Thesis Title Effect of Rainfall Variation on Soil Carbon Dioxide Efflux in Wheat and Peanut Fields

Author Miss Chompunut Chayawat

Degree Doctor of Philosophy (Agronomy)

Thesis Advisory Committee Prof. Dr. Chuckree Senthong Chairperson

Prof. Dr. Monique Leclerc Member

Assoc. Prof. Suthat Julsrigival Member

ABSTRACT

Information exists on the accumulated of precipitation regime changes on soil carbon cycling but not on the effect of rainfall variation on soil CO_2 efflux and net CO_2 exchange in an agricultural field. The influence of rainfall variability was studied at a winter wheat field at the University of Georgia's Southwest Georgia Research and Education Center in Plains, GA, USA during November 2006 to May 2007 and at the summer peanut field in Ellaville, GA, USA during May to September 2007.

In Experiment 1, two sub experiments were conducted in a winter wheat field. Sub-experiment 1**,** soil CO_2 gradient method combined with the root exclusion method was used i) to examine the mechanisms of soil CO_2 efflux following rainfall during the growing season, and ii) to determine the seasonal patterns of soil CO_2 efflux and its controlling factors as influence by rainfall variability. The results showed that during rainfall, the total soil CO_2 efflux and the heterotrophic respiration

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

reduced to 37% and 13%, respectively, when compared with the efflux before the rain. Immediately after rainfall, the heterotrophic respiration was about 2.1 times higher than the efflux before the rain. However, increase in soil CO_2 efflux occurred within 2-3 days and the effluxes was declined within 5-6 days after the rainfall events. The impact of rainfall events on soil CO_2 efflux was relatively short duration. Results also showed that soil water content was a major factor controlling soil CO_2 efflux. Additionally, the variation in total soil CO_2 efflux was limited by soil water content while soil temperature was a minor influencing whereas heterotrophic respiration was correlated with both soil temperature and soil water content. This result suggested that the factors controlling the seasonal change of soil CO_2 efflux differ between heterotrophic and total soil respiration.

Sub-experiment 2, eddy-covariance measurement of net ecosystem carbon exchange (NEE) and environmental parameters were used i) to quantify the seasonal distribution of net CO_2 exchange during a growing season and, ii) to examine the environmental controls influence those carbon exchanges over a winter wheat field. Fluxes of CO_2 throughout the day were dependent on net radiation and the stage of canopy development in both fields. The dial amplitude of NEE varied substantially within the growing season, with the largest dial changes occurring in mid-March, about the same time as the occurrence of seasonally maximum LAI. The maximum NEE occurred before noon (12:00 - 13:00), while ecosystem respiration (nighttime NEE) occurred around 18:00 - 19:00 pm. The weekly average in NEE ranged from -36.90 to 7.95 μmol $m^{-2}s^{-1}$. Gross primary production (GPP) increased when soil temperature was less than 23 °C and soil water content was less than 0.15 m^3m^{-3}. On a season basis, GPP increased with increasing in LAI and aboveground biomass.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Additionally, ecosystem respiration (Re) showed a strong dependent on canopy air temperature. Sharp increasing of Re was probably due to increasing in soil water content after rainfall event. It was also indicated that increase in soil water content after rainfall caused an increase in the respiratory release of CO_2.

In Experiment 2, two sub-experiments were conducted in a summer peanut field. Sub-experiment 1, soil surface CO_2 efflux was measured with soil automated chamber, to characterize the dynamic pattern of soil CO_2 efflux in response to rainfall and to assess the influence of soil water content on soil CO_2 efflux. The soil chamber measurements showed that the rainfall events immediately reduced soil CO_2 efflux from 33 to 66% when compared with the efflux before the rain. Negative relationship between the reduction in soil CO_2 efflux and soil water content before rain suggested that soil water content was the most important factor responsible for the soil CO_2 efflux during the rainfall events. The daily soil CO_2 efflux showed a similar response to the rainfall event as in the wheat field and this response showed a relatively short duration. The patterns of soil CO_2 efflux in response to rainfall at different growth stages of peanut were relatively uniform except soil CO_2 efflux at the flowering stage was more sensitive response to the change in soil water content by rainfall. When soil temperature was hold in constant, the variation in soil CO_2 efflux was limited by soil water content. This result suggested that growth stage of plant was a major factor in generating post-rain soil CO_2 efflux. The change in the temporal variability of rainfall, resulting changes in soil water dynamics which was more important than the amount of rainfall in affecting soil CO_2 efflux.

Sub-experiment 2, eddy-covariance measurement of net ecosystem carbon exchange (NEE) and environmental parameters were used i) to quantify the seasonal

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

distribution of net CO_2 exchange and, ii) to examine the environmental controls influence those carbon exchanges over a peanut field. Fluxes of CO_2 throughout the day were dependent on net radiation and the stage of canopy development. The dial amplitude of NEE varied substantially during the growing season, with the largest dial changes occurred in mid-July, about the same time as the occurrence of seasonally maximum LAI. The weekly average of NEE ranged from -34.28 to 12.69 μmol $m^{-2}s^{-1}$. On a season basis, GPP and ecosystem respiration (Re) increased with increasing in LAI. Additionally, there are no relationship between GPP, Re and amount of rainfall. However, soil water content was an important environmental factor to regulate the variation of both GPP and Re under water-deficit condition.

The results obtained from this investigation could be concluded that the growth stage of the plant was found to be more important than initial soil moisture and the amount of rainfall in generating soil CO_2 efflux after rainfall. Based on eddy covariance measurement, it was found that radiation, canopy temperature, soil moisture, leaf area index (LAI) and aboveground biomass was the primary factors regulating carbon dioxide fluxes. It was clear that water availability plays a dominant role in regulating ecosystem carbon dioxide fluxes and its responses to climatic change in a water-deficit condition.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลของความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่อการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแปลงปลูกข้าวสาลีและถั่วลิสง

ผู้เขียน นางสาวชมภูนุช ฉายาเวช

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ศ. ดร. จักรี เส้นทอง ประธานกรรมการ
Prof. Dr. Monique Leclerc กรรมการ
รศ. สุทัศน์ จุลศรีไกวัล กรรมการ

บทคัดย่อ

ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน ที่มีต่อการหมุนเวียนของธาตุคาร์บอนในดินได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย แต่ผลกระทบที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูกพืชไร่ยังมีการศึกษาอยู่น้อยมาก ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยในแปลงปลูกข้าวสาลีของมหาวิทยาลัยจอร์เจีย เมืองเพลน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และในแปลงปลูกถั่วลิสง เมืองอีลาวิว มลรัฐจอร์เจีย ประเทศสหรัฐอเมริการะหว่างเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2550

การทดลองที่ 1 ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย ได้ดำเนินการศึกษาในแปลงปลูกข้าวสาลี โดยการทดลองย่อยที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตรวจสอบกลไกของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินหลังจากฝนตก และ 2) ตรวจสอบความผันแปรของฤดูกาลของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่ออัตราของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ได้ทำการวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินตลอดระยะการเพาะปลูกด้วยวิธี Soil CO_2 gradient method และวิธี root exclusion method ซึ่งเป็นวิธีการวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสิ่งที่มีชีวิตในดินเพียงอย่างเดียวพร้อมทั้งเก็บข้อมูลด้านภูมิอากาศ ความชื้น และอุณหภูมิในดิน ผลการทดลองพบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คาร์บอนไดออกไซด์จากดินและจากสิ่งที่มีชีวิตในดินลดลงในช่วงที่มีฝนตกถึง 37% และ 13% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินก่อนที่จะมีฝนตกหลังจากฝนหยุดตก อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสิ่งที่มีชีวิตในดินจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 2.1 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินก่อนฝนตก แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสิ่งที่มีชีวิตในดินจะเกิดขึ้นเพียง 2-3 วันและจะลดลงจนถึงเท่ากับอัตราของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินก่อนที่จะมีฝนตกภายในระยะเวลา 5-6 วัน นอกจากนี้ความผันแปรของฤดูกาลสำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินถูกจำกัดด้วยปริมาณความชื้นในดิน ส่วนอุณหภูมิของดินนั้นเป็นปัจจัยรอง สำหรับความผันแปรของฤดูกาลสำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสิ่งที่มีชีวิตในดินนั้นทั้งความชื้นของดินและอุณหภูมิดินจะเป็นปัจจัยที่ควบคุมความผันแปรดังกล่าว โดยพบว่าอุณหภูมิดินจะเป็นปัจจัยหลัก จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลกระทบของฝนที่ตกต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินจะเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ ส่วนความผันแปรของฤดูกาลสำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินและจากสิ่งที่มีชีวิตในดินนั้นจะถูกควบคุมด้วยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

การทดลองย่อยที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงปริมาณความผันแปรของฤดูกาลของการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิ (net ecosystem exchange, NEE) ของข้าวสาลีต่อเนื่องในระยะยาวโดยไม่ใช้วิธีการทำลายพืชและตรวจสอบปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิ ด้วยวิธี eddy-covariance method ผลการศึกษาพบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิในตอนกลางวันขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงแดดและระยะการเจริญเติบโตของพืช อัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิจะมีค่าสูงสุดในราวกลางเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับการเพิ่มขึ้นสูงสุดของดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิในรอบวันจะมีค่าสูงสุดในเวลา 12:00 - 13:00 น. (ก่อนบ่าย) และจะเปลี่ยนเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน (ecosystem respiration) ในเวลา 18:00 - 19:00 น. การแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิเฉลี่ยรายสัปดาห์มีค่าระหว่าง -36.90 to 7.95 $\mu mol\ m^{-2} s^{-1}$ นอกจากนั้นผลผลิตปฐมภูมิ (Gross primary production, GPP) ในแปลงข้าวสาลีจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิดินมีค่าน้อยกว่า 23 $^{\circ}C$ และความชื้นดินมีค่าน้อยกว่า 0.15 $m^3 m^{-3}$ ในระยะการเจริญเติบโตของพืชการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีความสัมพันธ์กับการผันแปรของผลผลิตปฐมภูมิ โดยพบว่าผลผลิตปฐมภูมิจะเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ใบและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิภายในทรงพุ่มจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืนจะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความชื้นดินหลังจากที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฝนตก จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นของดินหลังจากที่มีฝนตก จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้มาจากกระบวนการหายใจของพืชและสิ่งมีชีวิตในดิน

การทดลองที่ 2 ประกอบไปด้วย 2 การทดลองย่อย โดยได้ทำการวิจัยในแปลงปลูกถั่วลิสง สำหรับการทดลองย่อยที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาถึงการตอบสนองของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลังจากที่ได้รับน้ำฝน และ 2) เพื่อประเมินผลของความชื้นดินต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ได้ทำการวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ด้วยวิธี Soil automated chamber method ผลการทดลองพบว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินจะลดลงในระหว่างที่มีฝนตกถึง 33-66% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินก่อนที่ฝนจะตก ปริมาณการลดลงของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในระหว่างที่มีฝนตกจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นดินเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในระหว่างที่มีฝนตก การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแปลงปลูกถั่วลิสงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตจะมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับผลกระทบจากฝนเหมือนกับในแปลงที่ปลูกข้าวสาลีและจะเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ และพบว่าถ้าหากมีฝนตกในระยะที่ถั่วลิสงออกดอกการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินหลังฝนตกจะเพิ่มสูงขึ้น การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนอาจก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในระยะเวลาสั้นๆจากแปลงเพาะปลูกพืชสู่ชั้นของบรรยากาศ และยังพบว่าความผันแปรของฤดูกาลของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินถูกจำกัดด้วยปริมาณความชื้นดิน นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะการเจริญเติบโตของพืชจะมีความสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินหลังจากที่มีฝนตก และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินจะถูกจำกัดด้วยความแปรปรวนของฝนมากกว่าจากปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงมา

การทดลองย่อยที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงปริมาณความผันแปรของฤดูกาลของการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิ (NEE) ของถั่วลิสงและตรวจสอบปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการแลกเปลี่ยนคาร์บอน์สุทธิ ด้วยวิธี eddy-covariance method ผลการศึกษาพบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิในตอนกลางวันขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงแดดและระยะการเจริญเติบโตของพืชเช่นเดียวกับข้าวสาลี อัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิจะมีค่าสูงสุดในราวกลางเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นเวลาเดียวกันกับการที่ต้นถั่วมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด การแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิเฉลี่ยรายสัปดาห์ มีค่าระหว่าง -34.28 to 12.69 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบในระยะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเจริญเติบโตของพืชจะมีความสัมพันธ์กับการผันแปรของผลผลิตปฐมภูมิและอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืนเช่นเดียวกับข้าวสาลี นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายสัปดาห์ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตปฐมภูมิ (GPP) และอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิในเวลากลางคืนของถั่วลิสง แต่พบว่าความชื้นของดินเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการผันแปรผลผลิตปฐมภูมิและอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืนภายใต้สภาวะที่ขาดน้ำ

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ระยะการเจริญเติบโตของพืช เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีบทบาทต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินหลังจากที่มีฝนตก โดยพบว่า ระยะการเจริญเติบโตของพืช จะเป็นปัจจัยที่สำคัญมากกว่าเมื่อเทียบกับปัจจัยด้านความชื้นดินก่อนฝนตกและปริมาณของน้ำฝน สำหรับการศึกษาการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิ (NEE) พบว่าปัจจัยทางด้านแสง อุณหภูมิภายในทรงพุ่ม ความชื้นดิน ดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของพืชกับชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีบทบาทในการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของพืชกับชั้นบรรยากาศและการตอบสนองของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะการปลูกพืชภายใต้สภาวะที่ขาดน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved