtained data facilitated emission estimation for this period and allowed selecting a model for completing measurement stoppages, which after conducting simulation tests turned out to be the Lloyd and Taylor model (1994).

The measurement data mentioned above made it possible to determine the parameters of forest floor respiration in the function of soil temperature, which in turn led to estimating both the annual course of the forest floor respiration and its sums in the years 2012 and 2013, which were 3075 and 2967 [g CO₂ m⁻²] respectively, and the absorption reached the values of 232,66 and 273,43 [g CO₂ m⁻²].

Using the automatic system means that measurements were conducted for 24 hours so the nocturnal measurements could be compared with the ones taken during the day, which indicated that they are quite close when the soil temperature is the same, and night measurement data can be successfully applied to conduct parametrization of the ecosystem respiration model during the day. This is essential when for instance the total exchange of CO₂ between the ecosystem and the atmosphere is measured, and respiration is estimated only on the basis of nocturnal measurements. Also the obtained results of the forest floor respiration measurements conducted manually and automatically were compared, which indicated that in the forest environment they give similar results. The determined and measured quantities of the forest floor net exchange (including soil) in most cases adopted positive values, which meant that this part of the ecosystem is an emitter of carbon dioxide into the atmosphere, despite assimilating plants living there. However, the results of the measurements conducted by the eddy covariance method above the forest, indicated that the net value of the whole forest ecosystem exchange is smaller than 0, which stems for a strong assimilation of the carbon dioxide fluxes emitted from the forest floor and soil by the tree canopy, and hence the forest ecosystem becomes an absorber of carbon dioxide.

Many problems of methodological and technical nature were encountered during conducting the studies and not all of them were solved. The covariant system located in the forest floor provided very poor measurement results because the conditions which occurred for most of its functioning did not meet the theoretical requirements necessary for applying this method. This excluded the comparison of the results obtained by this system with the chamber measurements. However, these and other failures presented in the work indicate further directions of research in chamber measurements conducted in forest environment.