รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน
ข้าว – ปล่อยที่ว่างเปล่า – ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย

Emission of Methane in a Rice – Fallow – Rice Cropping Sequence in Central Thailand

โดย ดร. แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ

กรกฎาคม 2548

สัญญาเลขที่ RDG3/12/2542

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน
ข้าว – ปล่อยที่ว่างเปล่า – ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย

Emission of Methane in a Rice – Fallow – Rice CroppingSequence in Central Thailand

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร. แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล	สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ดร. สาคร ผ่องพันธ์	กรมวิชาการเกษตร
3. นายสุรพล จัตุพร	กรมวิชาการเกษตร

ชุดโครงการ Climate Change Research

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุป

ประเทศไทยได้ลงนามในอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCC) ในการประชุมองค์การสหประชาชาติ เรื่องสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนาเมื่อปี พ.ศ. 2535 และได้ให้สัตยาบันในอนุสัญญาดังกล่าวเมื่อปี พ.ศ. 2538 ทำให้ประเทศไทยได้มีส่วนร่วมกับประชาคมโลกในการดำเนินการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งการจัดทำปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2537 ของประเทศไทย ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นต้น มีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของประเทศไทย ได้รับความสนใจ ถกเถียง วิพากษ์วิจารณ์เป็นอย่างมากในกลุ่มนักวิชาการ และผู้สนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากนาข้าว จากรายงานแห่งชาติภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รายงานว่าในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยปล่อยก๊าซมีเทน 3.16 ล้านตัน โดยร้อยละ 91 มาจากภาคการเกษตร ซึ่งในจำนวนนี้ร้อยละ 74 มาจากการปลูกข้าวนาปี ได้มีการประมาณว่าพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทยในอนาคตจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทาน และจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้จะทำให้การปล่อยมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้นจาก 2.13 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2537 เป็น 2.20 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2553 และ 2.24 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2563

การจัดทำรายงานข้อมูลดังกล่าว ได้มีการใช้ฐานข้อมูลส่วนใหญ่จากต่างประเทศ ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว)ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ที่จะมีผลผูกพันและมีความสำคัญต่อการปฏิบัติตามเงื่อนไขต่างๆในอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการเจรจาต่อรองที่เกิดขึ้นตลอดเวลาในการประชุมประเทศภาคีอนุสัญญา ดังนั้นสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยจึงได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยโครงการ "การปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย" อันเป็นหนึ่งในงานวิจัยย่อยชุดมีเทน ภายใต้ชุดวิจัยโครงการ Climate Change ตั้งแต่กลางปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน ในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน (ข้าว – ปล่อยที่ว่างเปล่า - ข้าว) บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย ช่วงฤดูนาปีและฤดูนา

ปรัง รวมทั้งศึกษาวิธีการที่เป็นไปได้และเป็นที่ยอมรับในการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว

โครงการการปล่อยก๊าซมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว – ปล่อยที่ว่าง – ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย (Emission of Methane in a Rice-Fallow-Rice Cropping Sequence in Central Thailand) ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยในฤดูนาปี และฤดูนาปรัง ปีพ.ศ. 2542 2543 และ 2544 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่ทดลองปลูกข้าวเป็นดินนาชุดดินพิมาย (Fluvic Tropaquept, SMSS 1983) และพันธ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90

แปลงทดลองที่ใช้ในการศึกษามีขนาด 4 x 4 ตารางเมตร และมีคันดินสูง 0.2 เมตร กว้าง 0.4 เมตรกั้นล้อมรอบแปลงทดลอง จัดการแปลงทดลองแบบสุ่มตัวอย่าง (Randomized complete block) 4 ซ้ำ โดยตำรับการทดลองของแต่ละฤดูการปลูกข้าวประกอบด้วย (1) ไม่ใส่อะไรเลย (control) (2) ใส่ฟางข้าวสับ (3) ใส่ปุ๋ยหมัก (4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (5) ใส่แกลบ (6) ใส่ขี้เถ้าแกลบ (7) ใส่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และแกลบ (8) ใส่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และขี้เถ้าแกลบ (9) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบหลังเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ และ (10) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบก่อนการปักดำ 2 สัปดาห์ ทำการวางกล่องเก็บก๊าซ (Gas collection chamber) ลงบนกอข้าวในแปลงทดลอง 1) ที่เวลา 10:00 น และเก็บตัวอย่างก๊าซอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลา 14:00 น (ระยะเวลา 4 ชั่วโมง) 2) ที่เวลา 16:00 น และเก็บตัวอย่างก๊าซที่เวลา 08:00 น ของวันถัดไป (ระยะเวลา 16 ชั่วโมง) 3) ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ 1 ชั่วโมงที่เวลา 10:00 4) การเก็บตัวอย่างก๊าซ 15 นาทีที่เวลา 10:00 น การเก็บตัวอย่างก๊าซจะเริ่มในวันแรกของการปักดำและทุกสัปดาห์ภายหลังการใส่อินทรีย์วัตถุไปจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ในขณะที่ทำเก็บตัวอย่างก๊าซได้ทำการวัดอุณหภูมิน้ำที่ท่วมขังแปลงทดลองด้วย แล้วจึงนำตัวอย่างในหลอดเก็บก๊าซไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง gas chromatography; Shimadzu Model 7AG โดยใช้ Flame ionization detector (FID) ค่าความเข้มข้นก๊าซมีเทนที่วัดได้ นำมาคำนวณหาอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว แสดงหน่วยวัดเป็นน้ำหนักมีเทนต่อพื้นที่ต่อเวลา (มิลลิกรัมคาร์บอน/ตารางเมตร/ชั่วโมง) และเมื่อเมล็ดข้าวสุกทำการเกี่ยวข้าวในเนื้อที่ 2.0 x 3.2 ตารางเมตร ของแต่ละแปลงทดลอง แล้วนำมานวด ฝัด ตากแดด และอบความชื้น ชั่งน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือก และปรับผลผลิตเมล็ดให้อยู่ในระดับความชื้น 14 % แล้วจึงนำมาคำนวณปริมาณผลผลิต

ลักษณะรูปแบบการปล่อยมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าวนาปี และนาปรังที่ทำการศึกษาตั้งแต่ปีพ.ศ 2542 ถึง 2544 พบว่าค่า CH_4 flux ทุกตำรับการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการปักดำถึงจุดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 หรือ 2 ก่อนลดปริมาณและรักษาระดับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนไม่แตกต่างกันมากนักจนถึงเวลาเก็บเกี่ยว ปริมาณมีเทนจะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ไม่ว่าจะทำการเก็บตัวอย่างจากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง และ 15 นาที โดยพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่อินทรีย์วัตถุ เช่นฟางข้าว ปุ๋ยหมัก แกลบ ขี้เถ้าแกลบ รวมทั้งปุ๋ยยูเรีย จะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย

ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรียในแปลงที่ตอซังข้าวถูกไถกลบหลังการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ (9) และก่อนการปักดำ 2 สัปดาห์ (10) มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างเด่นชัด โดยมีค่าเฉลี่ย 12.2 และ 12.3 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับโดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสะสมตลอดฤดูปลูกข้าว (100 วัน) เท่ากับ 46.9 และ 47.2 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่าคาร์บอนจากตอซังข้าวและยูเรียอาจเป็นปัจจัยหนึ่งต่อการเกิดก๊าซมีเทน

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยมีเทนจากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง (10:00 น – 14:00 น.) กับการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง (16:00 น – 08:00 น.) พบว่าค่า CH_4 flux จากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมงสูงกว่าการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง ค่าดังกล่าวน่าจะเป็นตัวชี้เบื้องต้นว่านาข้าวชลประทานที่ทำการศึกษา มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในตอนกลางวันสูงกว่าตอนกลางคืน ทั้งในฤดูนาปี ช่วงปล่อยที่ว่างเปล่า (fallow) และฤดูนาปรัง

พบว่าค่า CH_4 flux มีความสัมพันธ์กับสภาพความชื้นภายในดิน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ตกลงมา เมื่อมีฝนตก จนทำให้ดินเกิดสภาพ saturation จะมีผลทำให้ CH_4 ถูกปลดปล่อยออกมา ส่วนในสภาพดินนาที่แห้งจะชักนำให้เกิด CH_4 oxidation การใส่คาร์บอนในรูปอินทรียวัตถุไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว ปุ๋ยหมัก แกลบ หรือขี้เถ้าแกลบ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปแบบการปล่อยก๊าซมีเทนแต่ประการใด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งในน้ำ ดิน อากาศ น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินทั้งพวก methanogenic และ methanotrophic bacteria ที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ซึ่งมีค่าเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุภายใต้สภาพไร้ออกซิเจนและมีออกซิเจน

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลยังพบว่าตำรับการทดลองที่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และใส่แกลบ (7) และตำรับการทดลองที่ใส่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และขี้เถ้าแกลบ (8) มีการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.5 และ 0.6 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. และตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบอย่างเดียวให้ค่ามีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 3.0 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. อย่างไรก็ตามการทดลองตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอย่างเดียวได้ให้ค่ามีเทนเฉลี่ยติดลบเท่ากับ -1.5 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ดังนั้นจึงยังไม่สามารถกล่าวได้อย่างชัดเจนว่าตำรับการทดลองที่ใส่ ปุ๋ยหมัก-ปุ๋ยยูเรีย-แกลบ ตำรับการทดลองที่ใส่ ปุ๋ยหมัก-ปุ๋ยยูเรีย-ขี้เถ้าแกลบ และตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบอย่างเดียวมีการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้น่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดของปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินพวก methanogenic และ methanotrophic bacteria ที่เป็นปัจจัยหลักของการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่เพาะปลูกข้าว โดยการศึกษาดังกล่าวควรจะมีดำเนินการวิจัยร่วมทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ

ในส่วนของผลผลิตข้าวพบว่าการใส่อินทรีย์วัตถุไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว แกลบ ขี้เถ้าแกลบ หรือปุ๋ยหมัก พบว่าไม่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตแต่ประการใด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยยูเรียสามารถเพิ่มผลผลิตสูงขึ้นกว่า 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลยทั้งใน 4 ฤดูกาลปลูกข้าว

Executive summary

In 1992, Thailand signed the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) at the United Nations Conference on Environment and Development and ratified the Convention in 1995. This is leaded the country making contribution to international efforts on climate change issues. Thailand's inventory of greenhouse gases emission including carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and other gases was also conducted in 1994. Methane is one of the most important greenhouse gases which widely discuss among interested persons, especially methane emission from rice fields. Thailand's Initial National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change reported that methane emission of Thailand in 1994 was about 3.16 million tons. About 91 percent of emissions were from an agricultural sector. Of this, 74 percent were from wet season rice fields. The fields were said not to be changed in the future and would be increased in irrigated areas, as well as fertilizer uses also increased. Therefore, the emissions of methane from rice fields would increase to 2.20 and 2.24 million tons in the years 2010 and 2020 respectively.

The above study based on emission factor and some databases which followed the 199_ IPCC Guidelines. This figure needs local emission factor to calculate. The Thailand Research Fund (TRF) recognizes the important of the issues developing climate change databases in Thailand which will be used as scientific database supporting decision making in the Conference of the Parties to the UNFCCC. The TRF, therefore, promoted and supported finance to the research project titled "Emission of Methane in a Rice-Fallow-Rice Cropping Sequence in Central Thailand" that was one of the methane subprojects to the Climate Change Research Project started in mid 1999. The objectives of the project was to characterize and quantify methane emission from rice cropping sequence during the permanent flooding of rice growing season both of wet and dry seasons, including fallow periods. In addition, feasible, acceptable and workable strategies that would mitigate methane emission were also identified.

The study was conducted during the years 1999-2001 at the Suphanburi Rice Research Center in the central plain of Thailand in both wet and dry season rice crops, and in the

fallow periods as well. The soil is classified as Fluvic Tropaquept. Rice cultivar (Suphan-buri 90) was planted in four treatments in each season and arranged in sixteen 4m x 4m plots using randomized complete block design with four replications. The treatments imposed were designed to investigate CH_4 emissions as influenced by organic amendment and fertilizer as follows:- (1) control, (2) chopped rice straw, (3) compost, (4) urea, (5) rice hull, (6) rice hull ash, (7) combinations of (3)(4)(5), (8) combinations of (3)(4)(6), (9) combinations of urea and plowed rice stalks remaining after harvesting 2 weeks, and (10) combinations of urea and plowed rice stalks remaining before transplanting 2 weeks. Methane measurements were carried out weekly after transplanted until harvested dates, by manure sampling method using a closed chamber technique. Temperatures and gas samples were drawn at 15 min, 1 hr, 4 hrs and 16 hr during 1000hr to1400hr and 1600hr to 0800hr of the day. The samples were analyzed in gas chromatography; Shimadzu 7AG equipped with flame ionization detector. Methane emission fluxes were calculated in milligram carbon per square meter per hour (mgC m^{-2} hr^{-1}). While grain yields harvested in areas of 2.0 m x 3.2 m of each plot were controlled humidity at 14 %.

The results of 2-yr experiment consisting of 4 consecutive seasons (1999-2001) were found that CH_4 emission fluxes of all treatments rapidly increased after the transplanting date, with the maximum emissions in the first and second week, then gradually reduced to distinct pattern, followed by increasing rate of emissions reaching maximum toward grain ripening. The CH_4 emitted fluxes from organic amendment and urea treatments noticeably displayed higher amounts than the control one.

It was obviously seen that treatments of the combinations of urea and plowed rice stalks remaining after harvesting 2 weeks (9) and before transplanting 2 weeks (10) released the highest CH_4 emissions at the rates of 12.2 mgC m^{-2} h^{-1} and 12.3 mgC m^{-2} h^{-1}, respectively. The 100 days accumulative CH_4 fluxes were 46.9 mgC m^{-2} h^{-1} and 47.2 mgC m^{-2} h^{-1}, respectively. This could be assumed that urea and rice stalks are significant factors promoting CH_4 production in rice yields.

Comparison study on CH_4 fluxes from 4-hr (1000hr-1400hr) and 16-hr (1600hr-0800hr) measurement; the 4-hr sample fluxes were higher than 16-hr sample fluxes. This gives

evidence that irrigation rice fields emit much methane to the atmosphere during daytime than nighttime both in wet and dry seasons, and fallow period as well.

CH_4 fluxes were relative to soil humidity depending on rainfall and its distribution. Soil is saturated when it is rain and then affects on CH_4 emissions and CH_4 oxidation occurs when soil is dry. Results of the study shows that carbon from organic amendment such as rice straw, compost, rice hull and rice hull ash did not affect on pattern of CH_4 emission fluxes, but they promoted CH_4 production. Positive and negative CH_4 emission fluxes could get effect of temperature changes of soil, water and ambient air which directly related to soil microorganism activities (methanogenic and methanotrophic bacteria) under anaerobic and aerobic forms. This could be interactive results of temperature change, organic matters incorporated and other factors.

Aaverage CH_4 emission fluxes from treatments incorporated with compost, urea, rice hull (7) and compost, urea, rice hull ash (8) were low, at levels of 0.5 mgC m^{-2} h^{-1} and 0.6 mgC m^{-2} h^{-1}, respectively. While average fluxes from rice hull ash treatment was 3.0 mgC m^{-2} h^{-1} and from urea treatment was in negative number (-1.5 mgC m^{-2} h^{-1}). Consequently, it is not assured that which organic matter or urea has potential to reduce CH_4 emissions from rice fields. It is suggested that further studies on influencing factors related to soil microorganism activities should be conducted. This will also require national and international scientific efforts.

For grain yields, it was found that all organic incorporated treatments in the studied area did not significantly increase grain yields, while application of urea increased about 24 % grain yields comparing to control treatment in all rice cropping seasons.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG3/12/2542

ชื่อโครงการ : การปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว–ปล่อยที่ว่างเปล่า–ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย

ชื่อนักวิจัย : แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล[1], สาคร ผ่องพันธ์[2], สุรพล จัตุพร[2],

[1] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

email address : lsangcha@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : กรกฎาคม 2542 – กรกฎาคม 2548

มีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พบว่าประเทศไทยมีการปล่อยมีเทนจากนาข้าว 2.13 ล้านตันในปีพ.ศ. 2537 และมีการคาดการว่าการปล่อยมีเทนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.20 และ 2.24 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2553 และ ในปี พ.ศ. 2563 ตามลำดับ การศึกษาการปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน (ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว) บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนบริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทยช่วงฤดูนาปี นาปรัง ปล่อยที่ว่างเปล่า รวมทั้งวิธีการที่เป็นไปได้และเป็นที่ยอมรับในการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ระหว่างปีพ.ศ. 2542-2544 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี ใช้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ในการทดลอง จัดแปลงทดลองแบบสุ่มตัวอย่างขนาด 4 ม x 4 ม 4 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วย (1) ไม่ใส่อะไรเลย (2) ใส่ฟางข้าวสับ (3) ใส่ปุ๋ยหมัก (4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (5) ใส่แกลบ (6) ใส่ขี้เถ้าแกลบ (7) ใส่ ปุ๋ยหมัก-ปุ๋ยยูเรีย-แกลบ (8) ใส่ ปุ๋ยหมัก-ปุ๋ยยูเรีย-ขี้เถ้าแกลบ (9) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบหลังเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ และ (10) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบก่อนการปักดำ 2 สัปดาห์ ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซทุกสัปดาห์ ที่เวลา 15 นาที 1, 4, 16 ชั่วโมง หลังวางกล่องเก็บก๊าซลงบนกอข้าวในแปลงทดลองตั้งแต่วันแรกของการปักดำไปจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว นำตัวอย่างก๊าซไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง gas chromatography; Shimadzu 7AG แบบ FID ผลการศึกษาพบว่าค่า CH_4 flux ทุกตำรับการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการปักดำถึงจุดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 หรือ 2 ก่อนลดปริมาณและรักษาระดับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนไม่แตกต่างกันมากนักจนถึงเวลาเก็บเกี่ยว ปริมาณมีเทนจะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งไม่ว่าจะทำการเก็บตัวอย่างจากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง และ 15 นาที ทั้งนี้พบว่าตำรับการทดลองที่ใส่อินทรีย์วัตถุและปุ๋ยยูเรีย มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย โดยตำรับการทดลองที่ (9) และ (10) มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูง

กว่าตำรับการทดลองอื่นๆอย่างเด่นชัดที่ระดับค่าเฉลี่ย 12.2 และ 12.3 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสะสมตลอดฤดูปลูกข้าว (100 วัน) เท่ากับ 46.9 และ 47.2 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่าคาร์บอนจากตอซังข้าวและยูเรียอาจเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งต่อการเกิดก๊าซมีเทนในนาข้าว โดยค่า CH_4 flux มีความสัมพันธ์กับสภาพความชื้นภายในดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ตกลงมา มีผลทำให้มีเทนถูกปลดปล่อยออกมา เช่นเดียวกับธาตุคาร์บอนจากอินทรียวัตถุต่างๆของตำรับการทดลองก็ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปแบบการปล่อยก๊าซมีเทนแต่ประการใด แต่มีผลต่อปริมาณการปล่อยมีเทน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใน ดิน น้ำ อากาศ น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ methanogenic และ methanotrophic ที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนทั้งค่าบวกและค่าลบ ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจนและมีออกซิเจน นอกจากนี้ยังพบว่าตำรับการทดลองที่ (7) และ (8) มีการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยต่ำสุด 0.5 และ 0.6 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ส่วนตำรับการทดลองที่ (6) ให้ค่ามีเทนเฉลี่ย 3.0 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. อย่างไรก็ตามการทดลองตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอย่างเดียวได้ให้ค่ามีเทนเฉลี่ย -1.5 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ดังนั้นจึงไม่สามารถกล่าวได้อย่างชัดเจนว่าตำรับการทดลองที่ใส่ ปุ๋ยหมัก-ปุ๋ยยูเรีย-แกลบ ตำรับการทดลองที่ใส่ ปุ๋ยหมัก-ปุ๋ยยูเรีย-ขี้เถ้าแกลบ และตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบอย่างเดียวมีการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้น่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดของปัจจัยที่มีผลเกี่ยว ข้องต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ methanogenic และ methanotrophic ที่เป็นปัจจัยหลักของการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว โดยการศึกษาดังกล่าวควรจะมีดำเนินการวิจัยร่วมทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ ในส่วนของผลผลิตข้าวพบว่าการใส่อินทรีย์วัตถุพบว่าไม่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตแต่ประการใด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยยูเรียสามารถเพิ่มผลผลิตสูงขึ้นกว่า 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย

คำหลัก : **การปลดปล่อยก๊าซมีเทน การปลูกข้าวแบบตามกัน อินทรีย์วัตถุ**

ABSTRACT

Project Code : RDG3/12/2542

Project Title : Emission of Methane in a Rice – Fallow – Rice CroppingSequence in Central Thailand

Investigators : Limjirakan S.[1], Phongpan S.[2], Chatuporn S.[2]

[1] Environmental Research Institute, Chulalongkorn University

[2] Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperative

email address : lsangcha@chula.ac.th

Project Duration : July 1999 – July 2005

Methane is one of the most important greenhouse gases which emitted from thailand's rice fields 2.13 million tons in 1994 and projected to 2.20 and 2.24 million tons in 2010 and 2020 respectively. The study on "Emission of Methane in a Rice-Fallow-Rice Cropping Sequence in Central Thailand" was carried out during 1999-2001. The objectives of the study were to 1) characterize and quantify methane emission from rice cropping sequence during the permanent flooding of rice growing season both of wet and dry seasons, including fallow periods, 2)to identify feasible, acceptable and workable strategies that would mitigate methane emission. The study was conducted at the Suphanburi Rice Research Center during the years 1999-2001 both in wet and dry season rice crops, and in the fallow periods as well. Rice cultivar (Suphan- buri 90) was planted in four treatments arranging in sixteen 4m x 4m plots using randomized complete block design with four replications. The treatments imposed were designed to investigate CH_4 emissions as influenced by organic amendment and fertilizer as follows:- (1) control, (2) chopped rice straw, (3) compost, (4) urea, (5) rice hull, (6) rice hull ash, (7) combinations of (3)(4)(5), (8) combinations of (3)(4)(6), (9) combinations of urea and plowed rice stalks remaining after harvesting 2 weeks, and (10) combinations of urea and plowed rice stalks remaining before transplanting 2 weeks. Gas samples were carried out weekly and drawn at 15 min, 1, 4, 16 hr after transplanted until harvested dates, by manure sampling method using a closed chamber technique. The samples were analyzed in gas chromatography; Shimadzu 7AG equipped with FID. The results showed that CH_4 emission fluxes of all treatments rapidly increased after the transplanting date, with the maximum emissions in the first and second

week, then gradually reduced to distinct pattern, followed by increasing rate of emissions reaching maximum toward grain ripening. The CH_4 emitted fluxes from organic amendment and urea treatments noticeably displayed higher amounts than the control one. Treatments (9) and (10) released the highest CH_4 emissions at the rates of 12.2 and 12.3 mgC m^{-2} h^{-1}, respectively. The 100 days accumulative CH_4 fluxes were 46.9 and 47.2 mgC m^{-2} h^{-1}, respectively. This could be assumed that urea and rice stalks are significant factors promoting CH_4 production in rice yields. CH_4 fluxes were relative to soil humidity depending on rainfall and its distribution affecting on CH_4 emissions. Carbon from organic amendments did not affect on pattern of CH_4 emission fluxes, but they promoted CH_4 production. Positive and negative CH_4 emission fluxes could get effect of temperature changes of soil, water and ambient air which directly related to soil microorganism activities (methanogenic and methanotrophic bacteria) under anaerobic and aerobic forms. In addition, aaverage CH_4 emission fluxes from treatments (7) and (8) were low, at levels of 0.5 and 0.6 mgC m^{-2} h^{-1}, respectively. While average fluxes from treatment (6) was 3.0 mgC m^{-2} h^{-1} and from urea treatment was -1.5 mgC m^{-2} h^{-1}. Consequently, it is not assured that which organic matter or urea used has potential to reduce CH_4 emissions from rice fields. It is suggested that further researches on influencing factors related to soil microorganism activities should be conducted under national and international scientific efforts. For grain yields, it was found that all organic incorporated treatments in the studied area did not significantly increase grain yields, while application of urea increased about 24 % grain yields comparing to control treatment.

Keywords : Methane emission, Rice cropping sequence, Organic amendment

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณดำเนินการวิจัย โครงการการปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และบุคลากรในการดำเนินการทดลองภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

		หน้า
บทสรุป		iii
Executive Summary		vii
บทคัดย่อ		x
Abstract		xii
กิตติกรรมประกาศ		xv
สารบัญตาราง		xvii
สารบัญรูป		xviii
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
1.1	ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	สถานที่ทำการศึกษาวิจัย	2
1.4	วิธีการการศึกษาวิจัย	2
1.5	ผลการศึกษาที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6	ระยะเวลาการศึกษาวิจัย	2
บทที่ 2	**วิธีการทดลอง**	**3**
2.1	สถานที่ทำการทดลอง	3
2.2	ระยะเวลาศึกษาทดลอง	3
2.3	แปลงทดลอง	5
2.4	เครื่องมือเก็บตัวอย่างก๊าซ	5
2.5	การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ก๊าซมีเทน	9
2.6	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน	11
2.7	ปริมาณผลผลิต	11
บทที่ 3	**ผลการทดลองและวิจารณ์**	**12**
3.1	ฤดูนาปี (Wet 1 season) กรกฎาคม – ตุลาคม 2542	12
	1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง	12
	2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว	12

3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว 17
3.2 ระยะปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูนาปี (Wet 1 fallow period) 19
ตุลาคม 2542 – กุมภาพันธ์ 2543
1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง 19
2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว 21
3.3 ฤดูนาปรัง (Dry 1 season) กุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2543 27
1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง 27
2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว 31
3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว 39
3.4 ระยะปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูนาปรัง (Dry 1 fallow period) 39
มิถุนายน-กรกฎาคม 2543
1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง 39
2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว 41
3.5 ฤดูนาปี (Wet 2 season) สิงหาคม – พฤศจิกายน 2543 47
1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง 47
2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว 51
3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว 51
3.6 ระยะปล่อยที่ว่างเปล่า (Wet 2 fallow period) 53
พฤศจิกายน 2543 – กุมภาพันธ์ 2544
1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง 53
2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว 53
3.7 ฤดูนาปรัง (Dry 2 season) กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2544 57
1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง 57
2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว 57
3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว 57

บทที่ 4 สรุปผลการศึกษา 62

เอกสารอ้างอิง 65

ภาคผนวก 66

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1-1	Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and organic amendment during the wet 1 season 1999.	19
ตารางที่ 3.3-1	Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and organic amendment during the dry 1 season 2000.	39
ตารางที่ 3.5-1	Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and organic amendment during the wet 2 season 2000.	53
ตารางที่ 3.7-1	Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and crop residue during the dry 2 season 2001.	61

สารบัญรูป

		หน้า
Figure 2-1	Suphanburi Rice Research Center	4
Figure 2-2	Experimental plots (4x4 m^2)	6
Figure 2-3	Gas collection chamber	7
Figure 2-4	Gas collection system used in a rice field	8
Figure 2-5	Gas collection chambers in experimental plots	10
Figure 3.1-1	Air temperature at 1000 hr, 1400hr, 1600 hr, and 0800hr over rice canopy in the SPR experimental site during the wet 1 season (15 July – 14 October 1999)	13
Figure 3.1-2	Floodwater pH and temperature at 1400hr affected by urea and organic amendment during the wet 1 season (15 July – 14 October 1999)	14
Figure 3.1-3	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 1 season (15 July – 14 October 1999)	16
Figure 3.1-4	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 1 season (15 July – 14 October 1999)	18
Figure 3.2-1	Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during October 1999 – February 2000	20

Figure 3.2-2	Daily maximum and minimum air temperatures at the SPR experimental site during October 1999 – February 2000	22
Figure 3.2-3	Air and soil temperatures at 1000hr in the SPR experimental site during the wet 1 fallow period (21 October – 10 February 2000)	23
Figure 3.2-4	Air and soil temperatures at 1400hr in the SPR experimental site during the wet 1 fallow period (21 October – 10 February 2000)	24
Figure 3.2-5	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 1 fallow period (21 October – 10 February 2000)	25
Figure 3.3-1	Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during the dry 1 season (1 March - 30 June 2000)	28
Figure 3.3-2	Daily maximum and minimum air temperatures at the SPR experimental site during the dry 1 season (1 March - 30 June 2000)	29
Figure 3.3-3	Air temperature at 1000 hr, 1400hr, 1600 hr, and 0800hr over rice canopy in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000)	30
Figure 3.3-4	Air and water temperatures at 0800hr in the SPR experimental	32

site during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000)

Figure 3.3-5 Air and water temperatures at 1000hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000) 33

Figure 3.3-6 Air and water temperatures at 1400hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000) 34

Figure 3.3-7 Air and water temperatures at 1600hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000) 35

Figure 3.3-8 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by organic amendment during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000) 36

Figure 3.3-9 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by organic amendment during the dry 1 season (2 March – 1 June 2000) 38

Figure 3.4-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 8 June – 21 July 2000 40

Figure 3.4-2 Daily maximum, minimum and mean air temperatures at the SPR experimental site during 8 June – 21 July 2000 42

Figure 3.4-3 Air temperature at 100hr and 1400hr at the SPR experimental site during the dry 1 fallow period (8 June – 27 July 2000) 43

Figure 3.4-4 Air and soil temperatures at 1000hr at the SPR experimental site during the dry 1 fallow period (8 June – 27 July 2000) 44

Figure 3.4-5 Air and soil temperatures at 1400hr at the SPR experimental site during the dry 1 fallow period (8 June – 27 July 2000) 45

Figure 3.4-6	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by organic amendment during the dry 1 fallow period (8 June – 27 July 2000)	46
Figure 3.5-1	Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 3 August – 9 November 2000	48
Figure 3.5-2	Daily maximum, minimum and mean air temperatures at the SPR experimental site during 3 August – 9 November 2000	49
Figure 3.5-3	Air and water temperatures at 1000hr at the SPR experimental site during the wet 2 season (3 August – 9 November 2000)	50
Figure 3.5-4	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 2 season (3 August – 9 November 2000)	52
Figure 3.6-1	Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 13 November 2000– 1 February 2001	54
Figure 3.6-2	Daily maximum, minimum and mean air temperatures at the SPR experimental site during 13 November 2000– 1 February 2001	55
Figure 3.6-3	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 2 fallow period (13 November 2000– 1 February 2001)	56

Figure 3.7-1	Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 7 February – 17 May 2001	58
Figure 3.7-2	Daily maximum, minimum and mean air temperatures at the SPR experimental site during 7 February – 17 May 2001	59
Figure 3.7-3	Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea during the dry 2 season (7 February – 17 May 2001)	60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา

ประเทศไทยได้ลงนามในอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCC) ในการประชุมองค์การสหประชาชาติเรื่องสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนาเมื่อปี พ.ศ. 2535 และได้ให้สัตยาบันในอนุสัญญาดังกล่าวเมื่อ พ.ศ. 2538 ทำให้ประเทศไทยได้มีส่วนร่วมกับประชาคมโลกในการดำเนินการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งการจัดทำปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2537 ของประเทศไทยด้วย ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นต้น

มีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของประเทศไทย ได้รับความสนใจ ถกเถียง วิพากษ์วิจารณ์ เป็นอย่างมากในกลุ่มนักวิชาการ และผู้สนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากนาข้าว จากรายงานแห่งชาติภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ดำเนินการศึกษาโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รายงานว่าใน ปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยปล่อยก๊าซมีเทน 3.16 ล้านตัน โดยร้อยละ 91 มาจากภาคการเกษตร ซึ่งในจำนวนนี้ร้อยละ 74 มาจากการปลูกข้าวนาปี ร้อยละ 22 มาจากการปศุสัตว์ ที่เหลือมาจากภาคป่าไม้ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การจัดการขยะมูลฝอย และการบำบัดน้ำเสีย ได้มีการประมาณว่าพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทยในอนาคตจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทาน และจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้จะทำให้การปล่อยมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้นจาก 2.13 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2537 เป็น 2.20 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2553 และ 2.24 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2563

การจัดทำรายงานข้อมูลดังกล่าว ได้มีการใช้ฐานข้อมูลส่วนใหญ่จากต่างประเทศ ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ที่จะมีผลผูกพันและมีความสำคัญต่อการปฏิบัติตามเงื่อนไขต่าง ๆ ในอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการเจรจาต่อรองที่เกิดขึ้นตลอดเวลาในการประชุมประเทศภาคีอนุสัญญา ดังนั้น สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยจึงได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยโครงการ การปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย อันเป็นหนึ่งในงานวิจัยย่อยชุดมีเทน ภายใต้ชุดวิจัยโครงการ Climate Change ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน ในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน (ข้าว – ปล่อยที่ว่างเปล่า - ข้าว) บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย ช่วงฤดูนาปีและฤดูนาปรัง
- เพื่อศึกษาวิธีการที่เป็นไปได้และเป็นที่ยอมรับในการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว

1.3 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

สถานที่ทำการศึกษาวิจัยปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน ในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว – ปล่อยที่ว่างเปล่า - ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

1.4 วิธีการการศึกษาวิจัย

- เตรียมพื้นที่ศึกษา วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือเก็บตัวอย่างก๊าซ และอื่นๆ
- ตกกล้า ปลูกข้าว
- เก็บตัวอย่างก๊าซจากพื้นที่ปลูกข้าว
- วิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนในห้องปฏิบัติการ
- เก็บเกี่ยวข้าว

1.5 ผลการศึกษาที่คาดว่าจะได้รับ

- ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวนาปี และนาปรัง
- ปริมาณผลผลิต

1.6 ระยะเวลาการศึกษาวิจัย

ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2542 ถึง พฤศจิกายน 2545

บทที่ 2
วิธีการทดลอง

2.1 สถานที่ทำการทดลอง

โครงการการปล่อยก๊าซมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน ข้าว – ปล่อยที่ว่าง – ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย (Emission of Methane in a Rice-Fallow-Rice Cropping Sequence in Central Thailand) ได้ดำเนินการทดลองในฤดูนาปี และฤดูนาปรัง ปี พ.ศ. 2542 และ 2544 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี (เส้นรุ้งที่ 14° 30′ เหนือ เส้นแวงที่ 100° 05′ ตะวันออก) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

พื้นที่ทดลองปลูกข้าวเป็นดินนาชุดดินพิมาย (Fluvic Tropaquept, SMSS 1983) โดยมีคุณสมบัติของดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดินดังนี้

pH (ดิน : น้ำ 1:1)	=	6.7	
Total nitrogen	=	1.6	g kg^{-1}
Organic matter	=	25	g kg^{-1}
Cation exchange capacity	=	18	c mol kg^{-1}
Sand	=	230	g kg^{-1}
Silt	=	260	g kg^{-1}
Clay	=	510	g kg^{-1}

พันธ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ซึ่งเป็นพันธ์ข้าวที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวพันธ์ กข 21 กับ พันธุ์ IR 4422-98-3-6-1 และลูกผสมระหว่างพันธุ์ กข 11 กับ กข 23 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2524 จนคัดเลือกได้สายพันธุ์ดีเป็นข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 (SPRLR82216-26-1-3)

ข้าวสุพรรณบุรี 90 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อแสง มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน ทรงกอตั้ง ต้นสูงประมาณ 120 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้มมีขน กาบใบสีเขียว ปล้องสีเขียว ใบธงยาค่อนข้างตั้งตรง รวงยาว ระแง้ถี่ รวงแน่น คอรวงยาว ลำต้นแข็งไม่ล้มง่าย เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีก้นจุดเล็กน้อย เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.4 มิลลิเมตร กว้าง 2.4 มิลลิเมตร และหนา 1.8 มิลลิเมตร ให้ผลผลิตสูง ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ต้านทานโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยดี (กรมวิชาการเกษตร 2544)

2.2 ระยะเวลาศึกษาทดลอง

1) ฤดูนาปี (ฤดูฝน) กรกฎาคม – ตุลาคม 2542 และ กรกฎาคม – ตุลาคม 2543
2) ปล่อยที่ว่างเปล่า (Fallow period) ตุลาคม 2542 – กุมภาพันธ์ 2543 และ ตุลาคม 2543 – กุมภาพันธ์ 2544
3) ฤดูนาปรัง (ฤดูแล้ง) กุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2543 และ กุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2544

Figure 2-1 Suphanburi Rice Research Center

2.3 แปลงทดลอง

เตรียมแปลงทดลองขนาด 4 x 4 ตารางเมตร ให้มีคันดินสูง 0.2 เมตร กว้าง 0.4 เมตร กั้นล้อมรอบแปลงทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 แล้วจึงทำการไถคราดเตรียมดิน ภายหลังการขังน้ำให้อยู่ในสภาพเป็นเทือก พร้อมทั้งปรับระดับพื้นที่ให้ราบเรียบและสม่ำเสมอ จัดการแปลงทดลองแบบสุ่มตัวอย่าง (Randomized complete block) 4 ซ้ำ โดยตำรับการทดลองของแต่ละฤดูการปลูกข้าวประกอบด้วย

1) ไม่ใส่อะไรเลย (control)
2) ใส่ฟางข้าวสับ
3) ใส่ปุ๋ยหมัก
4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย
5) ใส่แกลบ
6) ใส่ขี้เถ้าแกลบ
7) ใส่แกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย
8) ใส่ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย
9) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบ

สำหรับฟางข้าวและปุ๋ยหมักใส่ในอัตรา 8 กิโลกรัมต่อแปลง (800 กิโลกรัมต่อไร่) โดยหว่านไปบนผิวดินที่ได้ระบายน้ำออกแล้วคราดกลบให้จมลึกประมาณ 5 เซนติเมตร ก่อนการปักดำ 16 วัน

สำหรับปุ๋ยยูเรีย (46 %N) หว่านในแปลงทดลองที่มีน้ำท่วมขังดินประมาณ 3 เซนติเมตร ภายหลังจากการปักดำแล้ว 1 ชั่วโมง ในอัตรา 7 กรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตร (11.2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ก่อนการปักดำ ทำการใส่ปุ๋ยรองพื้นทริปเปอร์ซุปเปอร์ฟอสเฟส (46 % P_2O_5) ในอัตรา 4.5 กิโลกรัมโพแตชเซียมต่อไร่ ตามลำดับ โดยหว่านลงในแปลงทดลองที่ได้ระบายน้ำออกแล้วคราดกลบให้ปุ๋ยจมลึกใต้ผิวดิน หลังจากนั้นทำการปักดำด้วยต้นกล้าพันธ์ข้าวสุพรรณบุรี 90 ที่มีอายุประมาณ 3 สัปดาห์ จำนวน 3 ต้นต่อจับ โดยใช้ระยะปักดำ 20 x 20 ตารางเซนติเมตร

ภายหลังการปักดำ ปล่อยน้ำเข้าแปลงทดลองให้อยู่ที่ระดับ 3 เซนติเมตรจากผิวดิน หลังจากนั้น ประมาณ 2-3 วันทำการควบคุมรักษาระดับน้ำให้อยู่ที่ 5-10 เซนติเมตรจากผิวดิน ตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวในฤดูปลูก จากนั้นใส่ปุ๋ยยูเรียโดยหว่านไปบนผิวน้ำที่ท่วมขังดินในวันที่ทำการปักดำต้นกล้า กรณีที่ใช้ปุ๋ยยูเรียในตำรับการทดลอง

2.4 เครื่องมือเก็บตัวอย่างก๊าซ

รูปที่ 2.3 และ 2.4 แสดงกล่องที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทน (Gas collection chamber) กล่องเก็บก๊าซทำด้วยแผ่นพลาสติกใสแบบหนา (Acrylic plastic หนา 0.5 เซนติเมตร) มีขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ความยาว 60 เซนติเมตร และความสูง 60 เซนติเมตร และเมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตภายหลังการปักดำแล้วประมาณ 1 เดือน จึงเพิ่มส่วนฐานที่เปิดด้านบนมีขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ความยาว 60 เซนติเมตร และความสูง 42.5 เซนติเมตร มีร่องน้ำกว้าง 3 เซนติเมตร ลึก 2.5 เซนติเมตร ล้อมรอบด้านบน

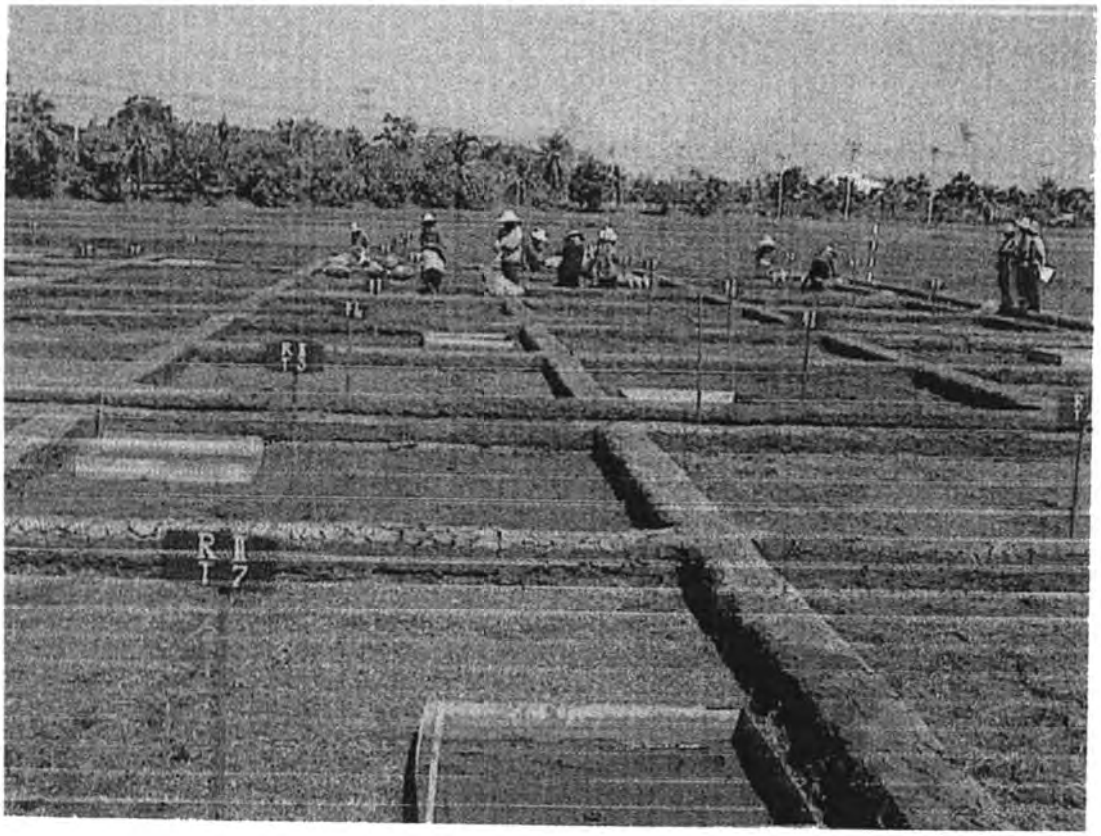
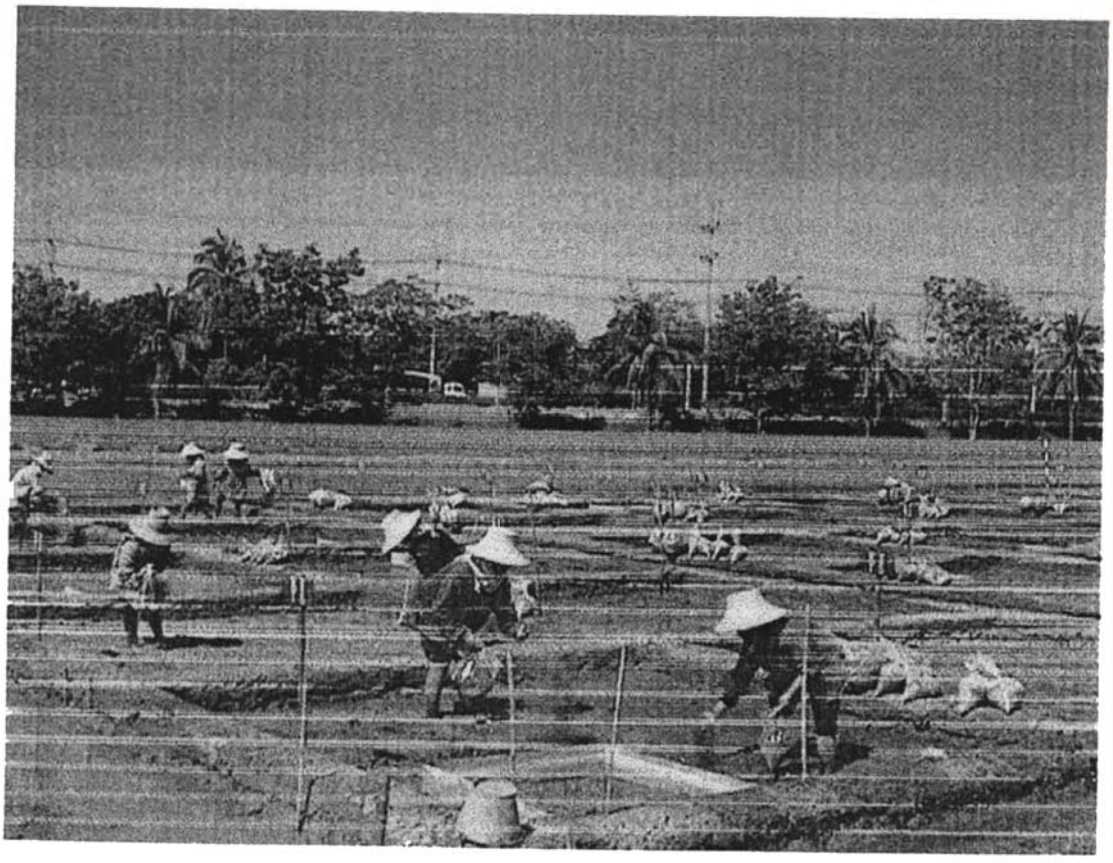


Figure 2-2 Experimental plots (4x4 m^2)



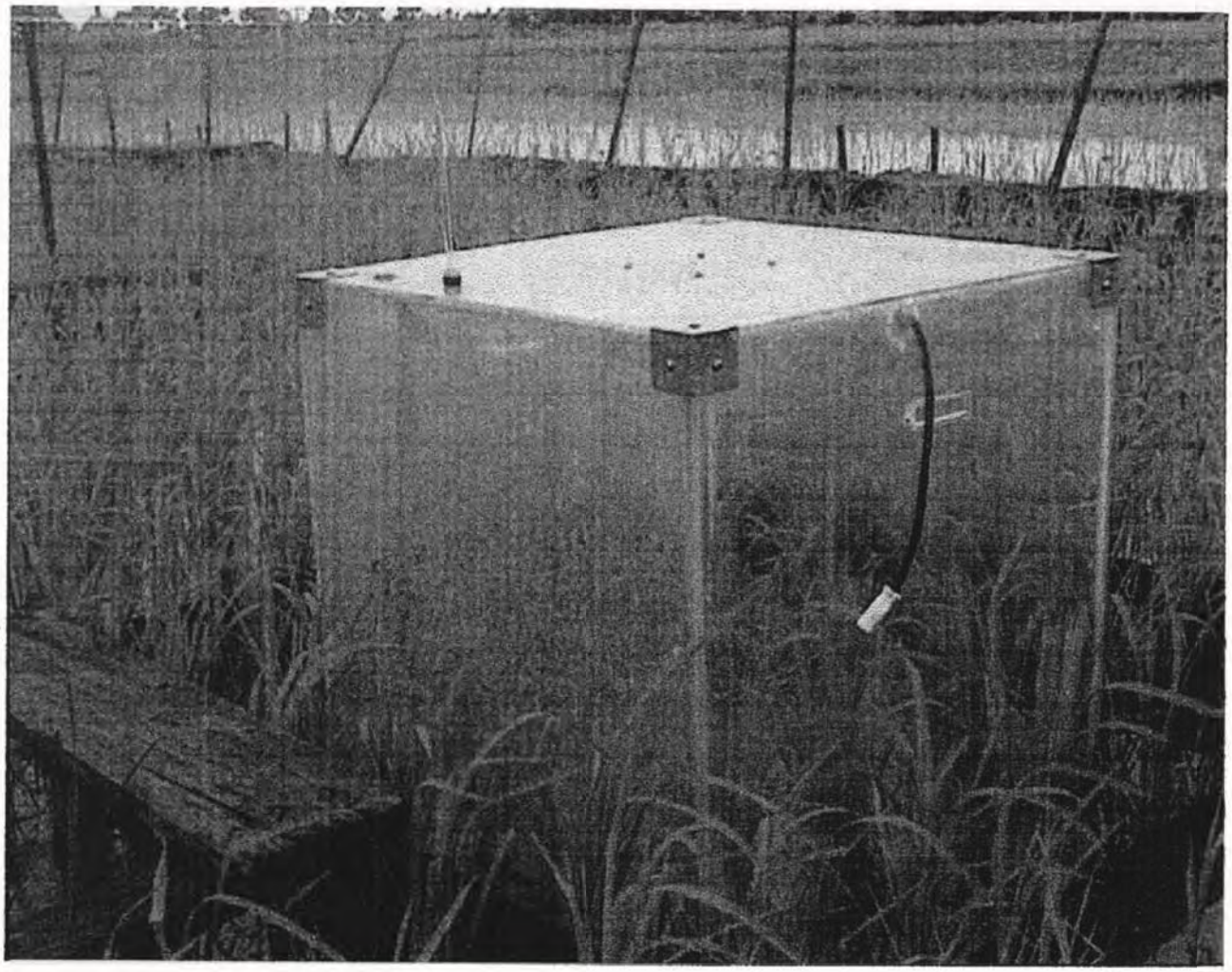


Figure 2-3 Gas collection chamber

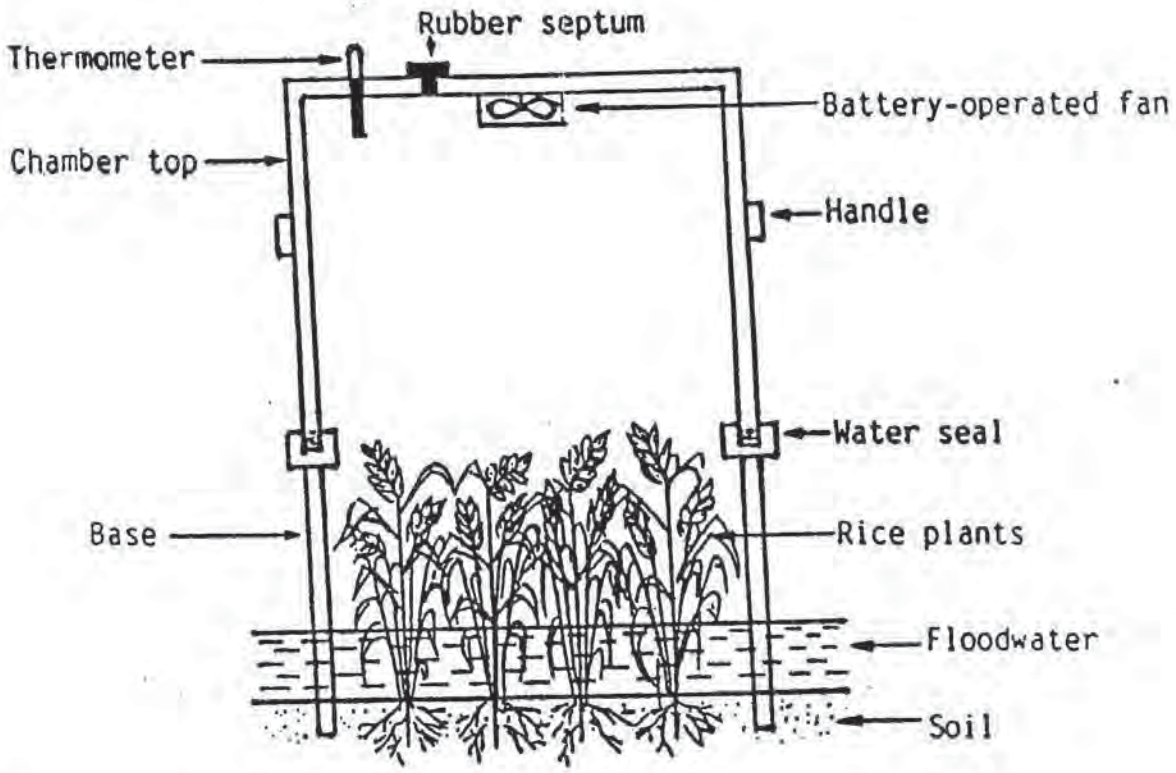


Figure 2-4 Gas collection system used in a rice field

เพื่อรองรับกล่องเก็บก๊าซ โดยใช้น้ำเป็นตัวป้องกันการรั่วซึมของก๊าซบริเวณส่วนฐานและส่วนบนขณะที่เก็บตัวอย่างก๊าซ

2.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ก๊าซมีเทน

ทำการวางกล่องเก็บก๊าซ (Gas collection chamber) ลงบนกอข้าวในแปลงทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

2.5.1 การเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทน 24 ชั่วโมง

1) ที่เวลา 10:00 น

ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซทันทีหลังจากวางกล่องเก็บก๊าซ พร้อมกับบันทึกอุณหภูมิภายในกล่องและอุณหภูมิอากาศ (Ambient air) บริเวณเหนือต้นข้าว เพื่อเป็นการเก็บตัวอย่างที่เวลา t = 0 (Zero time) เก็บตัวอย่างก๊าซอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลา 14:00 น (ระยะเวลา 4 ชั่วโมง) ด้วยหลอดเก็บตัวอย่าง (Monoject syringe) ขนาด 60 มิลลิลิตร พร้อมเข็มและ stopcock ผ่านทาง septum ของกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ พร้อมกับบันทึกอุณหภูมิและความสูงของ Headspace ภายในกล่องเก็บก๊าซ และอุณหภูมิอากาศเหนือต้นข้าว จากนั้นถ่ายตัวอย่างก๊าซลงในหลอดเก็บก๊าซ (Evacuated vacutainer) แล้วจึงยกกล่องเก็บก๊าซออก

2) ที่เวลา 16:00 น

วางกล่องเก็บก๊าซใหม่เมื่อเวลา 16:00 น ทิ้งไว้ค้างคืนแล้วเก็บตัวอย่างก๊าซที่เวลา 08:00 น ของวันถัดไป (ระยะเวลา 16 ชั่วโมง) ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ ดังอธิบายแล้วข้างต้น

2.5.2 การเก็บตัวอย่างก๊าซ 1 ชั่วโมง

ที่เวลา 10:00 น วางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซทันที เพื่อเป็นการเก็บตัวอย่างที่เวลา t = 0 (Zero time) และเก็บตัวอย่างก๊าซเมื่อเวลา 11:00 น (ระยะเวลา 1 ชั่วโมง) การเก็บตัวอย่างก๊าซวิธีการเช่นเดียวกับที่ปฏิบัติในหัวข้อ 2.5.1

2.5.3 การเก็บตัวอย่างก๊าซ 15 นาที

ที่เวลา 10:00 น วางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซทันที เพื่อเป็นการเก็บตัวอย่างที่เวลา t = 0 (Zero time) และเก็บตัวอย่างก๊าซอีกคั้งหนึ่งเมื่อเวลา 10:15 น (ระยะเวลารวม 15 นาที) วิธีการเก็บตัวอย่างก๊าซปฏิบัติเช่นเดียวกับในหัวข้อ 2.5.1

การเก็บตัวอย่างก๊าซจะเริ่มในวันแรกของการปักดำ และทุกสัปดาห์ ภายหลังการใส่อินทรีย์วัตถุไปจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ในขณะที่ทำเก็บตัวอย่างก๊าซ ได้ทำการวัดอุณหภูมิน้ำที่ท่วมขังแปลงทดลองด้วย

2.5.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมีเทน

นำตัวอย่างในหลอดเก็บก๊าซ ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน ด้วยเครื่อง Gas chromatography, Shimadzu Model 7AG โดยใช้ Flame ionization detector (FID)

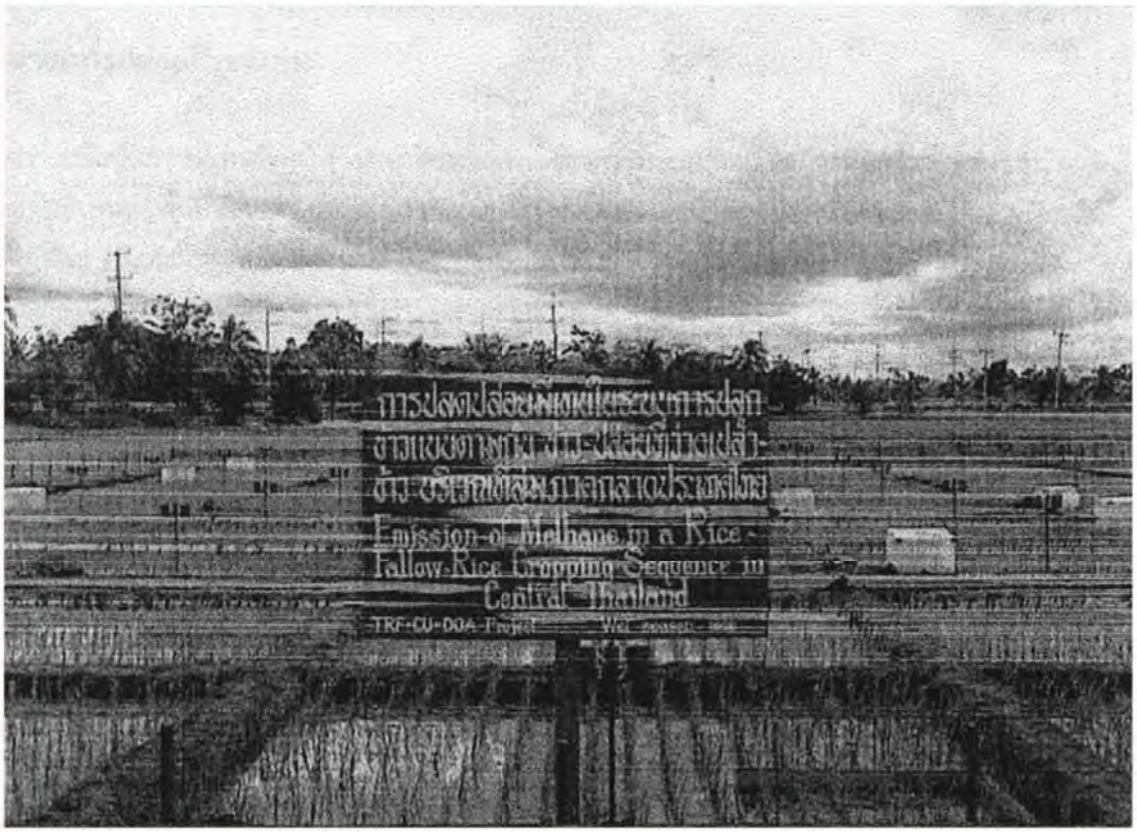


Figure 2-5 Gas collection chambers in experimental plots

2.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน

ค่าความเข้มข้นก๊าซมีเทนที่วัดได้ นำมาคำนวณหาอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว แสดงหน่วยวัดเป็นน้ำหนักมีเทนต่อพื้นที่ต่อเวลา (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง) โดยใช้ความสัมพันธ์ของสมการ Closed-chamber (Rolston, 1986) ดังนี้

$$F = (V/A)\,(273/T)\,(\Delta C/\Delta T)$$

เมื่อ F = CH_4 gas flux

V = ปริมาตรของช่องว่างภายในกล่องเก็บก๊าซ (chamber headspace)

A = พื้นที่บนผิวดินที่กล่องเก็บก๊าซครอบ

$\Delta C/\Delta T$ = การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซมีเทนต่อหน่วยเวลา

T = อุณหภูมิสัมพัทธ์ (absolute temperature) ของอากาศภายใน Headspace หน่วยเป็น Kelvin (^oK)

2.7 ปริมาณผลผลิต

เมื่อเมล็ดข้าวสุกทำการเกี่ยวข้าว โดยเก็บเกี่ยวในเนื้อที่ 2.0 x 3.2 ตารางเมตร ของแต่ละแปลงทดลอง แล้วนำมานวด ฝัด ตากแดด และอบความชื้น ชั่งน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือก และปรับผลผลิตเมล็ดให้อยู่ในระดับความชื้น 14 % แล้วนำมาคำนวณปริมาณผลผลิต

บทที่ 3
ผลการทดลองและวิจารณ์

1 ฤดูนาปี (Wet 1 season) กรกฎาคม – ตุลาคม 2542

1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

อุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือยอดต้นข้าว (crop canopy) เมื่อเวลา 10:00 น แปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 28.0 ถึง 33.3 องศาเซลเซียส (^{o}ซ) อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.5 ^{o}ซ และที่เวลา 14:00 น อุณหภูมิแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 30.0 ถึง 38.0 ^{o}ซ อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 33.5 ^{o}ซ อุณหภูมิมีค่าสูงสุดในวันแรกที่เริ่มปักดำ โดยมีการลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกันไปจนกระทั่งใกล้ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิอากาศลดลงเหลือประมาณ 30.0 ^{o}ซ เนื่องจากเกิดฝนตกติดต่อกันหลายวัน สำหรับเวลา 16:00 น และ 08:00 น ของวันถัดไป อุณหภูมิอากาศแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 26.7 – 36.7 และ 24.0 – 31.0 ^{o}ซ ตามลำดับ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 31.6 และ27.4 ^{o}ซ ตามลำดับ (รูปที่ 3.1-1)

อุณหภูมิของน้ำที่ท่วมขังดินเมื่อวัดที่บริเวณผิวน้ำ(ที่ระดับ 0 - 0.2 ซม.)ระหว่างตำรับการทดลองแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วงระหว่าง 29.2 ถึง 37.6 ^{o}ซ (รูปที่ 3.1-2) ซึ่งไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในสัปดาห์แรกภายหลังการปักดำ แล้วลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกันไป เช่นเดียวกับอุณหภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากความร้อนจากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันมีผลกระทบโดยตรงต่อการการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำ

สำหรับค่า pH ของน้ำที่ท่วมขังดิน พบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีค่า pH สูงสุดประมาณ 7.6 โดยมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 2 สัปดาห์ ก่อนลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกันไป ส่วนตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย ค่า pH เพิ่มสูงขึ้นที่ระดับ 8.0 ในสัปดาห์ที่ 2 ก่อนลดลงและรักษาระดับอยู่ประมาณ 7.5 สำหรับการทดลองในตำรับที่ใส่ฟางข้าว pH มีค่าสูงสุดที่ 8.0 ในสัปดาห์ที่ 3 เช่นเดียวกับปุ๋ยหมัก แต่ไม่แสดงความแตกต่างที่เด่นชัดตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (รูปที่ 3.1-2)

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

(1) จากการเก็บตัวอย่างก๊าซ 4 ชั่วโมง

เมื่อวางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซนาน 4 ชั่วโมงพบว่าค่า CH_4 Flux จากแปลงทดลองที่ไถกลบด้วยฟางข้าวมีค่าสูงกว่าแปลงทดลองตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่เริ่มแรกการทดลองหลังการปัก

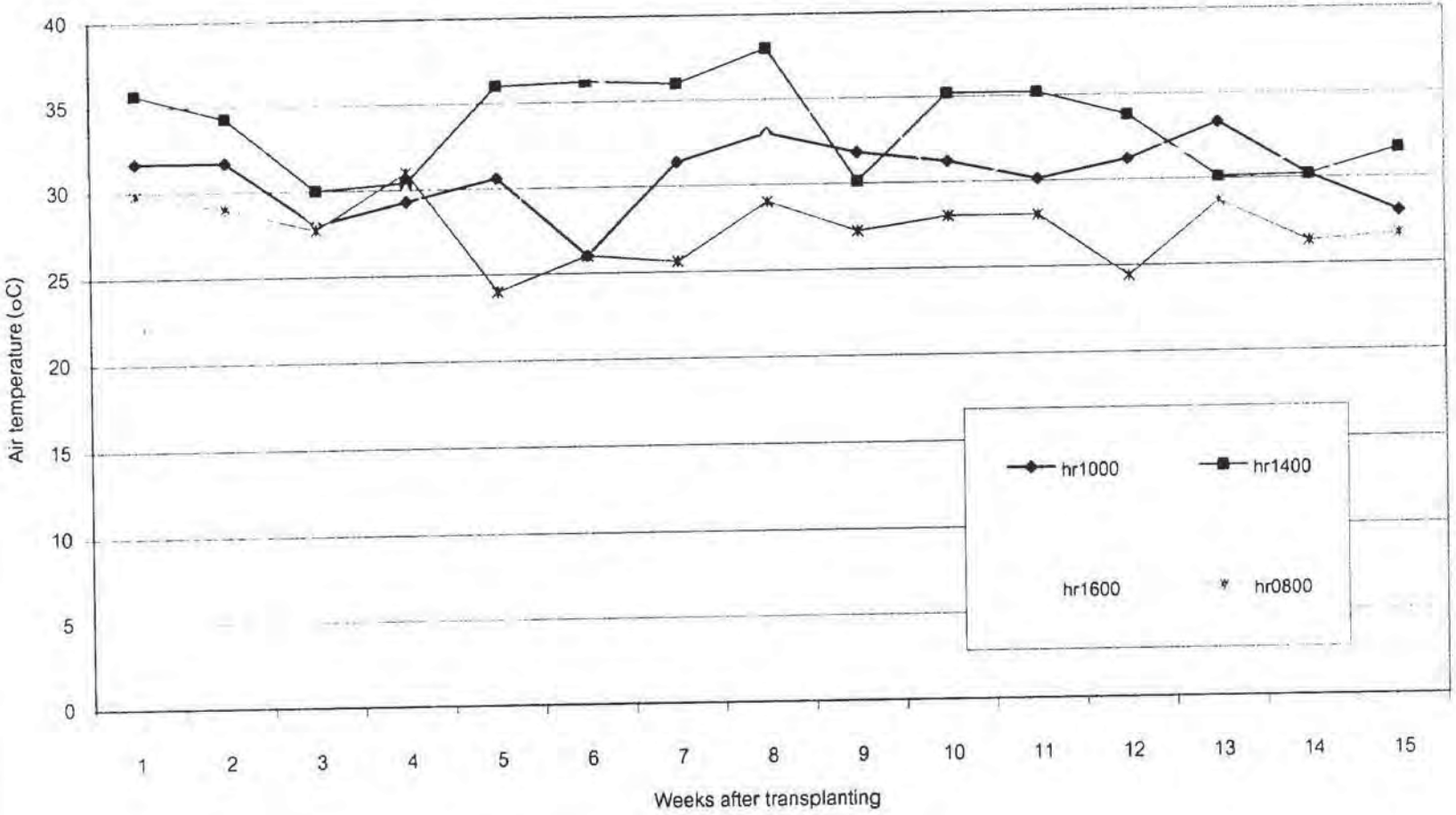


Figure 3.1-1 Air temperature at 1000hr, 1400 hr, 1600 hr, and 0800hr over rice canopy in the SPR experimental site during the wet 1 season (15 July - 14 October 1999).

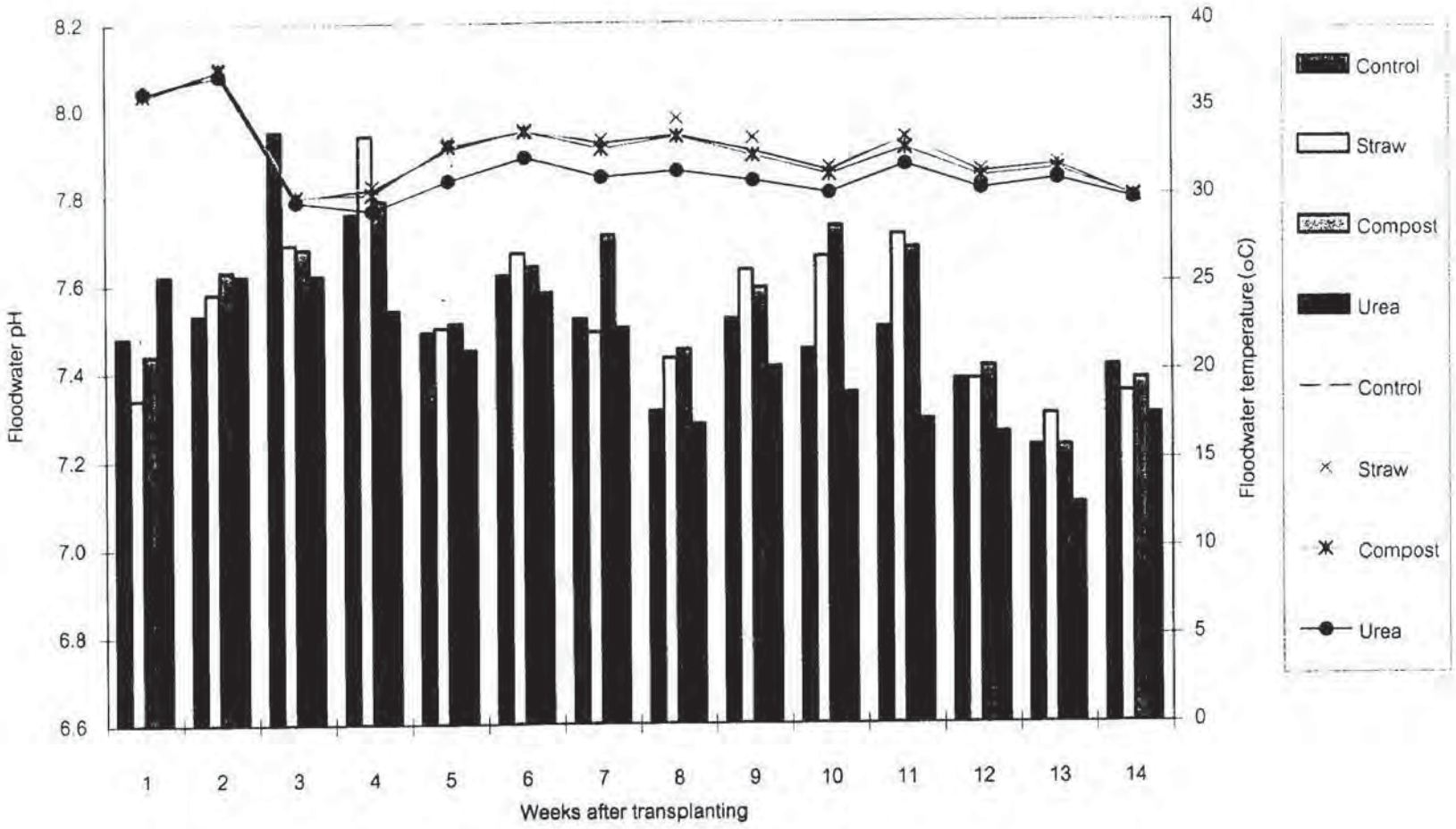


Figure 3.1-2 Floodwater pH and temperature at 1400 hr affected by urea and organic amendment during the wet 1 season (15 July - 14 October 1999).

ดำจนประมาณสัปดาห์ที่ 2 ภายหลังการปักดำ (รูปที่ 3.1-3) แปลงทดลองที่ใส่ฟางข้าวสับมีอัตราการปล่อยมีเทนอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดประมาณ 52 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง (มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม.) ในสัปดาห์แรก ค่าดังกล่าวน่าจะมีผลจากฟางข้าวมีคาร์บอนที่ถูกย่อยสลายง่าย (easily decomposable carbon)เป็นแหล่งพลังงานเพิ่มเติมในกระบวน การเกิดก๊าซมีเทนที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิด methanogenic ที่อาศัยอยู่ในดิน การใส่ฟางข้าวได้ช่วยเพิ่มอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนหลายเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอีก 3 ตำรับ ซึ่งผลการวิจัยนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยมีเทนที่มีตำรับการทดลองคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างเช่น การทดลองของ Yagi และ Minami ในปี1990 Neue et al. ปี 1994 และ Bronson et al. ปี 1997 อย่างไรก็ตามภายหลังสัปดาห์ที่ 2 ของการปักดำพบว่า การปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงทดลองตำรับที่ใส่ฟางข้าวเริ่มลดลง และมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนไม่แตกต่างจากตำรับการทดลองอื่นๆ จนสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยหมักมีค่า CH_4 Flux ใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย พบว่ามีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 เช่นกันโดยมีค่าประมาณ 19 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ก่อนลดลงเพียงเล็กน้อย และรักษาระดับปริมาณมีเทนซึ่งมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักระหว่าง 2 ตำรับการทดลองนี้ สำหรับตำรับที่ไม่ใส่อะไรเลยให้ค่า CH_4 Flux ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยยูเรีย แต่ก็ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด

ภายหลังการปักดำ สัปดาห์ที่ 5 สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 13 CH_4 Flux ที่วัดได้มีค่าประมาณ -3, -2 และ -5 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. สาเหตุที่ CH_4 Flux มีค่าติดลบอาจเกิดจากการเกิด CH_4 oxidation หรือ consumption จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดmethanotrophic bacteria ที่บริเวณชั้นผิวดินที่มีน้ำขังอยู่ (aerobic layer)และที่บริเวณ rhizophere ของรากข้าว Bronson และ Mosier (1994) ทำการวิจัยพบว่า NH_4^+ (และ/หรือ NH_3) สามารถลด CH_4 consumption rate ในดินได้ โดยดินในตำรับทดลองที่ไม่ได้ใส่อะไรเลยนั้นมีปริมาณ NH_4^+ - N ต่ำกว่าในดินตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยหมัก ดังนั้นการยับยั้งการเกิด CH_4 oxidation ในตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลยจึงเกิดขึ้นน้อยกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ

เป็นที่น่าสังเกตว่าค่า CH_4 Flux ของทุกตำรับการทดลองเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งในระยะที่เมล็ดข้าวเริ่มสุก (grain ripening state) ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว ปริมาณมีเทนที่ปล่อยออกมาสูงดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากการที่รากข้าวปล่อยสารที่เป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุ (exudates) ออกสู่ดินในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต อีกทั้งรากข้าวบางส่วนได้สลายตัวผุพังไปทำให้เนื้อเยื่อ aerenchyma มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะดังกล่าวด้วย

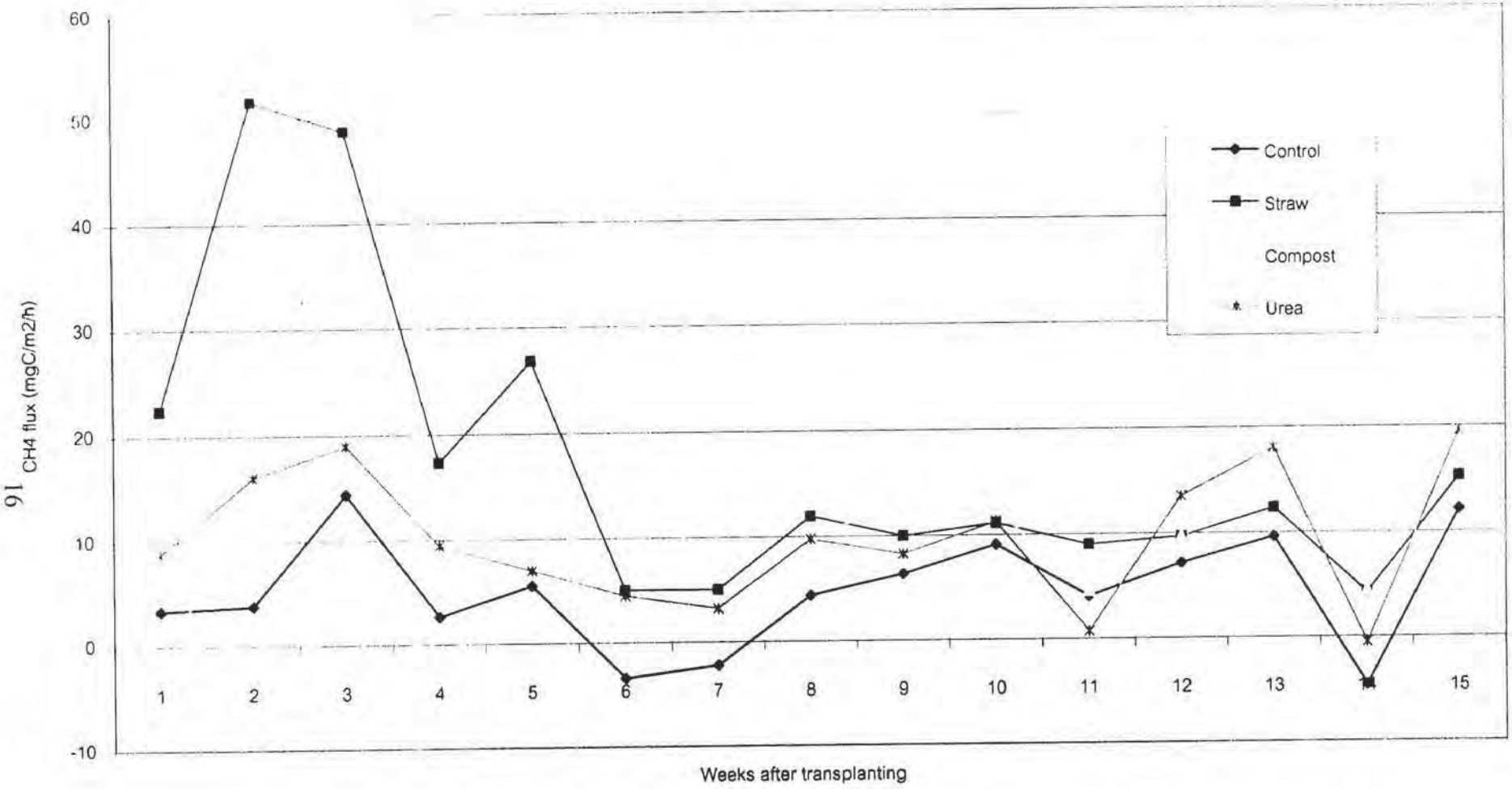


Figure 3.1-3 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 1 season (15 July - 14 October 1999)

(2) จากการเก็บตัวอย่างก๊าซ 16 ชั่วโมง

รูปที่ 3.1-4 แสดงผลการทดลองเมื่อวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง พบว่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวมีลักษณะรูปแบบคล้ายคลึงกับการปล่อยมีเทน เมื่อวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง (รูปที่ 3.1-3) ยกเว้นค่า CH_4 Flux ของตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าวมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 โดยมีปริมาณประมาณครึ่งหนึ่ง (19 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม) ของการปล่อยก๊าซมีเทนช่วงเวลากลางวัน จากนั้น CH_4 Flux มีค่าลดลงเรื่อยๆจนถึงจุดต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 11 แล้วจึงเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงสัปดาห์ที่เมล็ดข้าวเริ่มสุก

อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสำหรับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยยูเรีย พบว่ามีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนใกล้เคียงกันตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลยมีปริมาณการปล่อยมีเทนในอัตราที่ต่ำกว่าสองตำรับดังกล่าว ตลอดระยะเวลาการเติบโตมีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดประมาณ 7 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชมในสัปดาห์ที่ 3 ก่อนลดไปถึงจุดต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 11 และเพิ่มขึ้นอีกครั้งก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว

ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการวางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซนาน 4 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา10:00 - 14:00 น. มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าการวางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซนาน 16 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 16:00 น. ถึง 08:00 น. ของวันถัดไป ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมในนาข้าวเช่น อุณหภูมิและแสงแดดในเวลากลางวันจะเป็นตัวชักนำให้เกิดอัตราการปล่อยมีเทนสูงกว่า ช่วงเวลาเวลากลางคืนที่สภาพแวดล้อม เช่น อากาศ น้ำ และดิน มีอุณหภูมิแปรปรวนไม่มากนัก

ข้อมูลค่า CH_4 Flux ของการทดลองในฤดูนาปีครั้งที่ 1 นี้พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในเวลากลางวันสูงกว่าเวลากลางคืนอย่างเด่นชัด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Neue et al. (1994) และ Bronson et al. (1997) ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงทดลองข้าวที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ ประเทศฟิลิปปินส์ ตลอด 24 ชั่วโมง (diurnal pattern) ด้วยวิธีการวัดอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ (automatic sampling and measurement system) ซึ่งจุดสูงสุดของค่า CH_4 Flux จะเกิดขึ้นในช่วงบ่ายหลังเที่ยง (early afternoon) หลังจากนั้นจะลดลงในเวลากลางคืน โดยจุดต่ำสุดประจำวันจะเกิดขึ้นหลังเที่ยงคืนจนกระทั่งเวลาประมาณ 6:00 น.ของวันถัดไป แล้งจึงมีอัตราการปล่อยเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและความเข้มของแสงแดด ซึ่งเป็นวัฏจักรหมุนเวียนไปเช่นนี้ทุกวัน

3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกและปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลย แสดงไว้ในตารางที่ 3.1-1 ข้อมูลในตารางนี้ชี้ให้เห็นว่าการใส่อินทรีย์วัตถุไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว หรือปุ๋ยหมักในอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ช่วยในการ

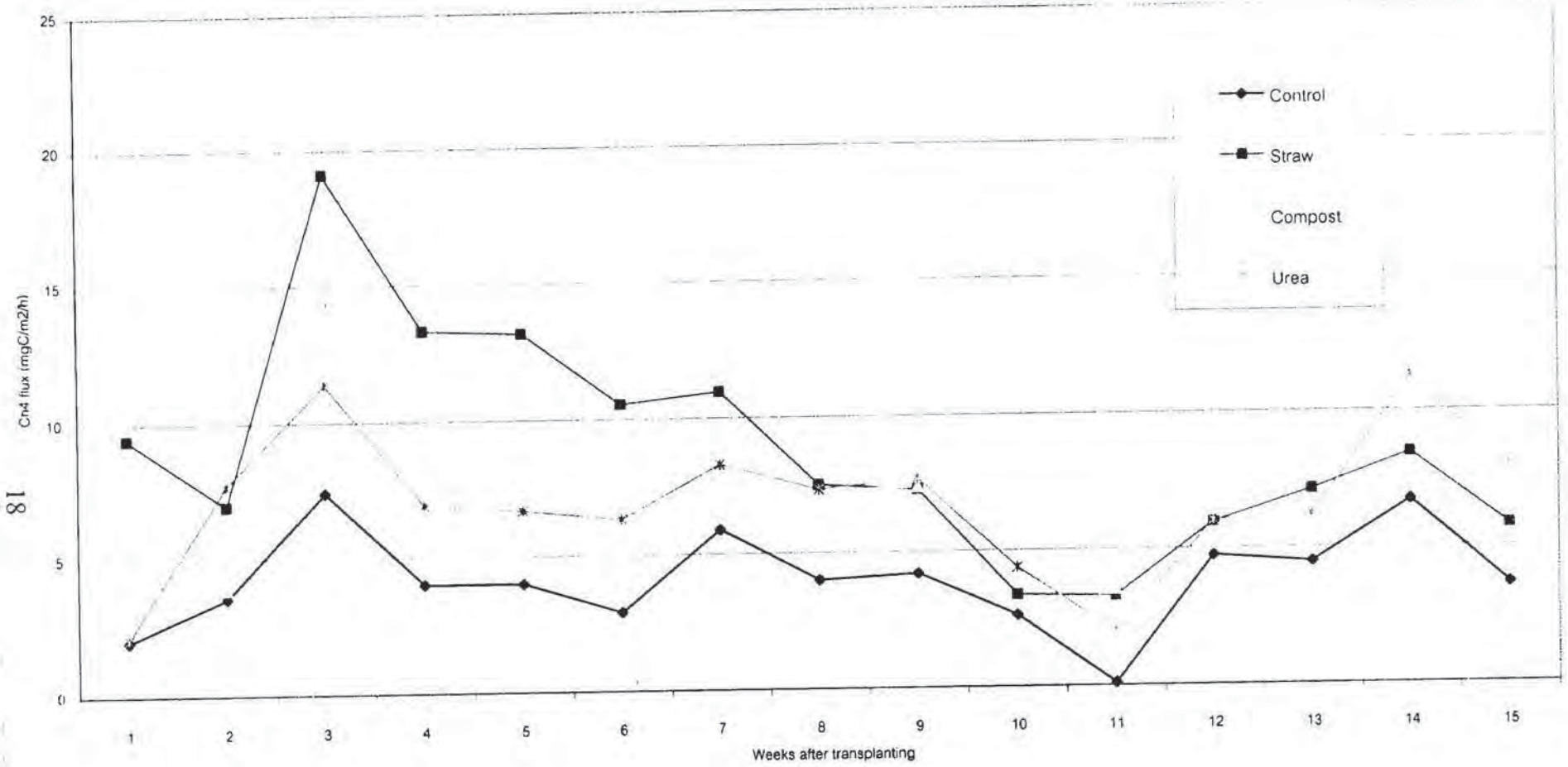


Figure 3.1-4 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 1 season (15 July - 14 October 1999).

เพิ่มผลผลิตแต่อย่างใด ในทางตรงข้ามการใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 11.2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นประมาณ 24 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย ($P<0.5$)

เมื่อนำค่า CH_4 Flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาเก็บตัวอย่างของแต่ละระยะเวลาการวางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ใส่ปุ๋ยหมัก ใส่ปุ๋ยยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลย มีค่าเท่ากับ 13.2 7.8 8.1 และ 4.4 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ (ตารางที่ 3.1-1) เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณปริมาณสะสมการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าว (cumulative seasonal emission) นับตั้งแต่วันปักดำจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวรวม 99 วัน พบว่ามีปริมาณก๊าซมีเทนถูกปล่อยออกมาจากตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ใส่ปุ๋ยหมัก ใส่ปุ๋ยยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลย มีค่าเท่ากับ 49.8 29.6 30.7 และ 16.8 กก.คาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1-1

Table 3.1-1 Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and organic amendment during the wet 1 season 1999.

Treatment	Grain yield	Methane emission	
	Kg/Rai	Average flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Cumulative flux 99 days (KgC/Rai)
Control	772.8	4.4	16.8
Rice straw	795.2	13.2	49.8
Compost	846.4	7.8	29.6
Urea	956.8	8.1	30.7

3.2 ระยะปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูนาปี (Wet 1 fallow period) ตุลาคม 2542 – กุมภาพันธ์ 2543

1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

การกระจายตัวของฝนมีรูปแบบที่ไม่สม่ำเสมอดังแสดงในรูปที่ 3.2-1 โดยทั่วไปมีฝนตกหนักในช่วงเดือนตุลาคม 2542 มีปริมาณสะสม 209.7 มม. และมีปริมาณสูงสุดของวันเท่ากับ 37.0 มม. ปริมาณฝนในเดือนพฤศจิกายนเริ่มลดลงมีปริมาณสะสม 73.0 มม. และมีปริมาณสูงสุดของวัน 35.2 มม. หลังจากนั้นมีปริมาณฝนน้อยมากจนกระทั่งไม่มีฝนตกเลย ระหว่างเดือนตุลาคม 2542 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2543 มีปริมาณฝนตกทั้งสิ้น 290.8 มม. ในช่วงที่มีฝนตกชุกปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในระดับที่สูงประมาณ 90 % และลดลงจนถึงระดับความชื้น

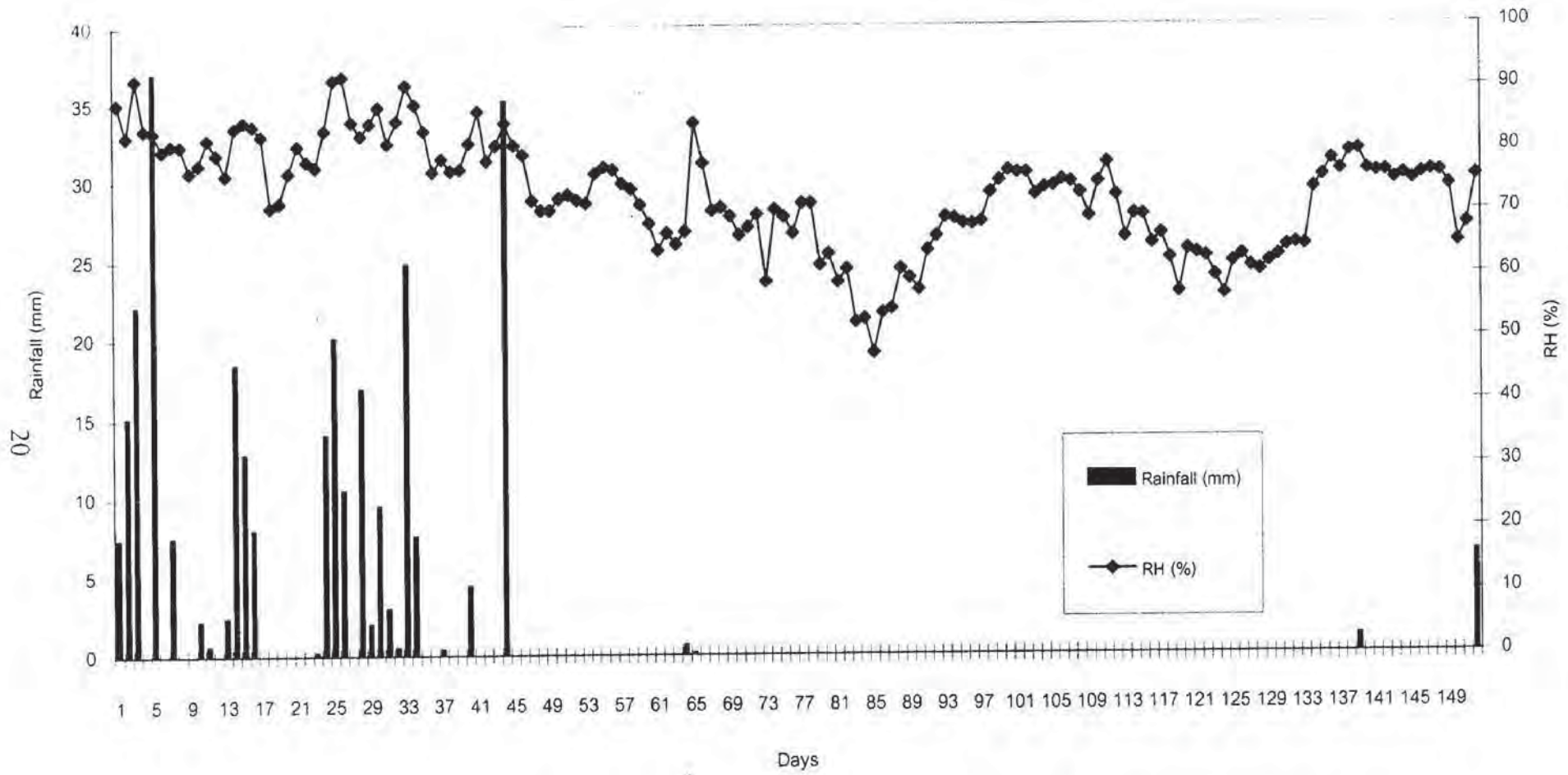


Figure 3.2-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the experimental site during October 1999 - February 2000.

สัมพัทธ์ต่ำสุดที่ 48 % RH ปลายเดือนธันวาคม 2542 จากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์มีการเพิ่มขึ้นและลดลงเปลี่ยนแปลงในระดับที่ต่ำกว่า 80 % RH ไปจนสิ้นเดือนกุมภาพันธ์ 2543

รูปที่ 3.2-2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดประจำวันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.9 ถึง 36.2 ^{o}ซ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.6 ^{o}ซ โดยอุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นสัปดาห์สุดท้ายของเดือนกุมภาพันธ์ และมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ประมาณสัปดาห์แรกของเดือนธันวาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 10.4 ถึง 25.5 ^{o}ซ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.9 ^{o}ซ

อุณหภูมิอากาศที่วัดบริเวณเหนือผิวดินประมาณ 50 ซม. เมื่อเวลา 10:00 น.มีค่าแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 20.2 ถึง 31.2 ^{o}ซ คิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 21.9 ^{o}ซ (รูปที่ 3.2-3) โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าว หลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศที่วัดบริเวณเหนือผิวดินมีการลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงแคบๆ สลับกันไปจนกระทั่งลดลงถึงจุดต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 10 ก่อนเพิ่มขึ้นและลดลงอีกครั้ง ส่วนอุณหภูมิอากาศเมื่อเวลา 14:00 น.มีลักษณะคล้ายคลึงกับอุณหภูมิอากาศเมื่อเวลา 10:00 น. โดยแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 27.2 ถึง 35.5 ^{o}ซ และมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.8 ^{o}ซ

อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 5 ซม.เมื่อเวลา 10:00 น.และ 14:00 น.มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคล้ายคลึงกับอุณหภูมิอากาศ โดยมีค่าต่ำกว่าประมาณ 3 ^{o}ซ อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 23.5 ^{o}ซ และ 27.0 ^{o}ซ ตามลำดับ ทั้งนี้ทุกตำรับการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิดิน (รูปที่ 3.2-3 และ 3.2-4)

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ภายหลังการระบายน้ำออกจากแปลงทดลองเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2545 พบว่าช่วงสัปดาห์ที่ 1-2 ก๊าซมีเทนจากพื้นที่ศึกษามีอัตราการปล่อยสูงสุดในตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย รองลงมาคือ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยหมัก ฟางข้าว และไม่ใส่อะไรเลย ดังแสดงในรูปที่ 3.2-5 ซึ่งคิดเป็นค่า CH_4 Flux เท่ากับ 30.0 28.0 17.0 และ15.0 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่า CH_4 Flux ติดลบในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 สาเหตุดังกล่าวอาจเนื่องมาจากปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุและ root exudate ไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกสู่บรรยากาศโดยผ่านทางช่องอากาศที่เรียกว่า aerenchyma ของต้นข้าวได้ ทั้งนี้เพราะลำต้นข้าวถูกตัดเก็บเกี่ยวออกไปจากดินหมดแล้ว จึงทำให้ก๊าซมีเทนมีการปล่อยออกมาน้อยลง นอกจากนี้ภายหลังการระบายน้ำออกจากแปลงทดลองชั้นดินนาจะอยู่ในสภาพของ aerobic environment จุลินทรีย์ดินที่ต้องการออกซิเจนบริเวณรากพืชและผิวดินชนิด methanotrophic bacteria จะใช้ก๊าซมีเทนในกระบวนการ metabolism ที่เรียกว่า CH_4 oxidation หรือ consumption มีผลทำให้ก๊าซมีเทน

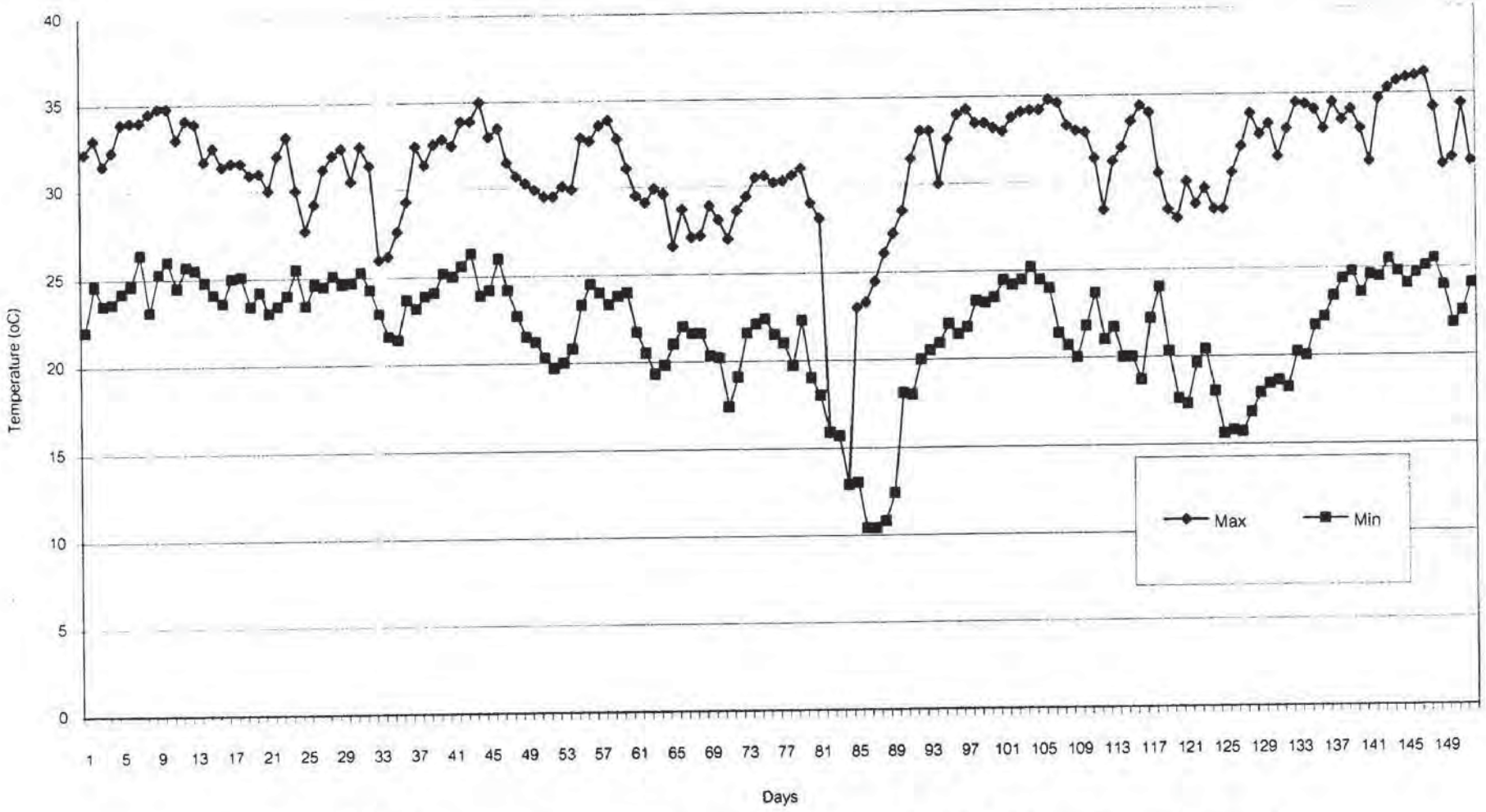


Figure 3.2-2 Daily maximum and minimum air temperatures at the experimental site during October 1999 - February 2000.

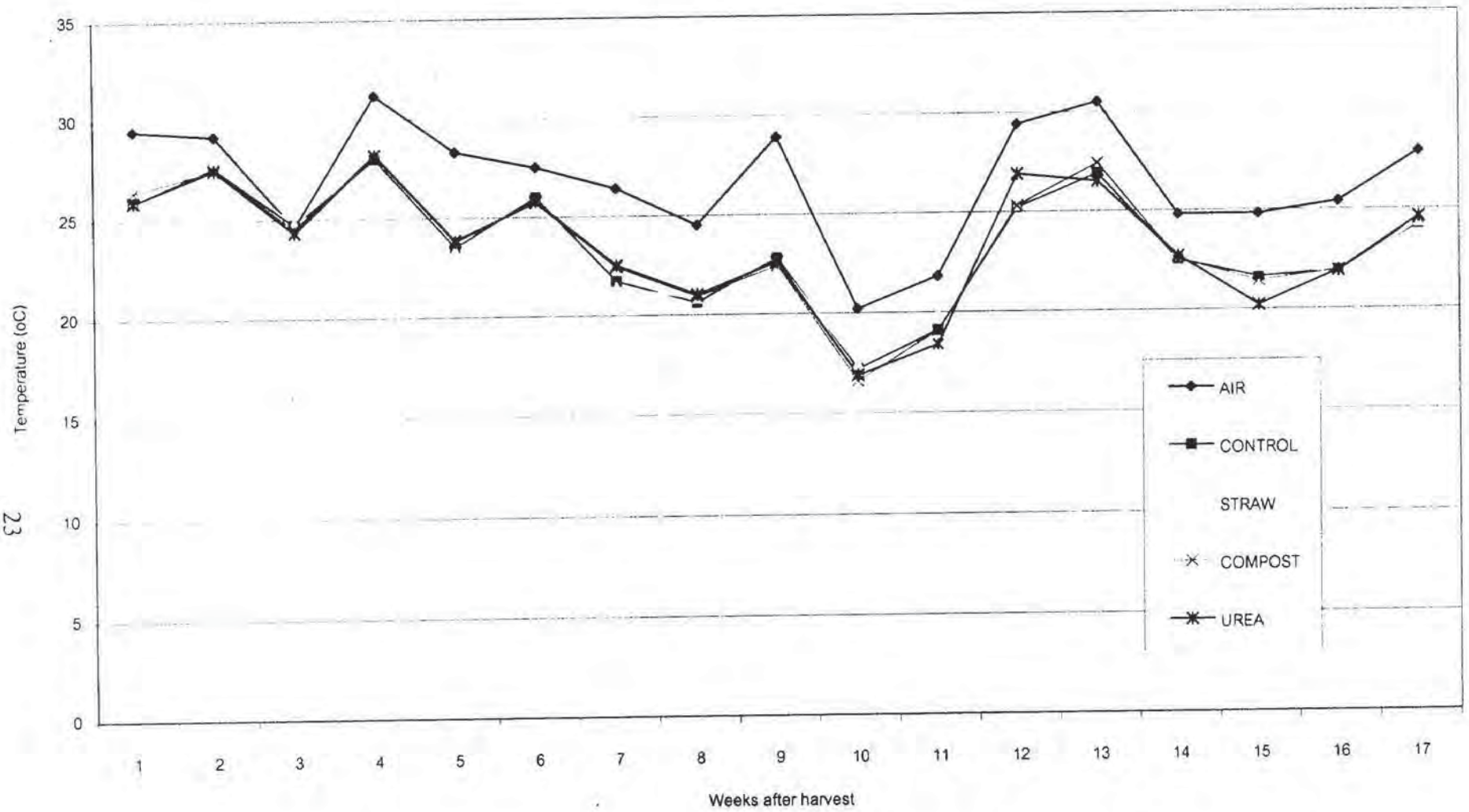


Figure 3.2-3 Air and soil temperatures at 1000 hr in the SPR experimental site during the wet 1 fallow period (21 October 1999 - 10 February 2000).

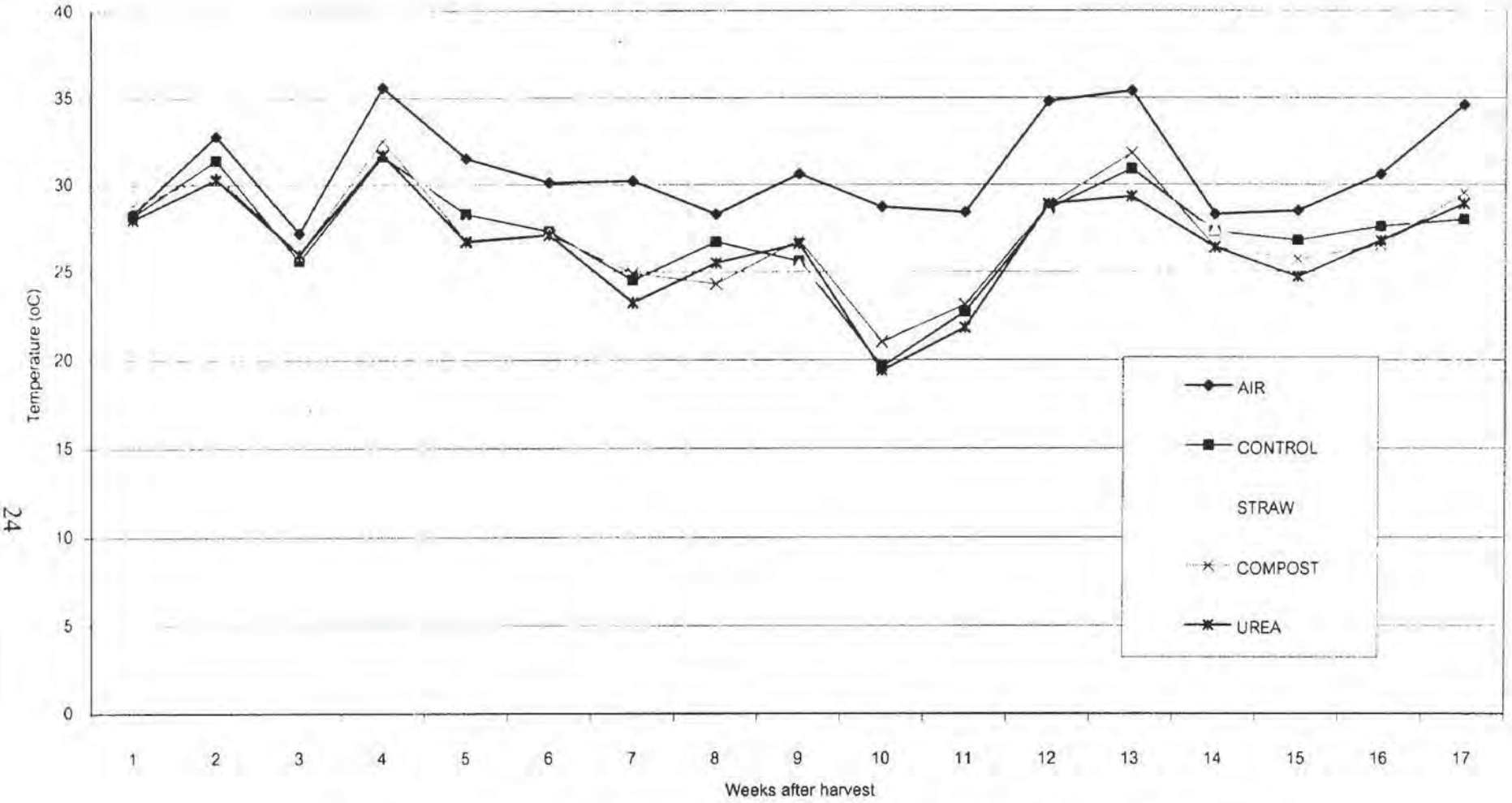


Figure 3.2-4 Air and soil temperatures at 1400 hr in the SPR experimental site during the wet 1 fallow period (21 October 1999 - 10 February 2000).

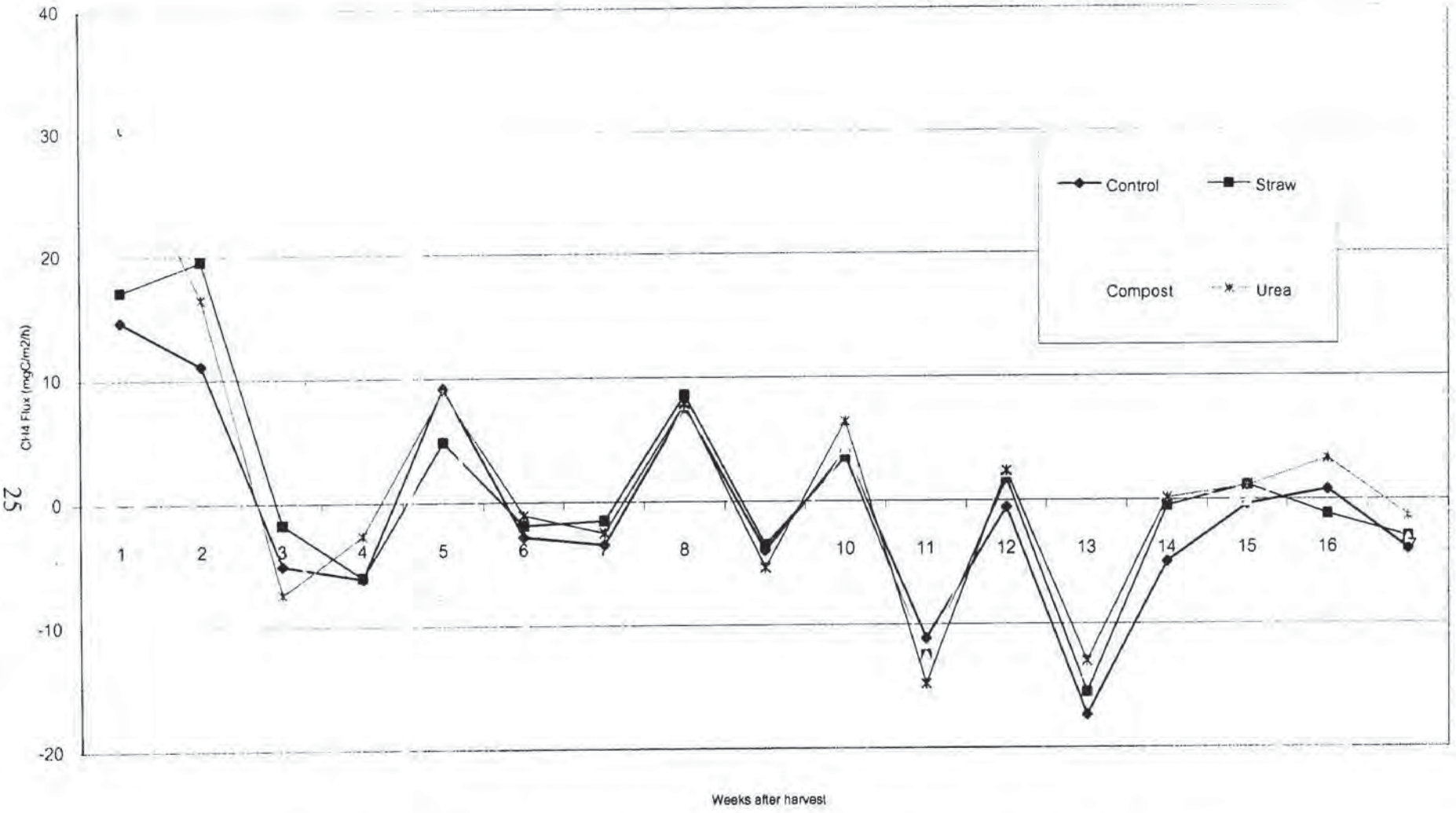


Figure 3.2-5 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 1 fallow period (21 October 1999 - 10 February 2000).

ถูก oxidize กลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศเหนือดินโดยธรรมชาติ (Conrad and Rothfuss, 1991).

ในสัปดาห์ที่ 5 CH_4 Flux ของทุกตำรับการทดลองมีค่าเป็นบวก เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตกชุกทำให้มีน้ำขังในแปลงทดลอง และต่อมาในสัปดาห์ที่ 7 CH_4 Flux มีค่าเป็นลบอีกเมื่อชั้นดินแห้ง จากการศึกษาพบว่าถ้ามีปริมาณฝนตกมากกว่า 20 มม. จะทำให้น้ำท่วมขังแปลงทดลอง ซึ่งส่งผลให้ค่า CH_4 Flux ที่ได้จะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าปริมาณฝนน้อยหรือไม่มีฝนตก ดินนาจะอยู่ในสภาพแห้งส่งผลให้ค่า CH_4 Flux ติดลบ โดยค่าติดลบสูงสุดเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 13 ของการเก็บตัวอย่าง จากนั้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการทดลองในระยะที่ปล่อยให้แปลงทดลองว่างเปล่า (fallow period)

ค่า CH_4 Flux ระหว่างตำรับการทดลองไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดเหมือนในฤดูนาปี 2542 อาจกล่าวได้ว่าคาร์บอนจากตอซังข้าวไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิด CH_4 Flux (ทั้งค่าบวกและลบ) แต่ประการใดในช่วง fallow period

การทดลองนี้ให้ผลแตกต่างจากรายงานการทดลองของ Bronson et al. (1997) ที่ทำการศึกษาค่า CH_4 Flux ในนาข้าวช่วงระยะ Fallow ภายหลังการเก็บเกี่ยวที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ ประเทศฟิลิปปินส์ Bronson รายงานว่าอัตราการปล่อยมีเทนเกิดขึ้นในปริมาณที่ต่ำ (~ 1 mgC m^{-2} d^{-1}) นอกจากนี้ Phongpan and Mosier (unpublished data) ได้ทำการทดลองในฤดูนาปรัง fallow ปี 2540 พบว่า CH_4 oxidation เกิดขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรกภายหลังการเก็บเกี่ยวไปจนถึงสัปดาห์สุดท้ายสิ้นสุดระยะ fallow โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4 mgC m^{-2} h^{-1} เป็นที่น่าสังเกตว่าการทดลองฤดูนาปี fallow 2542-2543 มีฝนตกชุกผิดปกติ โดยเฉพาะในเดือนตุลาคม 2542 ซึ่งเป็นช่วงรอยต่อระหว่างระยะเก็บเกี่ยวกับระยะปล่อยพื้นที่ว่างเปล่า (fallow) มีปริมาณฝนตกรวมสูงถึงประมาณ 210 มม. ส่วนในเดือนพฤศจิกายนยังมีปริมาณฝนกระจายวัดได้ตลอดทั้งเดือนประมาณ 73 มม. ทำให้ดินนาภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวอยู่ในสภาพน้ำขังและเปียกตลอดเวลา และอยู่ในสภาพ saturated (100 % water-filled space) ทำให้มีผลต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงเวลาดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่าการเกิด CH_4 Flux มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่ตกลงมาภายหลังระยะเวลาที่ดินอยู่ในสภาพ saturated เป็นเวลานาน ทำให้ก๊าซมีเทนถูกปล่อยออกมาสูงในสัปดาห์ที่ 1-2 หลังการเก็บเกี่ยว และเมื่อปริมาณฝนลดลงแล้ว ดินจะอยู่ในสภาพที่แห้งจึงทำให้เกิด CH_4 oxidation สลับกับ CH_4 emission ตลอดระยะเวลาของการทดลองช่วงปล่อยพื้นที่ว่างเปล่า

ค่าเฉลี่ย CH_4 Flux ของแปลงทดลองที่ปล่อยพื้นที่ว่างเปล่าแต่ละตำรับการทดลองคือ ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลย มีค่าเท่ากับ 8.9 4.4 28.6 และ -12.6 มก.คาร์บอน/ตร.ม/

ชม. ตามลำดับ สาเหตุที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรียให้ค่า CH_4 Flux สูงสุดอาจเกิดมาจากมีการตกค้างของไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจนอยู่ Conrad and Rothfuss (1991) และ Bronson and Mosier (1994) รายงานว่า NH_4^+ และ/หรือ NH_3 สามารถลด CH_4 oxidation rate ในดิน ทำให้ก๊าซมีเทนส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุกลายเป็นน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยลง ส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศเหนือดินได้มากขึ้น ส่วนค่า CH_4 Flux จากตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลยมีค่าติดลบนั้น (เกิด CH_4 oxidation) เนื่องจากดินในแปลงทดลองตำรับดังกล่าวอาจมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย ดังนั้นการยับยั้งการเกิด CH_4 oxidation ของตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลยจึงมีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ

3.3 ฤดูนาปรัง (Dry 1 season) กุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2543

1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

ปริมาณและการกระจายตัวของฝน และความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ถูกบันทึก ณ แปลงทดลอง ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน 2543 แสดงไว้ในรูปที่ 3.3-1 โดยฝนเริ่มตกตั้งแต่เดือนเมษายน จำนวนวันที่ฝนตกมี 8 วัน มีฝนตกหนักช่วงกลางเดือนเมษายน 2543 โดยมีปริมาณสะสมทั้งเดือนเท่ากับ 189.2 มม. ปริมาณสูงสุดในแต่ละวันเท่ากับ 146.0 มม. สำหรับเดือนพฤษภาคมมีปริมาณการกระจายตัวของฝนเพิ่มขึ้นเป็น 13 วัน โดยปริมาณฝนตกสะสมทั้งเดือนเท่ากับ 107.5 มม. ปริมาณสูงสุดในแต่ละวันเท่ากับ 34.3 มม. เดือนมิถุนายนปริมาณการกระจายของฝนเพิ่มขึ้นเป็น 15 วัน โดยปริมาณฝนตกสะสมทั้งเดือนเท่ากับ 107.7 มม. ซึ่งไม่แตกต่างจากเดือนพฤษภาคมที่มีปริมาณฝนตกสูงสุดในแต่ละวันเท่ากับ 33.1 มม. โดยสรุประหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนมีปริมาณฝนตกรวมทั้งสิ้น 404.4 มม. ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าเฉลี่ยที่ระดับ 69 เปอร์เซนต์ในเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นเดือนที่ไม่มีฝนตก เดือนเมษายนมีปริมาณฝนตกสะสมเกิดขึ้นสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 76.5 % แล้วรักษาระดับที่ค่าเฉลี่ย 75 % ในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน

อุณหภูมิอากาศสูงสุดประจำวันมีค่าระหว่าง 25.1 ถึง 38.7 ^{o}ซ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 34.9 ^{o}ซ (รูปที่ 3.3-2) โดยอุณหภูมิอากาศต่ำสุดประจำวันมีค่าระหว่าง 20.9 ถึง 27.0 ^{o}ซ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 25.1 ^{o}ซ

ตั้งแต่วันแรกของการปักดำ จนกระทั่งถึงระยะเวลาก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ อุณหภูมิอากาศที่วัดเหนือยอดต้นข้าว (crop canopy) แปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 24.6 ถึง 37.2 ^{o}ซ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.6 ^{o}ซ อุณหภูมิต่ำสุดเกิดขึ้นในวันแรกเมื่อเริ่มปักดำ จากนั้นอุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปเป็นช่วงๆ จนกระทั่งถึงระยะเวลาก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ (รูปที่ 3.3-3)

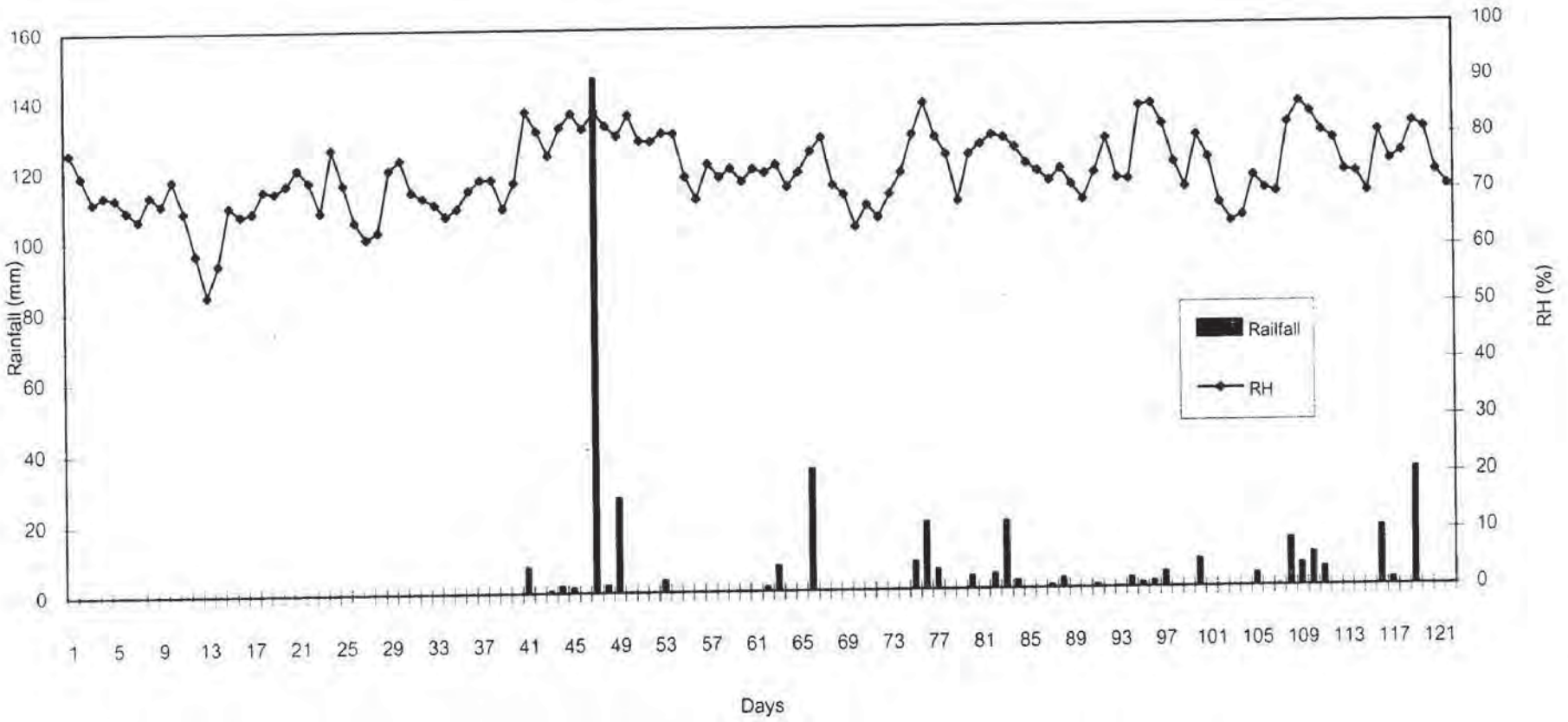


Figure 3.3-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during the dry 1 season (1 March - 30 June 2000).

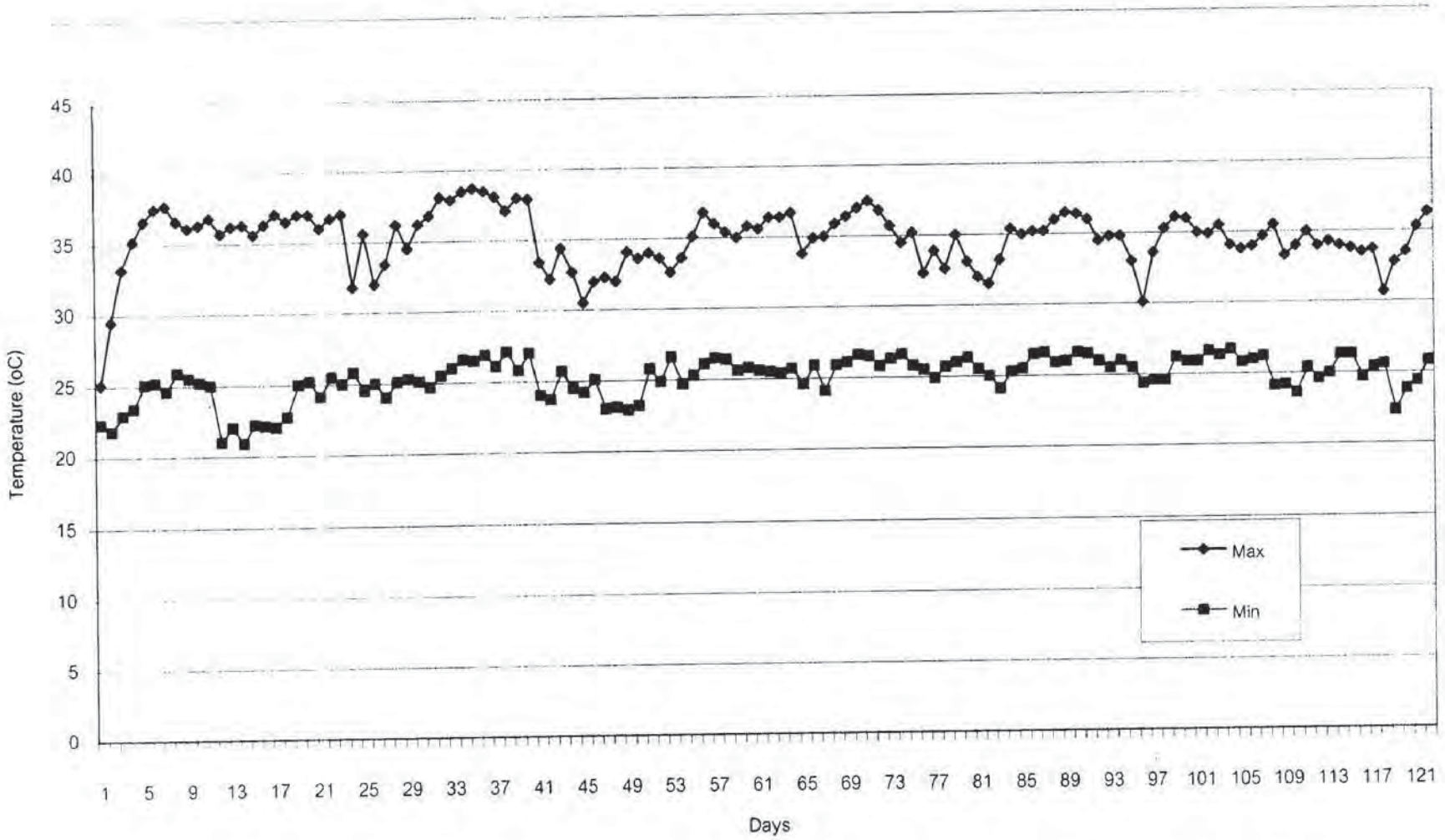


Figure 3.3-2 Daily maximum and minimum air temperatures at the SPR experimental site during the dry 1 season (1 March - 30 June 2000).

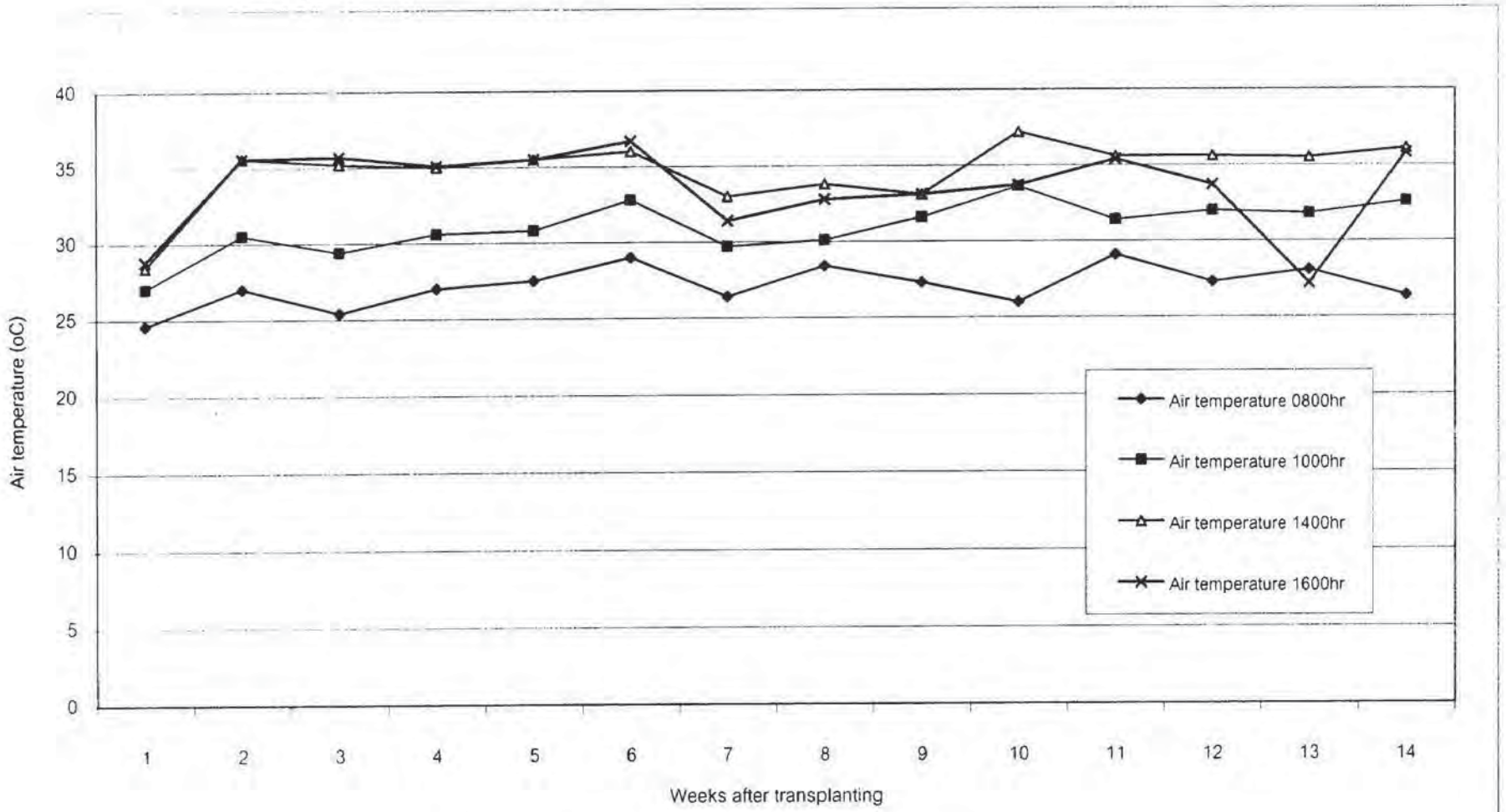


Figure 3.3-3 Air Temperatures at 0800hr, 1000hr, 1400hr, and 1600hr over rice canopy in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March - 1 June 2000).

อุณหภูมิอากาศ ณ แปลงทดลองวัดเมื่อเวลา 08:00 น. มีค่าระหว่าง 24.6 – 29.1 °ซ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.1 °ซ ส่วนอุณหภูมิอากาศที่วัดเมื่อเวลา 10:00 น. มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 27.0 – 33.6 °ซ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.0 °ซ อุณหภูมิอากาศที่วัดเมื่อเวลา 14:00 น. มีค่าระหว่าง 28.4 – 37.2 °ซ โดยมีค่า เฉลี่ยเท่ากับ 34.7 °ซ และที่เวลา 16:00 น.อุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำลงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 28.8 – 36.7 °ซ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.6 °ซ

สำหรับอุณหภูมิน้ำที่ท่วมขังดินวัดที่บริเวณผิวน้ำ (0-0.2 ซม.)มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย (~1 °ซ) มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับอุณหภูมิอากาศที่วัดบริเวณเหนือยอดต้นข้าว เมื่อเวลา 08:00 น. 10:00 น. 14:00 น. และ 16:00 น. ตามลำดับ (รูปที่ 3.3-4 ถึง 3.3-7) เนื่องจากความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างกัน มีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำ อุณหภูมิน้ำที่วัดมีการแปลงเปลี่ยนอยู่ในช่วง 23.4-28.2, 24.4-31.1, 26.6-39.3 และ 29.2-37.1 °ซ ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.6, 28.7, 34.4 และ 33.7 °ซ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยดังกล่าวไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดระหว่างตำรับการทดลอง

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

(1) จากการเก็บตัวอย่างก๊าซ 4 ชั่วโมง

ช่วงหลังการใส่อินทรียวัตถุไปจนถึงวันแรกของการปักดำ พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้นค่อนข้างต่ำ และไม่แสดงความแตกต่างอย่างเด่นชัดระหว่างตำรับการทดลอง ภายหลังการปักดำ 1 สัปดาห์ค่า CH_4 Flux ของทุกตำรับการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดดังแสดงในรูปที่ 3.3-8 โดยมีปริมาณประมาณ 17 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. จากนั้นจึงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนไม่แตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 3 ค่า CH_4 Flux มีค่าใกล้ศูนย์และติดลบ สาเหตุดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการทดลองในฤดูนาปรัง วิธีการให้น้ำแก่ต้นข้าวในแปลงทดลองเป็นแบบ intermittent irrigation คือปล่อยให้น้ำท่วมขังบริเวณผิวดินประมาณ 1-2 ซม.และดินอยู่ในสภาพ saturation ก็เติมน้ำในแปลงอีกเพื่อรักษาระดับเดิมตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในกรณีที่ดินอยู่ในสภาพ saturation มีผลชักนำให้เกิด CH_4 oxidation หรือ consumption บริเวณผิวดินโดยจุลินทรีย์ดินที่ต้องการออกซิเจนพวก methanotrophic bacteria ซึ่งจะใช้มีเทนในกระบวนการ metabolism ทำให้ก๊าซมีเทนถูก oxidize กลายเป็นน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงทำให้ CH_4 Flux มีค่าเป็นลบ

ค่า CH_4 Flux ของทุกตำรับการทดลองหลังสัปดาห์ที่ 10 เพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 13-14 โดยมีค่าการปล่อยมีเทนอยู่ในช่วง 21.0-26.0 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวได้เกิดฝนตกชุก ทำให้น้ำท่วมขังแปลงในทดลอง มีผลทำให้อัตรา

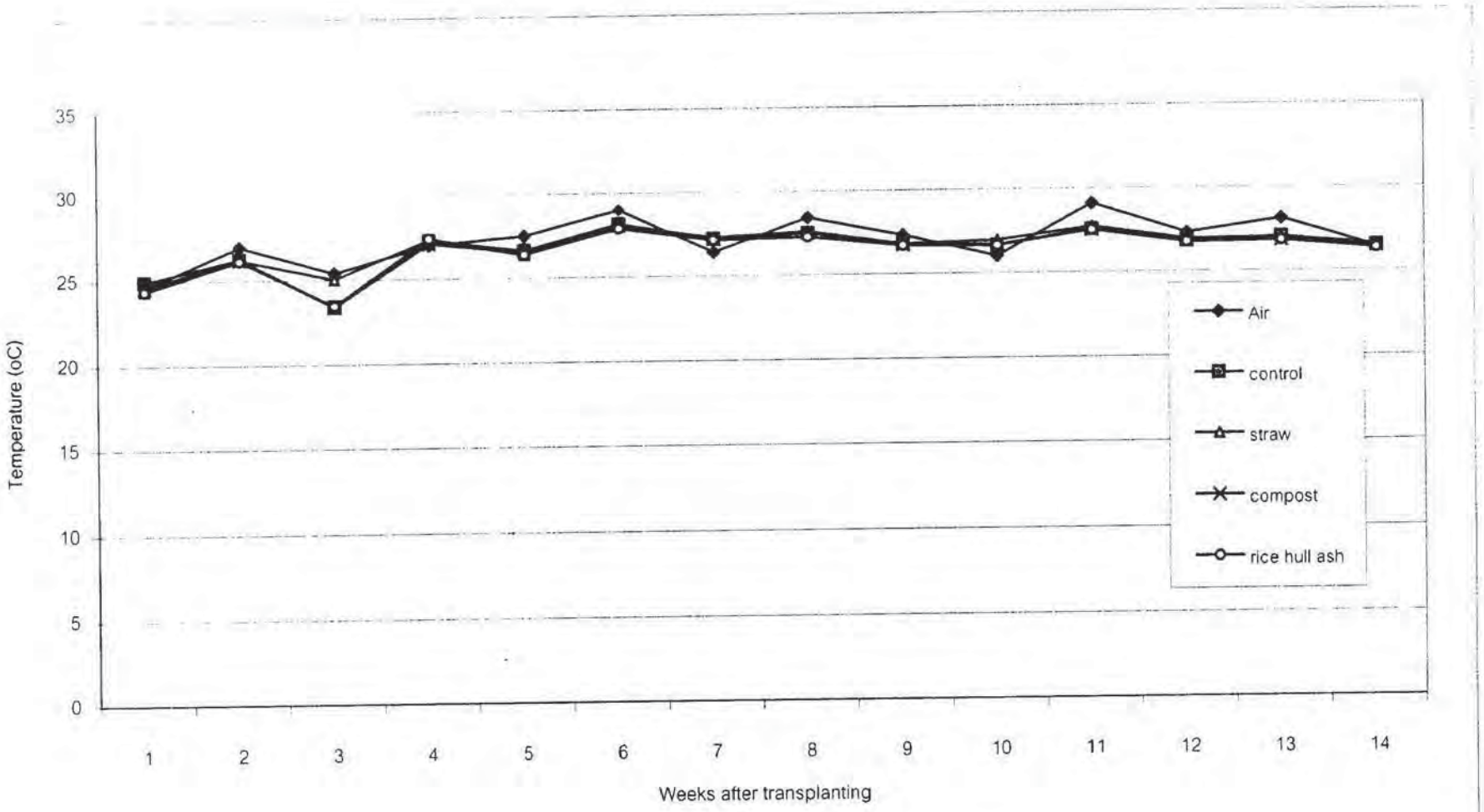


Figure 3.3-4 Air and water temperatures at 0800hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March - 1 June 2000).

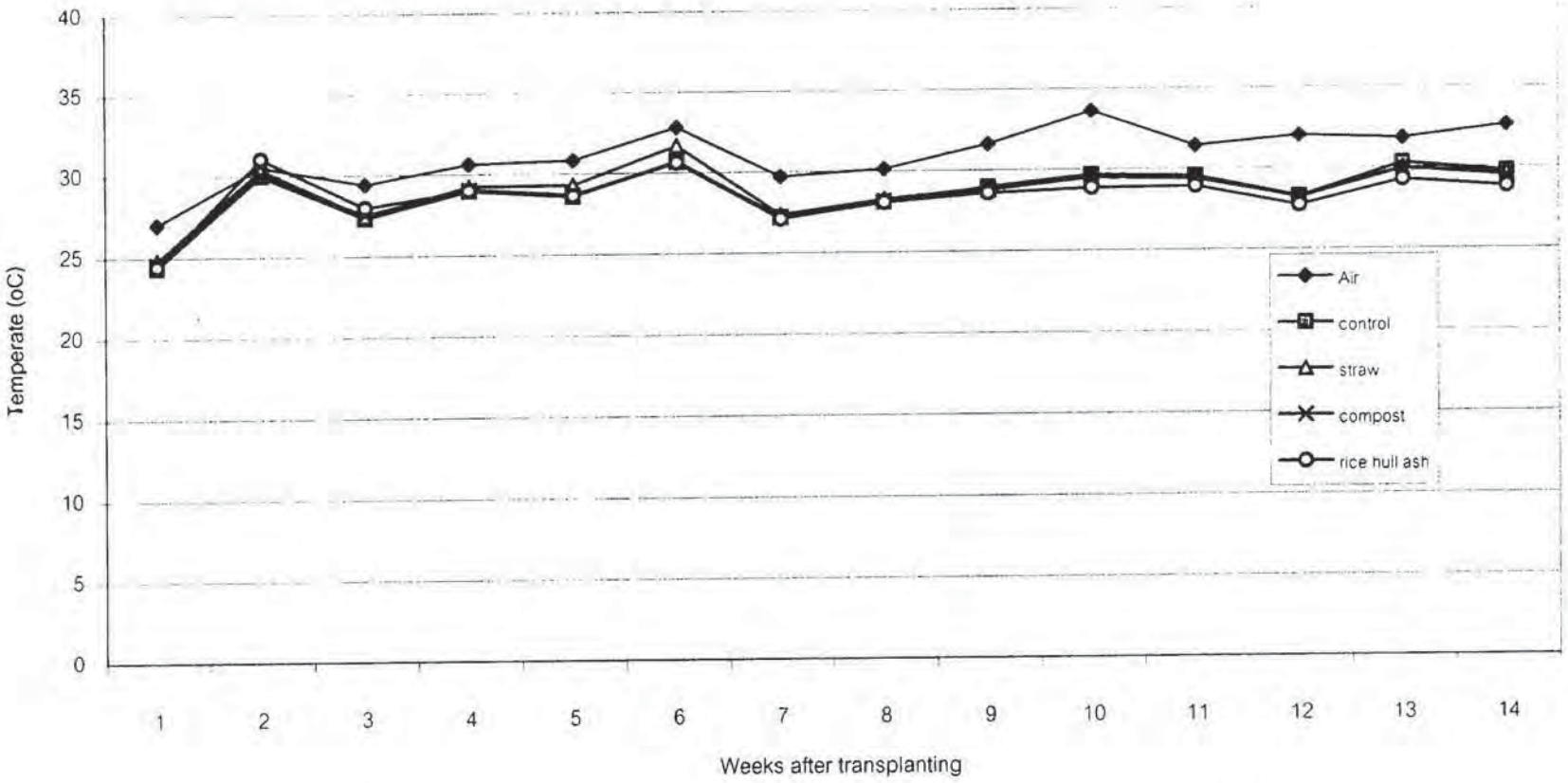


Figure 3.3-5 Air and water temperatures at 1000hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March - 1 June 2000).

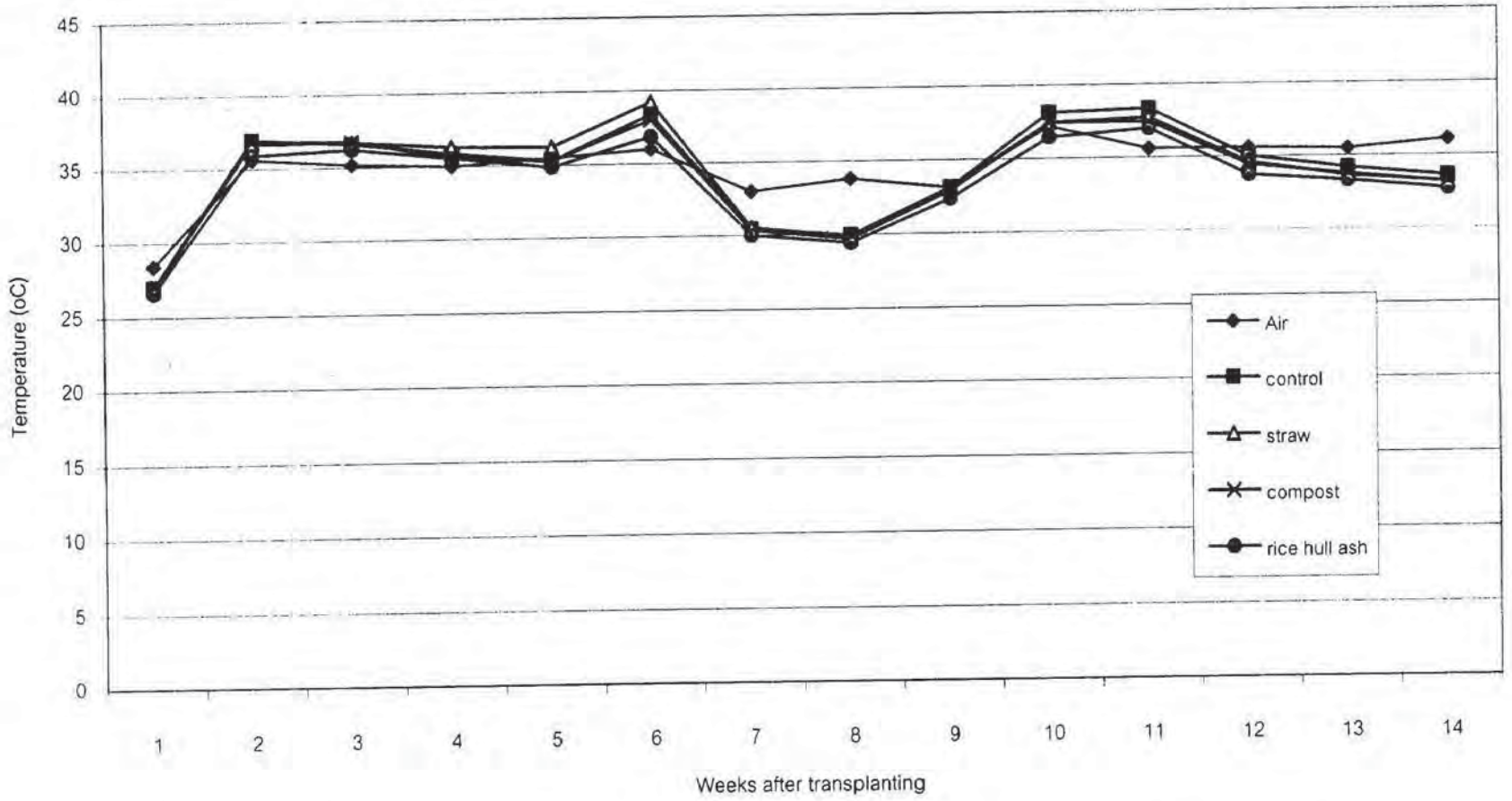


Figure 3.3-6 Air and water temperatures at 1400hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March -1 June 2000).

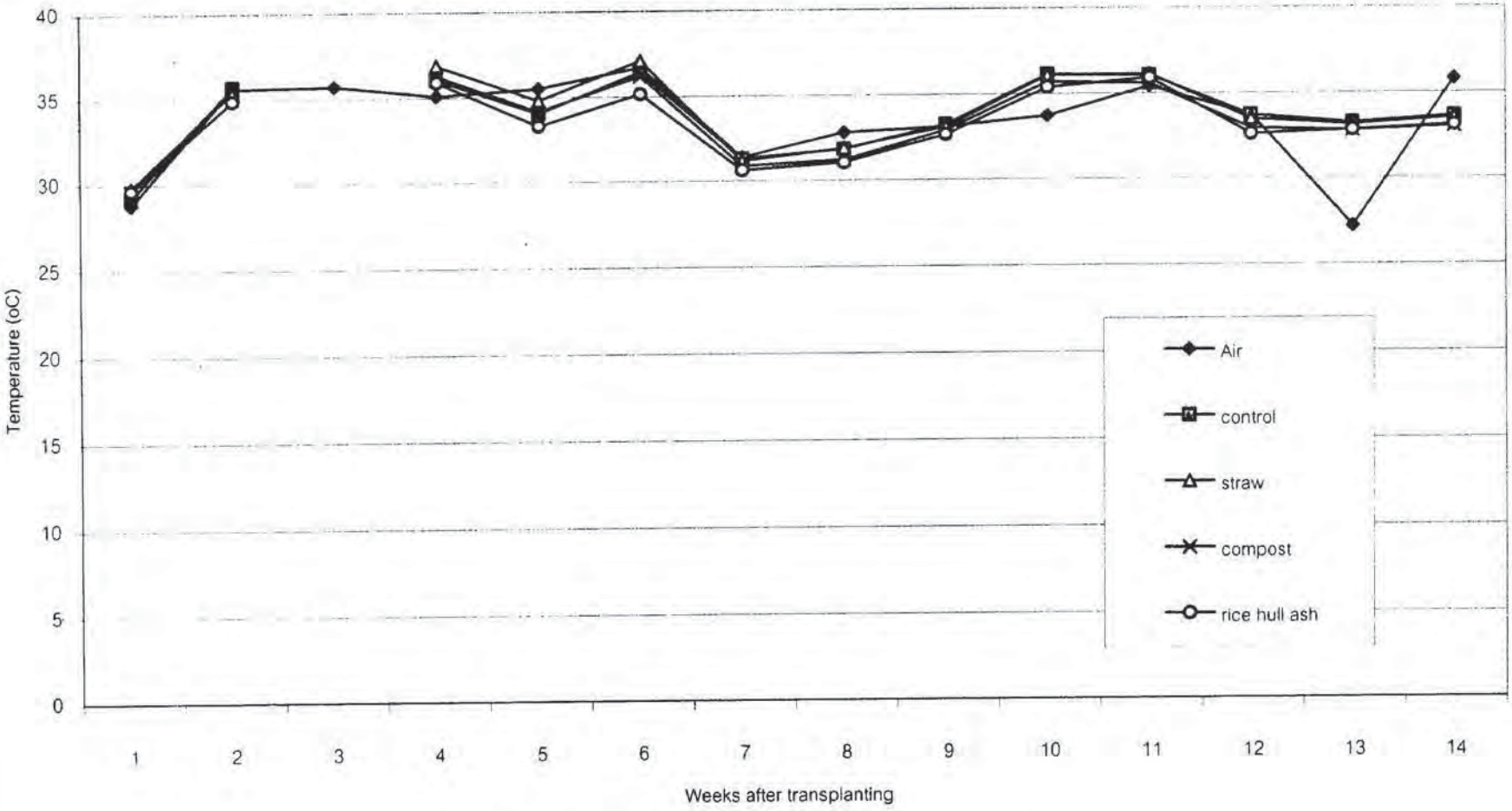


Figure 3.3-7 Air and water temperatures at 1600hr in the SPR experimental site during the dry 1 season (2 March -1June 2000).

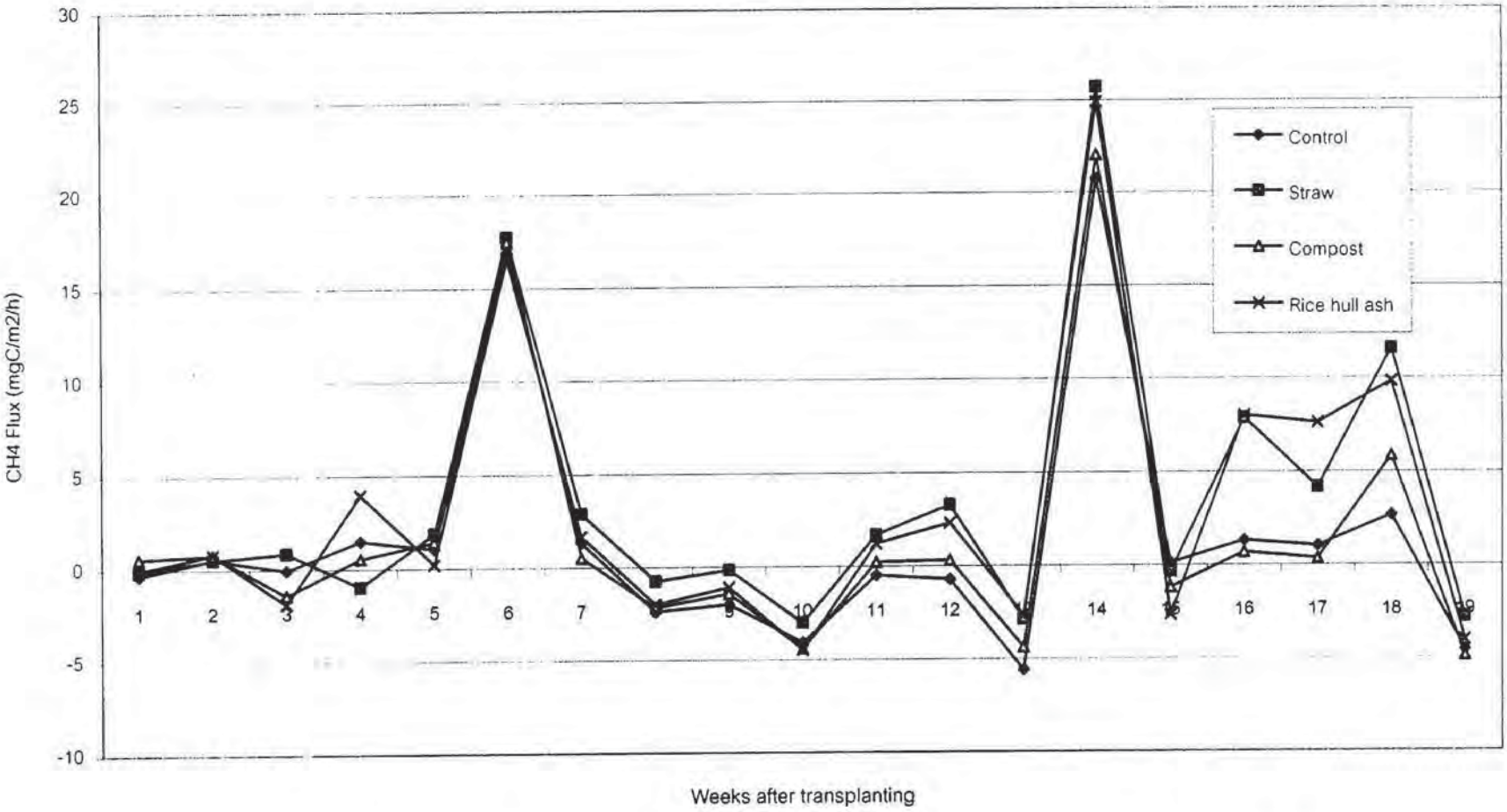


Figure 3.3-8 Methane flux in a Fluvic Tropaquept affected by organic amendment during the dry 1 season (2 March - 1 June 2000).

การปล่อยก๊าซมีเทนสูงขึ้น และเมื่อไม่มีฝนตกในสัปดาห์ถัดมาปริมาณก๊าซมีเทนก็ลดลงจนกระทั่งระบายน้ำออกจากแปลงทดลองในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต

ค่า CH_4 Flux ระหว่างตำรับการทดลองไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด เมื่อเทียบกับการทดลองในฤดูปลูกข้าวนาปีที่ผ่านมา ทั้งนี้พบว่าแหล่งคาร์บอนจากฟางข้าวและขี้เถ้าแกลบไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซมีเทน ไม่ว่าค่า CH_4 Flux จะเป็นบวกหรือลบก็ตาม เมื่อนำค่า CH_4 Flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ภายหลังการปักดำไปจนถึงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าอัตราการปล่อยมีเทนเฉลี่ยตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวในตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ขี้เถ้าแกลบ และไม่ใส่อะไรเลย เท่ากับ 5.0 2.5 4.2 และ 2.1 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ

(2) จากการเก็บตัวอย่างก๊าซ 16 ชั่วโมง

เมื่อวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุดสัปดาห์ที่ 3หลังการปักดำ และจะลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ถัดมาโดยมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดระหว่างตำรับการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.3-9 โดยค่า CH_4 Flux ดังกล่าวแปรเปลี่ยนอยู่ระหว่าง -0.1 ถึง 1.0 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. จนในสัปดาห์ที่ 11 CH_4 Flux มีค่าต่ำสุดเท่ากับ -1.8 ถึง -3.2 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. จากนั้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 12 ถึง 15 และลดลงในสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ย CH_4 Flux ในตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ขี้เถ้าแกลบ และไม่ใส่อะไรเลย เท่ากับ 1.9 1.0 1.8 และ 0.7 ค่า CH_4 Flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ภายหลังการปักดำไปจนถึงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าอัตราการปล่อยมีเทนเฉลี่ยตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวในตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ขี้เถ้าแกลบ และไม่ใส่อะไรเลย เท่ากับ 5.0 2.5 4.2 และ 2.1 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ

ผลการทดลองในฤดูนาปรังครั้งนี้มีรูปแบบการปล่อยก๊าซมีเทนคล้ายคลึงกับผลการทดลองในฤดูฝน 2542 โดยพบว่าการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการยืนยันผลการทดลองในทั้ง 2 ฤดูว่านาข้าวบริเวณพื้นที่เขตชลประทานภาคกลาง มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนช่วงเวลากลางวันสูงกว่าช่วงเวลากลางคืน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งในอากาศ น้ำ ดิน มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิด methanogenic และ / หรือ methanotrophic bacteria ที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งมีที่มาจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน และใช้ออกซิเจน ดังที่ได้อธิบายแล้วในหัวข้อ 3.1 และ 3.2

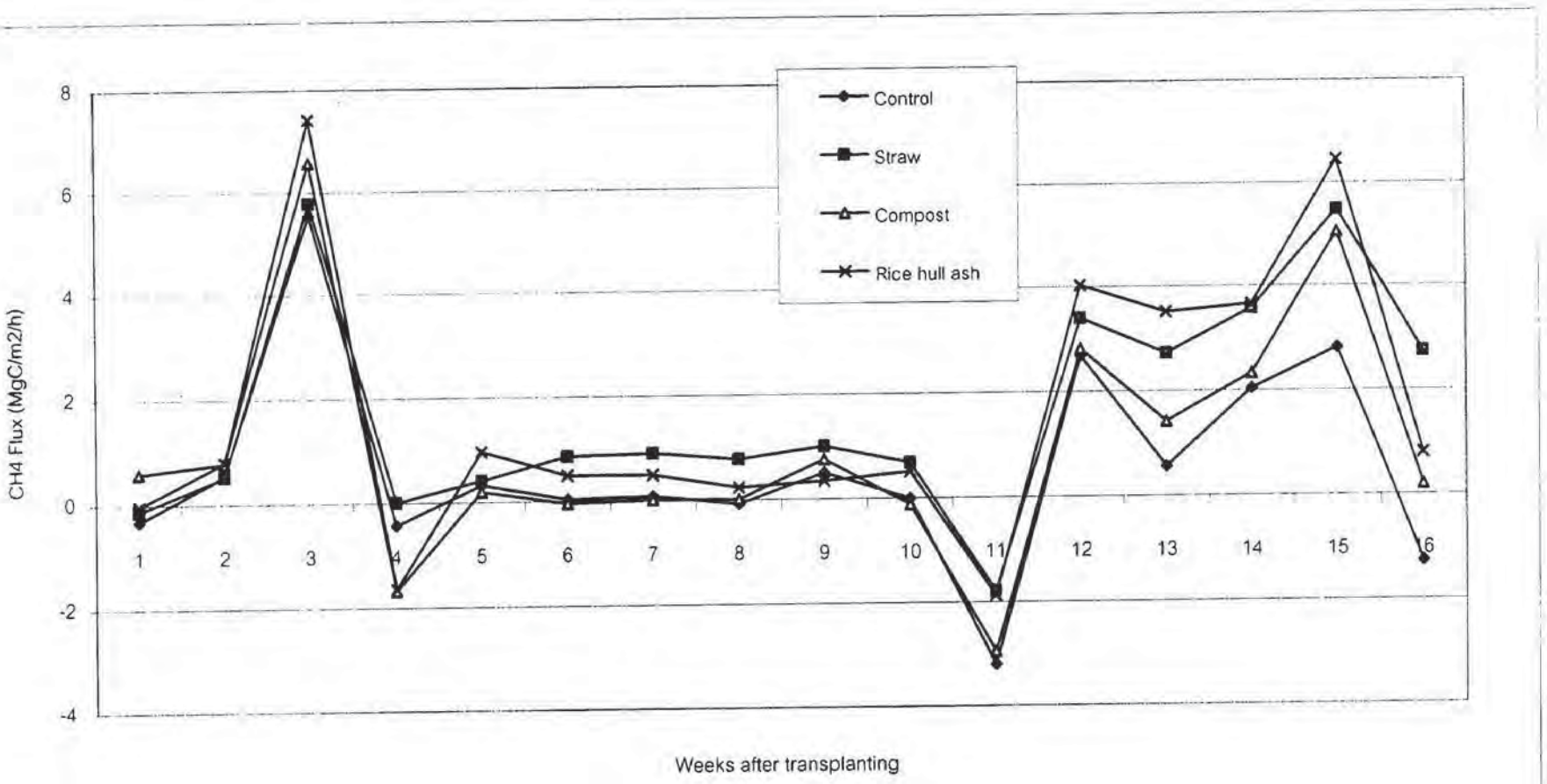


Figure 3.3-9 Methane flux in a fluvic tropaquept affected by organic amendment during the dry 1 season (2 March - 1 June 2000).

3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ตารางที่ 3.3-1 แสดงผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ย และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสะสมตลอดฤดูการปลูกข้าว จากแปลงทดลองตำรับที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ขี้เถ้าแกลบ และไม่ใส่อะไรเลย ข้อมูลในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใส่อินทรีย์วัตถุ ไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว ปุ๋ยหมัก หรือขี้เถ้าแกลบในอัตรา 800 กก./ไร่ ไม่ได้ช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มแต่ประการใดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย

เมื่อนำค่า CH_4 Flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยของการทดลองตำรับที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ขี้เถ้าแกลบ และไม่ใส่อะไรเลย มีค่าเท่ากับ 3.4 1.8 3.0 และ 1.4 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ นำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาคำนวณปริมาณการสะสมการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าวของการทดลองแต่ละตำรับ (cumulative seasonal emission) นับตั้งแต่วันปักดำจนถึงวันเก็บเกี่ยวรวม 99 วัน พบว่ามีค่าเท่ากับ 12.93 6.84 11.40 และ 5.32 กก.คาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3.3-1)

Table 3.3-1 Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and organic amendment during the dry 1 season 2000.

Treatment	Grain yield Kg/Rai	Methane emission	
		Average flux (mgC m^{-2} h^{-1})	Cumulative flux 99 days (KgC/Rai)
Control	639.5	1.4	5.32
Rice straw	698.7	3.4	12.93
Compost	692.7	1.8	6.84
Rice hull ash	708.8	3.0	11.40

3.4 ระยะปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูนาปรัง (Dry 1 fallow period) มิถุนายน-กรกฎาคม 2543

1) สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงทดลอง

ปริมาณฝนในเดือนมิถุนายน 2543 มีปริมาณสะสม 106.4 มม. โดยมีปริมาณสูงสุดของวันเท่ากับ 33.1 มม. เดือนกรกฎาคมมีปริมาณฝนตกสะสม 58.4 มม. และมีปริมาณสูงสุดของวันเท่ากับ 20.6 มม. ลักษณะการกระจายตัวฝนช่วงเวลาดังกล่าวมีรูปแบบไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 3.4-1

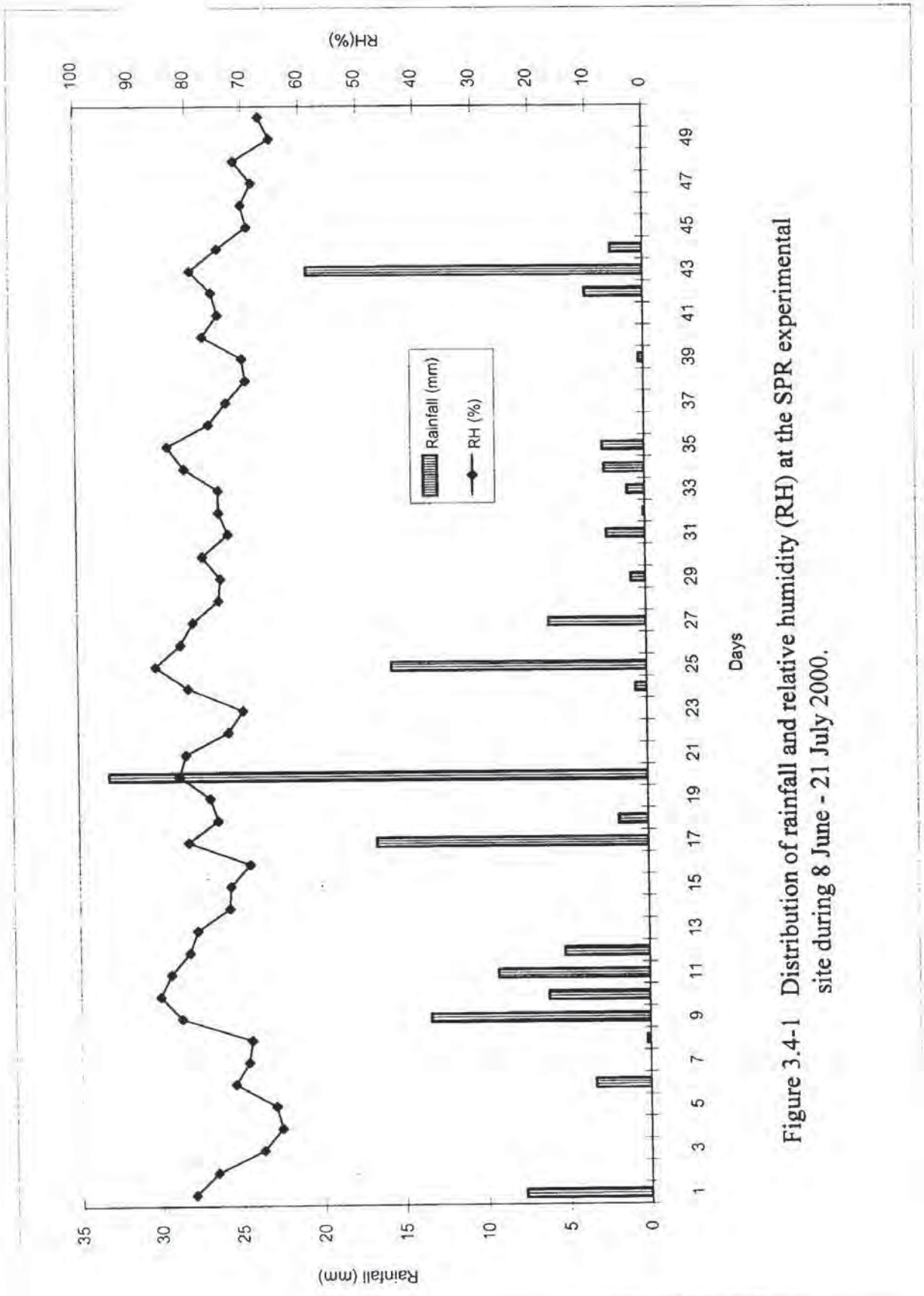


Figure 3.4-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 8 June - 21 July 2000.

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อากาศช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม 2543 มีค่าเฉลี่ย 74.9 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าสูงสุด 86.1 % และค่าต่ำสุด 64.5 %

อุณหภูมิสูงสุดประจำวันช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 29.5-36.8 ^{o}ซ อุณหภูมิต่ำสุดประจำวันมีค่าอยู่ระหว่าง 22.3 - 26.7 ^{o}ซ ดังแสดงในรูปที่ 3.4-2

อุณหภูมิอากาศที่วัดบริเวณเหนือผิวดินประมาณ 50 ซม. เมื่อเวลา 10:00 น.แปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 28.5 - 33.2 ^{o}ซ อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.8 ^{o}ซ และที่เวลา 14:00 น.มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับอุณหภูมิอากาศที่เวลา 10:00 น. โดยมีค่าแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 31.6 – 38.7 ^{o}ซ อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 34.6 ^{o}ซ (รูปที่ 3.4-3)

รูปที่ 3.4-4 และ 3.4-5 แสดงอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 5 ซม.เมื่อเวลา 10:00 น.และ 14:00 น. มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับอุณหภูมิอากาศเหนือผิวดิน แต่มีค่าต่ำกว่าประมาณ 3 ^{o}ซ ซึ่งไม่แสดงความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 27.9 และ 30.4 ^{o}ซ ตามลำดับ

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ภายหลังการระบายน้ำออกจากแปลงทดลองในวันที่ 1 มิถุนายน 2543 พบว่าอัตราการปล่อยมีเทนในทุกตำรับการทดลองมีค่า CH_4 flux ติดลบในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 (รูปที่ 3.4-6) สาเหตุดังกล่าวอาจเนื่องมาจากปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุและ root exudate ไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกสู่บรรยากาศโดยผ่านทาง aerenchyma เนื่องจากลำต้นข้าวถูกตัดเก็บเกี่ยวออกไปจากดินหมดแล้ว ปริมาณการปลดปล่อยมีเทนจึงเหลือน้อยลง นอกจากนี้ภายหลังการระบายน้ำออกจากแปลงทดลอง ชั้นดินนาอยู่ในสภาพ aerobic environment จุลินทรีย์ดินที่ต้องการออกซิเจน (aerobe) บริเวณรากพืชและผิวดินพวก methanotrophic จะใช้ ก๊าซมีเทนในกระบวนการ metabolism (CH_4 oxidation / consumption) มีผลทำให้มีเทนถูก oxidize กลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการปลดปล่อยมีเทนออกสู่บรรยากาศเหนือดินในรูปก๊าซจึงลดลง (Conrad and Rothfuss, 1991) หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ห้า CH_4 flux ของตำรับการทดลองมีค่ากลายเป็นบวก และ ลบ ในอีก 3 สัปดาห์ถัดไป ค่า CH_4 flux ดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากในช่วงเวลานั้นมีฝนตกเกือบทุกวัน ทำให้เกิดน้ำท่วมในแปลงทดลอง ทำให้ดินนาอยู่ในสภาพที่มีน้ำขังสลับกับดินแห้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและการกระจายตัวของฝน ถ้าหากว่าฝนตกมีผลทำให้น้ำท่วมขังแปลงทดลอง ค่า CH_4 flux มีค่าเป็นบวก แต่ถ้าหากว่าปริมาณฝนน้อยหรือไม่มีฝนตก ดินนาจะอยู่ในสภาพแห้งค่า CH_4 flux จะมีค่าติดลบ เมื่อเปรียบเทียบตำรับการทดลองทั้ง 4 ปรากฏว่าค่า CH_4 flux ไม่แสดงความแตกต่าง

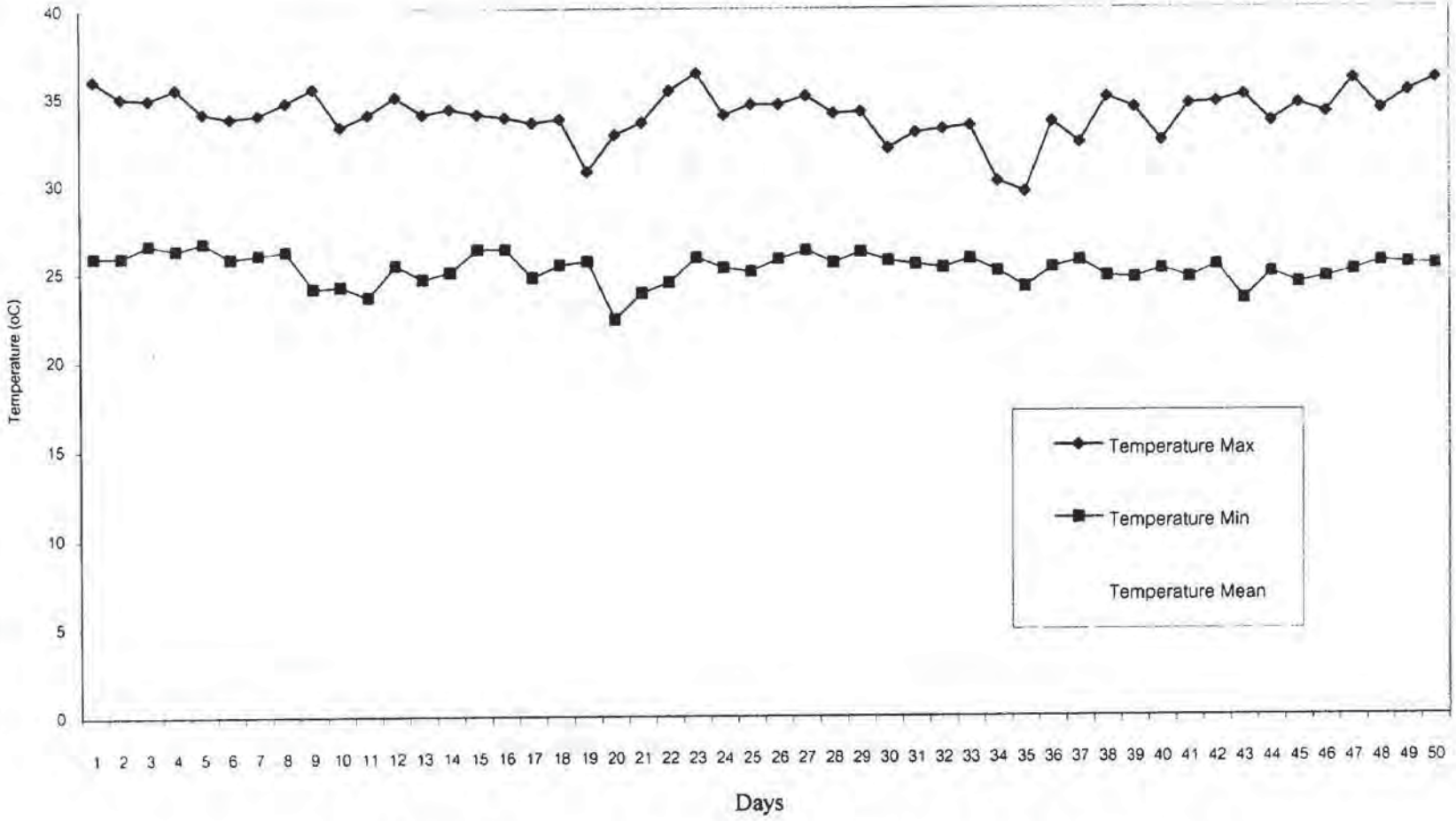


Figure 3.4-2 Daily maximum, minimum, and mean air temperatures at the SPR experimental site during 8 June - 27 July 2000.

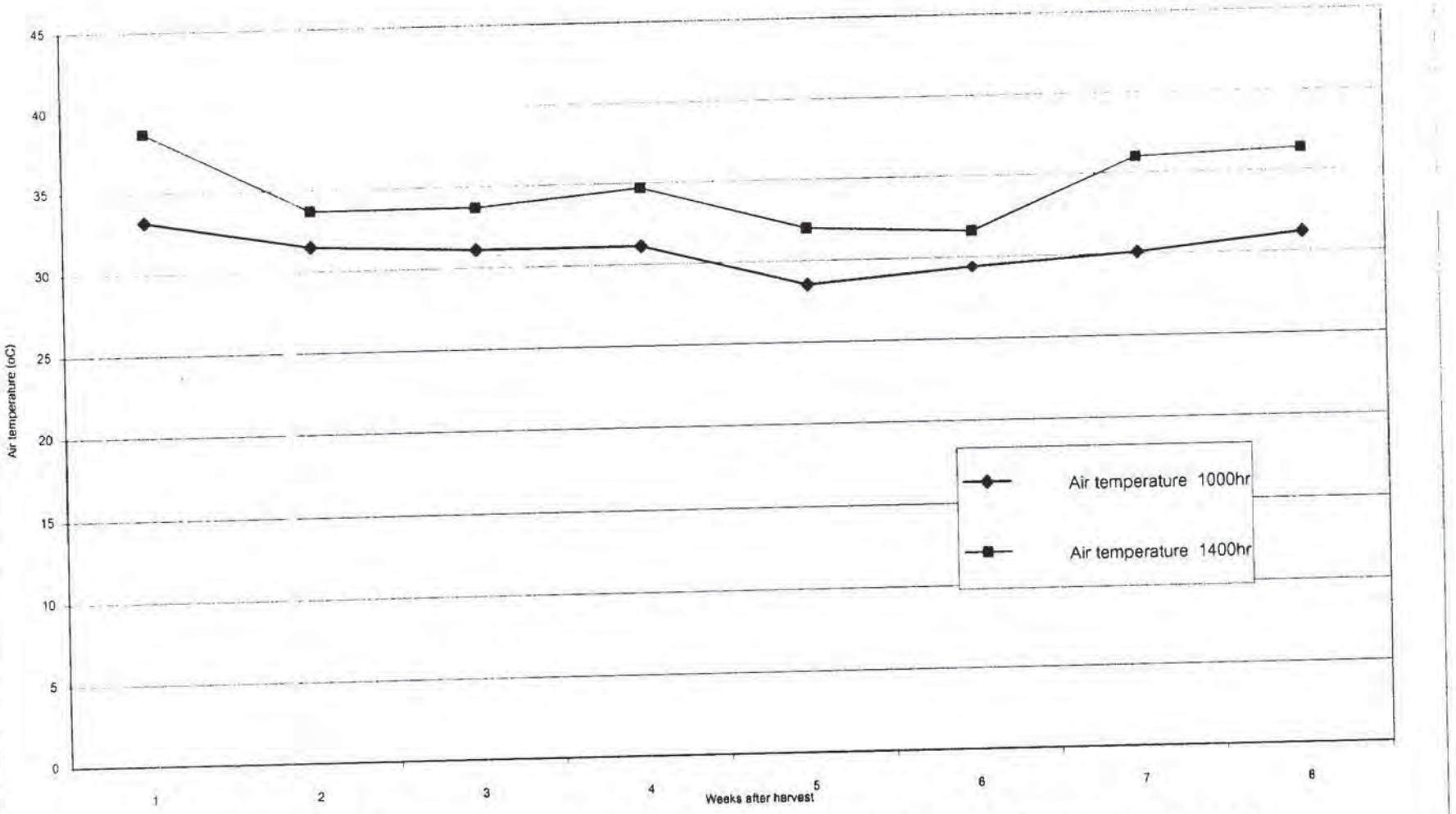


Figure 3.4-3 Air temperature at 1000hr and 1400hr at the SPR experimental site during the dry 1 fallow period (8 June - 27 July 2000).

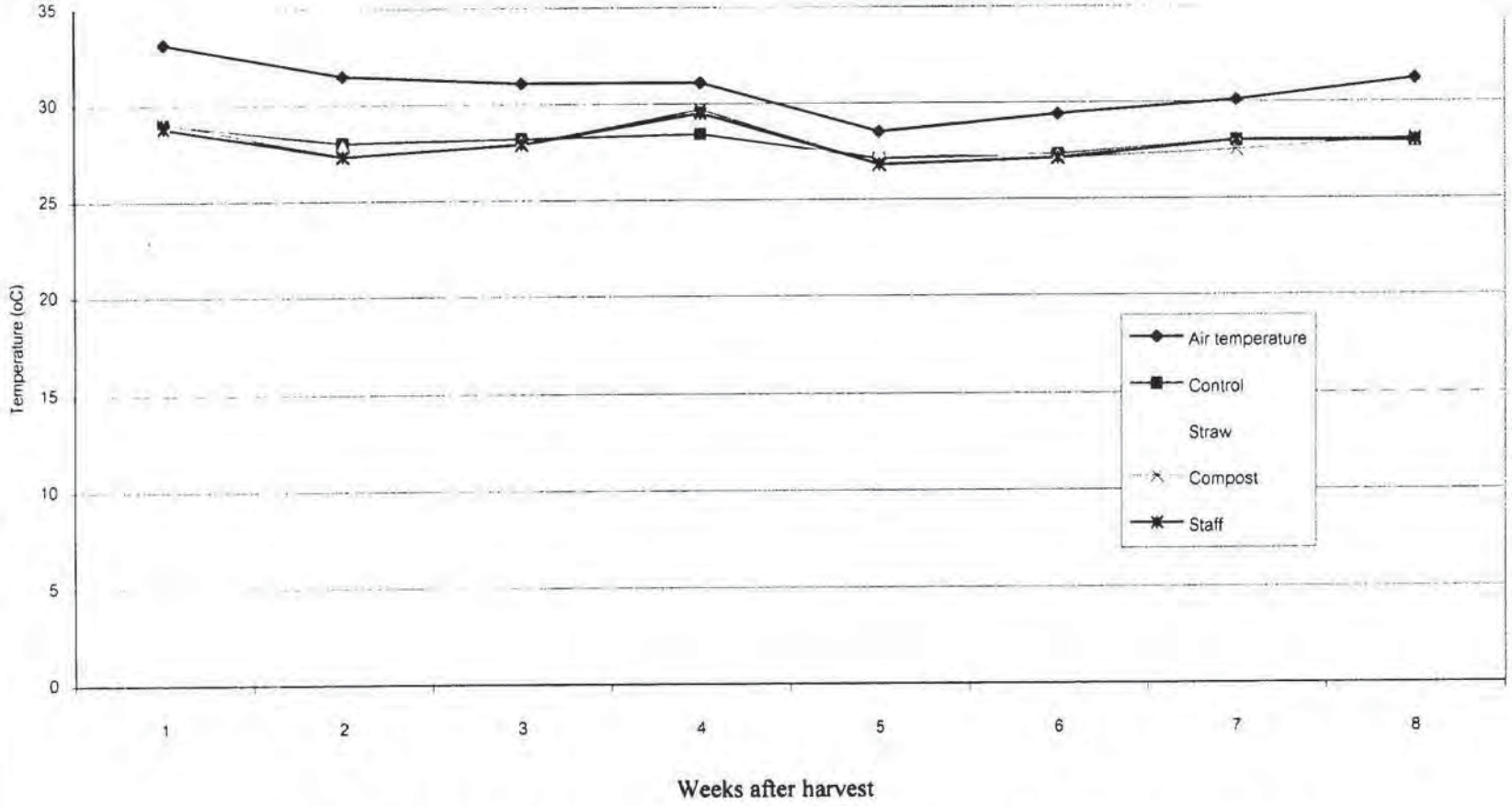


Figure 3.4-4 Air and soil temperatures at 1000hr in the SPR experimental site during the dry 1fallow period (8 June - 27 July 2000).

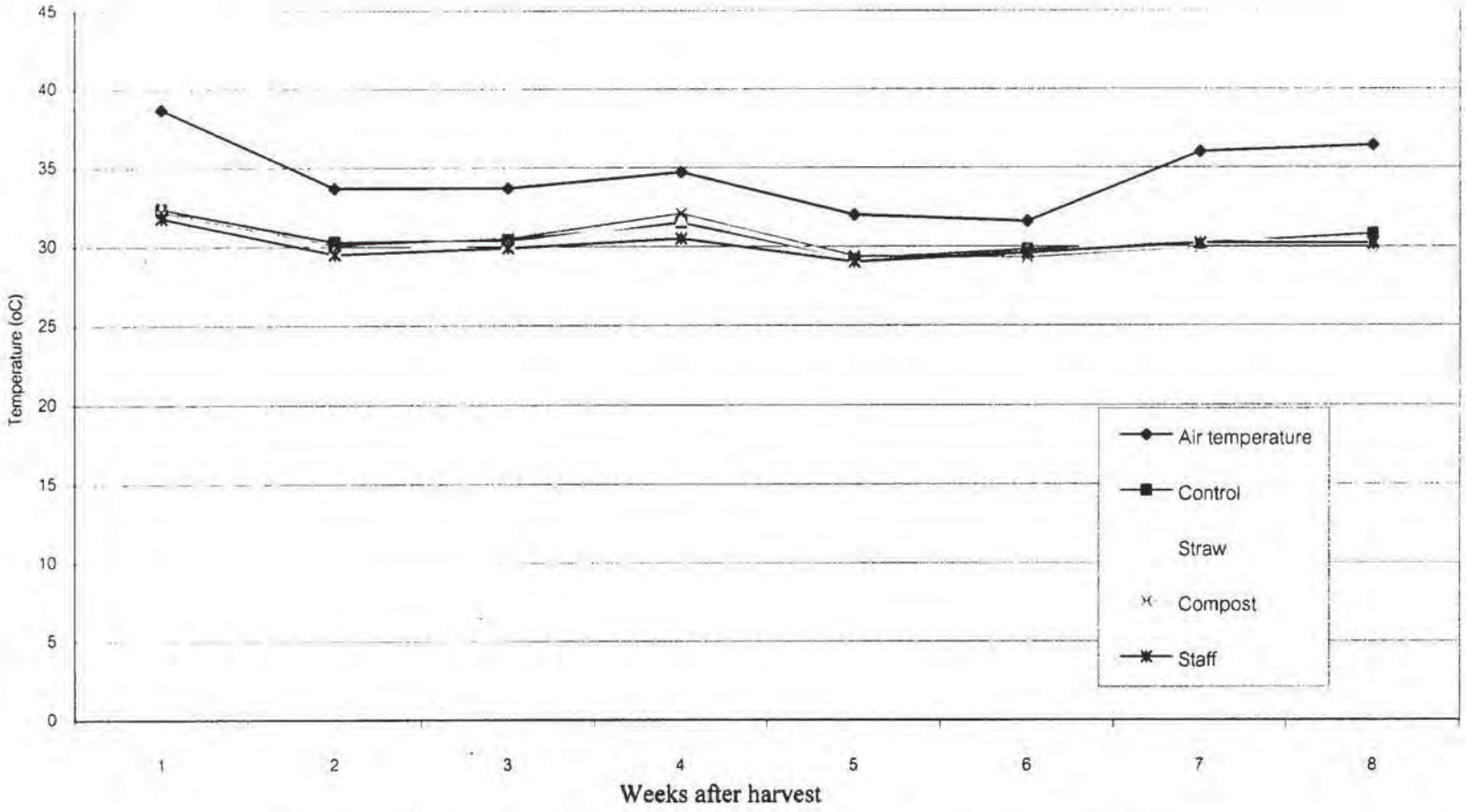


Figure 3.4-5 Air and soil temperature at 1400hr in the SPR experimental site during the dry 1 fallow period (8 June - 27 July 2000).

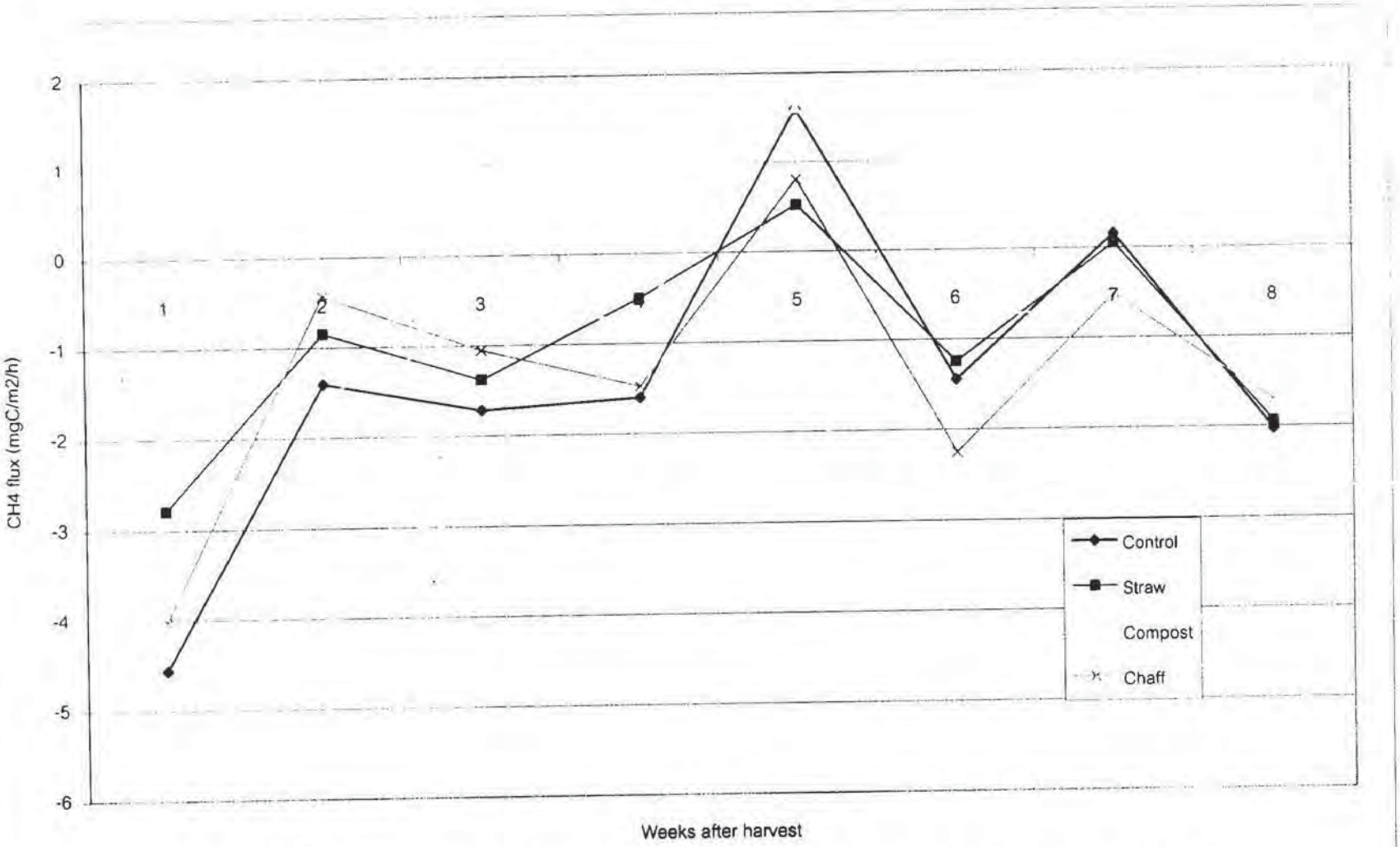


Figure 3.4-6 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by organic amendment during the dry 1 fallow period (8 June - 27 July 2000).

กันอย่างเด่นชัด ทั้งนี้พบว่าแหล่งของคาร์บอนจากฟางข้าวไม่ได้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดก๊าซมีเทนแต่ประการใดไม่ว่าจะมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ตาม

การเกิด CH_4 flux มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่ตกลงมาภายหลังระยะเวลาที่ดินอยู่ในสภาพ saturation ลักษณะดังกล่าวมีผลทำให้ก๊าซมีเทนถูกปลดปล่อยออกมา (CH_4 emission)ในสัปดาห์ที่ 5 ภายหลังการเก็บเกี่ยว หลังจากนั้นเมื่อฝนลดปริมาณลง ดินจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่แห้งจนกระทั่งเกิด CH_4 oxidation ตลอดช่วงระยะเวลาที่เหลือของระยะ fallow เมื่อนำเอาค่า CH_4 flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาเก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลองพบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยตลอดช่วงระยะ fallow ของตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ขี้เถ้าแกลบ มีค่าเท่ากับ –11.0 , -8.1, -10.9 และ –10.7 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ

3.5 ฤดูนาปี (Wet 2 season) สิงหาคม – พฤศจิกายน 2543

1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

รูปที่ 3.5-1 แสดงการกระจายตัวของฝนในฤดูนาปี 2543 ช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน โดยในช่วงเดือนดังกล่าวมีปริมาณฝนตกสะสม 159.5 มม. และ 124.7 มม. ตามลำดับ และมีฝนตกหนักในเดือนตุลาคมโดยมีปริมาณสะสม 342.0 มม. และมีปริมาณสูงสุดของวันเท่ากับ 58.4 มม. ไม่มีฝนตกในเดือนพฤศจิกายนจนถึงวันเก็บเกี่ยวข้าว ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2543 มีปริมาณฝนตกทั้งสิ้น 626.2 มม. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าอยู่ในระดับที่สูงถึง 89.75 ในช่วงที่มีฝนตกชุก จนถึงค่าระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่ 64.63 % ในอาทิตย์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

รูปที่ 3.5-2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดประจำวันอยู่ในช่วง 18.2 ถึง 36.8 ^{o}ซ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.0 ^{o}ซ โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงสัปดาห์แรกของเดือนสิงหาคม และมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในสัปดาห์สุดท้ายของการปลูกข้าวฤดูนาปีที่ 2 (ต้นเดือนพฤศจิกายน)

รูปที่ 3.5-3 แสดงอุณหภูมิอากาศที่วัดบริเวณเหนือผิวดินประมาณ 50 ซม. และอุณหภูมิน้ำในแปลงทดลองเมื่อเวลา 10:00 น. โดยอุณหภูมิแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 26.4 ถึง 33.4 ^{o}ซ คิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 31.2 ^{o}ซ อุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 12 ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 5 ของการปลูกข้าว อุณหภูมิอากาศที่วัดบริเวณเหนือผิวดินมีการลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงแคบๆ สลับกันไปตลอดฤดูปลูกข้าวนาปี ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับอุณหภูมิน้ำในแปลงทดลอง

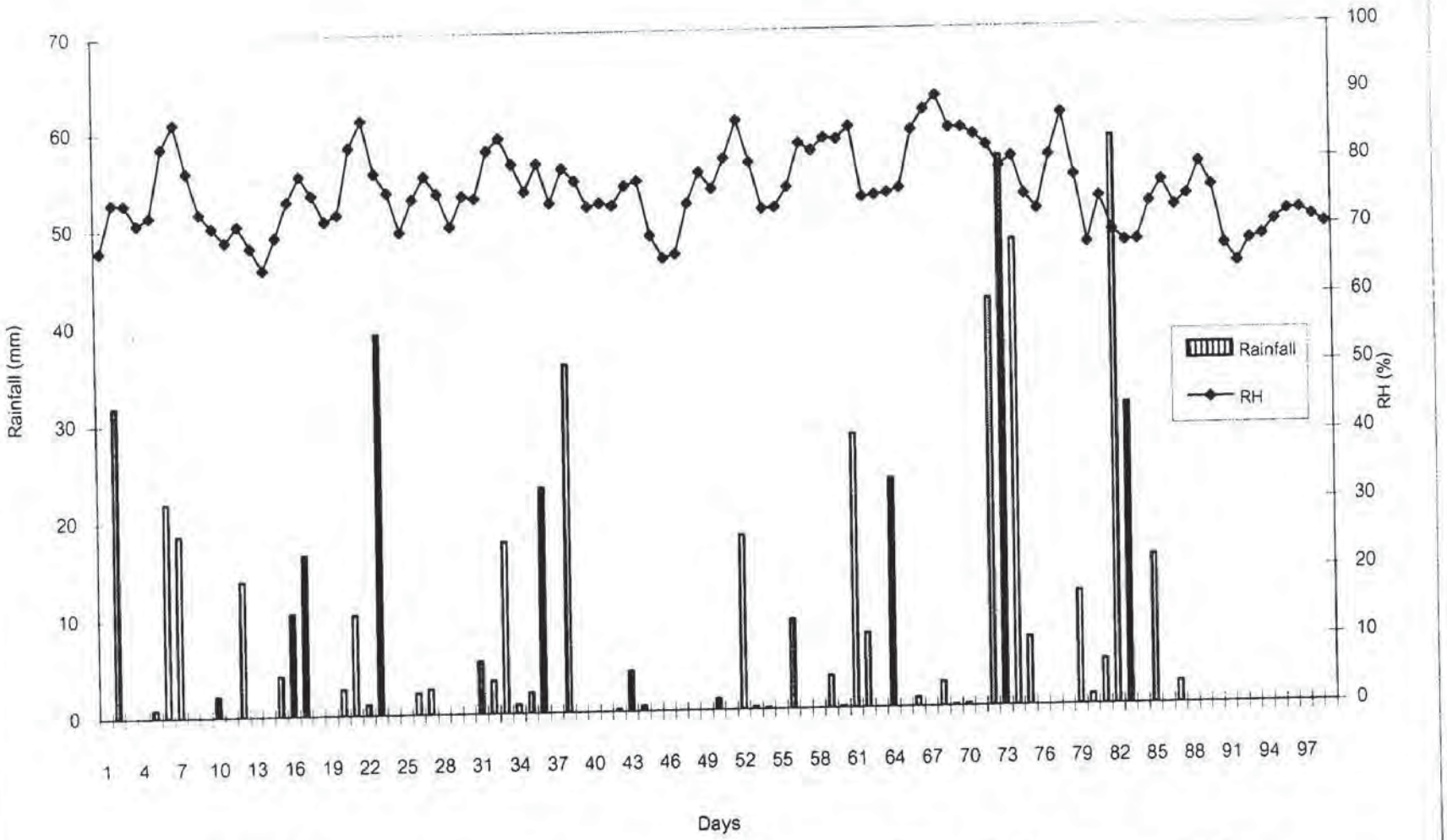


Figure 3.5-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 3 August - 9 November 2000.

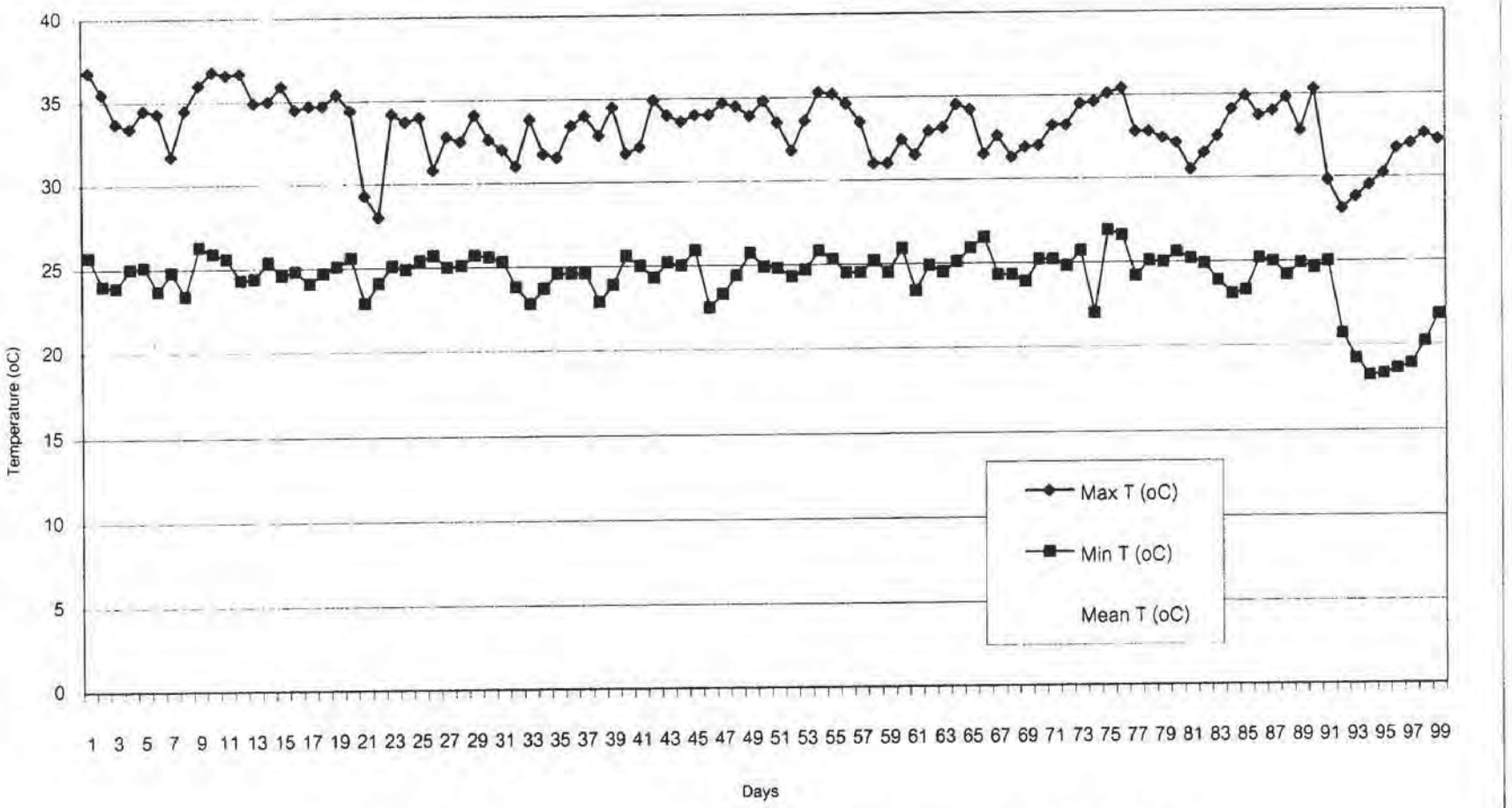


Figure 3.5-2 Daily maximum, minimum, and mean temperatures at the SPR experimental site during 3 August - 9 November 2000.

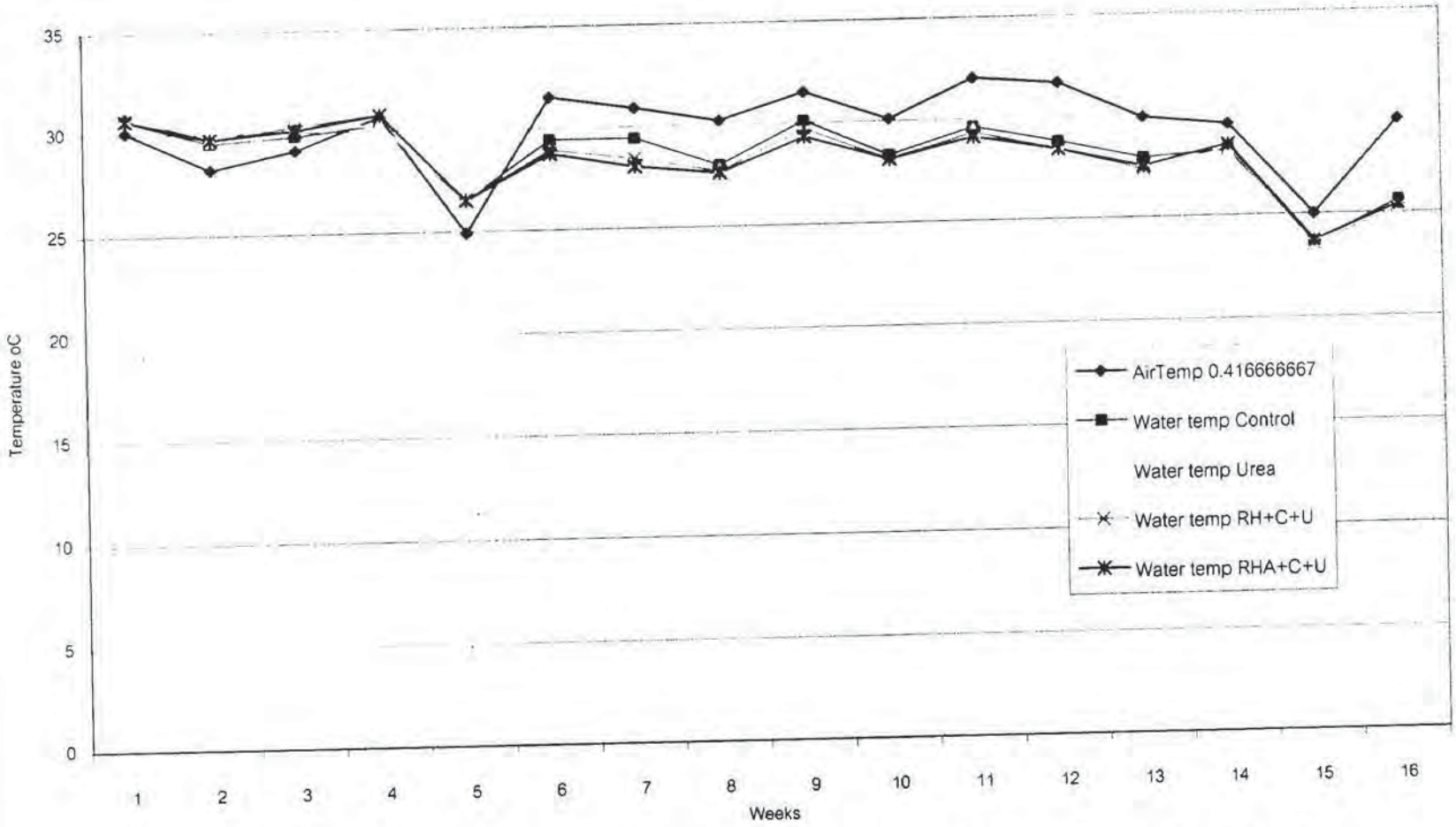


Figure 3.5-3 Air and water temperatures at 1000hr at the SPR experimental site during the wet 2 season (3 August - 9 November 2000).

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

เมื่อวางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซนาน 1 ชั่วโมง จากแปลงทดลองทั้ง 4 ตำรับการทดลอง พบว่าหลังการปักดำค่า CH_4 Flux จากทุกตำรับการทดลองมีอัตราการปล่อยมีเทนอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลอง โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดที่ประมาณ 47 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่แกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย ใส่ขี้เถ้าแกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลย มีการปล่อยก๊าซมีเทนออกมามีค่าประมาณ 43, 45 และ 33 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ (รูปที่ 3.5-4) ช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 14 ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยออกมามีทั้งค่าบวก และค่าติดลบทั้ง 4 ตำรับการทดลอง (ลักษณะเช่นนี้ได้อธิบายถึงสาเหตุความเป็นไปได้ไว้ในหัวข้อ 3.1-3.4 แล้ว) ค่า CH_4 Flux ของทุกตำรับการทดลองเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งในสัปดาห์ที่ 15 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เมล็ดข้าวเริ่มสุก ก่อนสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บเกี่ยวข้าว ได้อธิบายสาเหตุแล้วว่ามาจากการที่รากข้าวปล่อยสารที่เป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุ (exudates) ออกสู่ดินในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต และรากข้าวบางส่วนได้สลายตัวผุพัง ทำให้เนื้อเยื่อ aerenchyma ของต้นข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะดังกล่าว

3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ตารางที่ 3.5-1 แสดงปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากฤดูนาปี 2543 รวมทั้งปริมาณก๊าซมีเทนจากตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย ใส่ปุ๋ยยูเรีย ใส่แกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย และใส่ขี้เถ้าแกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย ผลการทดลองพบว่าการใส่อินทรีย์วัตถุคือแกลบ ขี้เถ้าแกลบ และปุ๋ยหมักในอัตรา 1600 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 11.4 กก.ไนโตรเจน/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นมากถึง 24 เปอร์เซนต์เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย

อัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนของตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย ใส่ปุ๋ยยูเรีย ใส่แกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย และใส่ขี้เถ้าแกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย มีค่าเท่ากับ -2.6, -1.5, 0.6 และ 0.5 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ โดยมีปริมาณสะสมการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าว (cumulative seasonal emission) นับตั้งแต่วันปักดำจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวรวม 99 วันจากตำรับการทดลองทั้ง 4 แบบดังกล่าว มีค่าเท่ากับ -9.9, -5.7, 2.3 และ 1.9 กก.คาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ

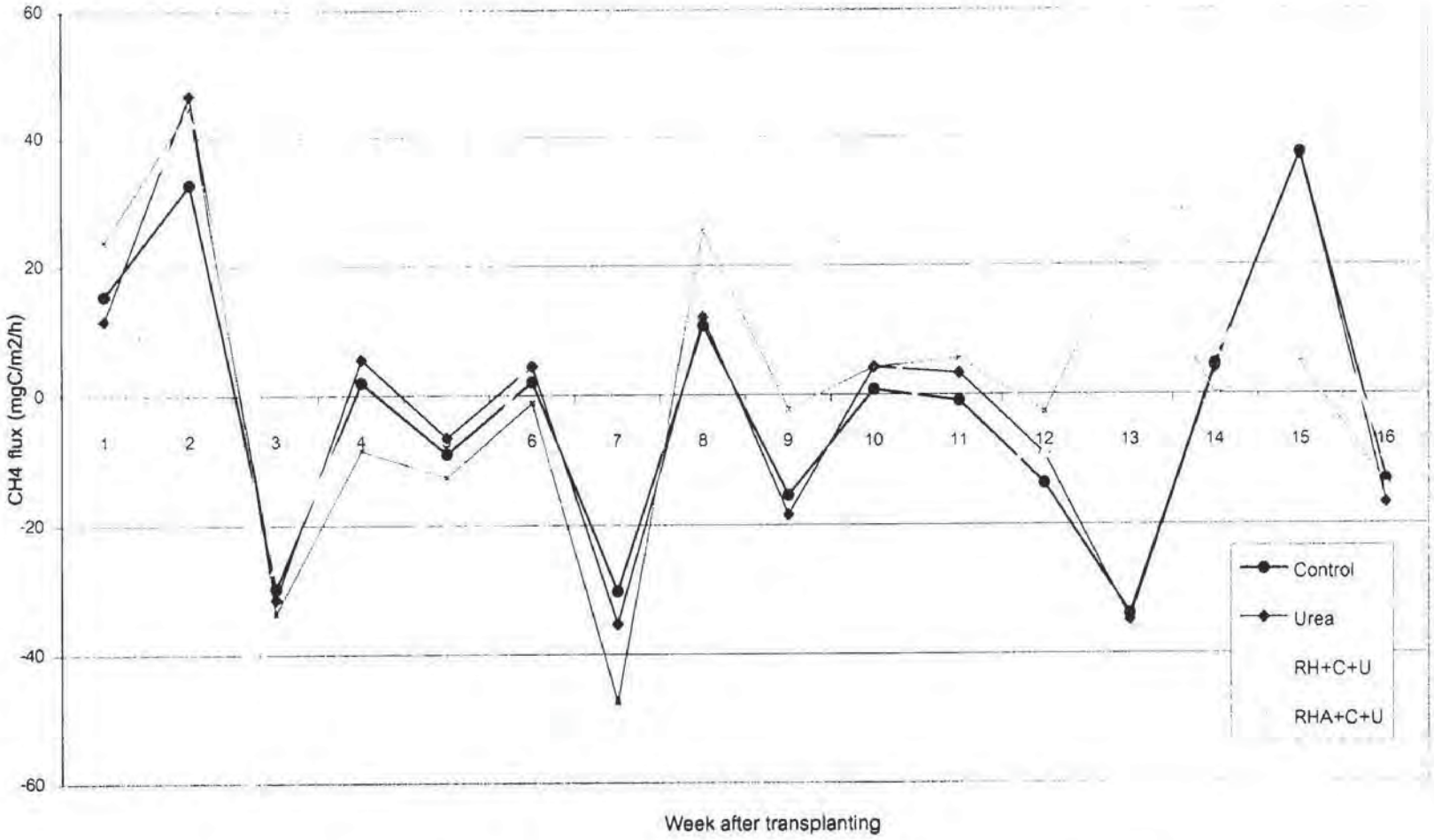


Figure 3.5-4 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea and organic amendment during the wet 2 season (3 August - 9 November 2000).

Table 3.5-1 Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and organic amendment during the wet 2 season 2000.

Treatment	Grain yield (Kg/Rai)	Methane emission	
		Average flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Cumulative flux 99 days (KgC/Rai)
Control	634.4	-2.6	-9.9
Urea	762.3	-1.5	-5.7
Rice hull+compost+urea	773.1	0.6	2.3
Rice hull ash+compost+urea	784.6	0.5	1.9

3.6 ปล่อยที่ว่างเปล่า (Wet 2 fallow period) พฤศจิกายน 2543 – กุมภาพันธ์ 2544

1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

ช่วงเวลาปล่อยที่ว่างเปล่าหลังการเก็บเกี่ยวข้าวฤดูนาปีที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 13 พฤศจิกายน 2543 – 1 กุมภาพันธ์ 2544 มีฝนตกเพียง 2 วันเท่านั้น รูปที่3.6-1 แสดงปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 18.6 มม. โดยฝนตกในเดือนพฤศจิกายน 1.0 มม. และตกในเดือนมกราคม 17.6 มม. จึงทำ ให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในระดับต่ำกว่า 70 % ยกเว้นก่อนวันฝนตกในเดือนมกราคมที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ระดับ 79.5 % โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเท่ากับ 61.3 %

รูปที่ 3.6-2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประจำวันอยู่ในช่วง 17.5 ถึง 35.4 ^{o}ซ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.1 ^{o}ซ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ประมาณต้นเดือนมกราคม และมีค่าต่ำสุดอยู่ประมาณสัปดาห์สุดท้ายของเดือนธันวาคม

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

สัปดาห์ที่ 1-2 หลังการเก็บเกี่ยวข้าวของฤดูนาปีที่ 2 พบว่าก๊าซมีเทนมีอัตราการปล่อยสูงสุดในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย รองลงมาคือตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบ-ปุ๋ยหมัก-ยูเรีย ดังแสดงในรูปที่ 3.6-3 ซึ่งคิดเป็นค่า CH_4 Flux เท่ากับ 27.9 และ24.8 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่า CH_4 Flux ติดลบในสัปดาห์ที่ 3 และมีค่า CH_4 Flux เพิ่มขึ้นและลดลงจนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง โดยค่าติดลบสูงสุดเท่ากับ -26.4 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม.ในตำรับแปลง

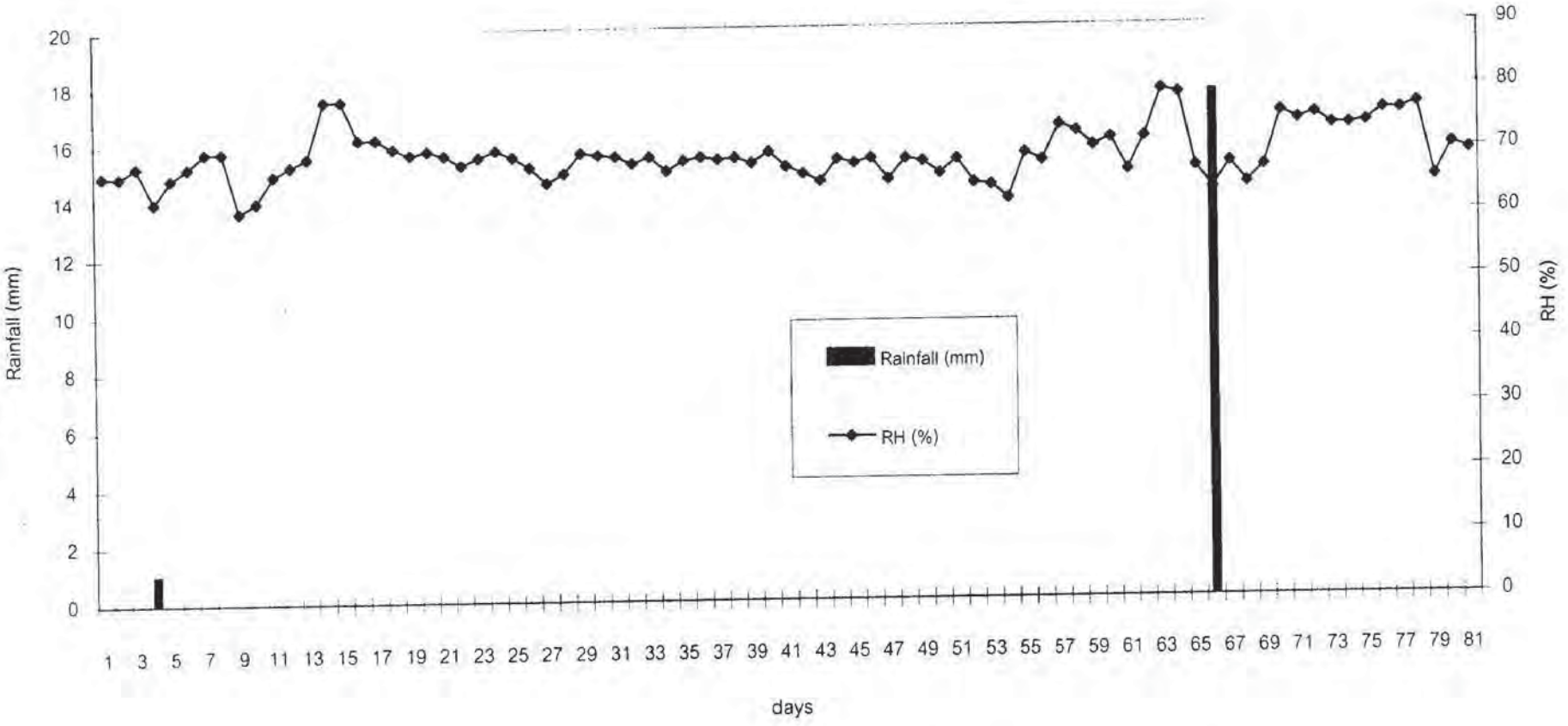


Figure 3.6-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 13 November 2000 - 1 February 2001.

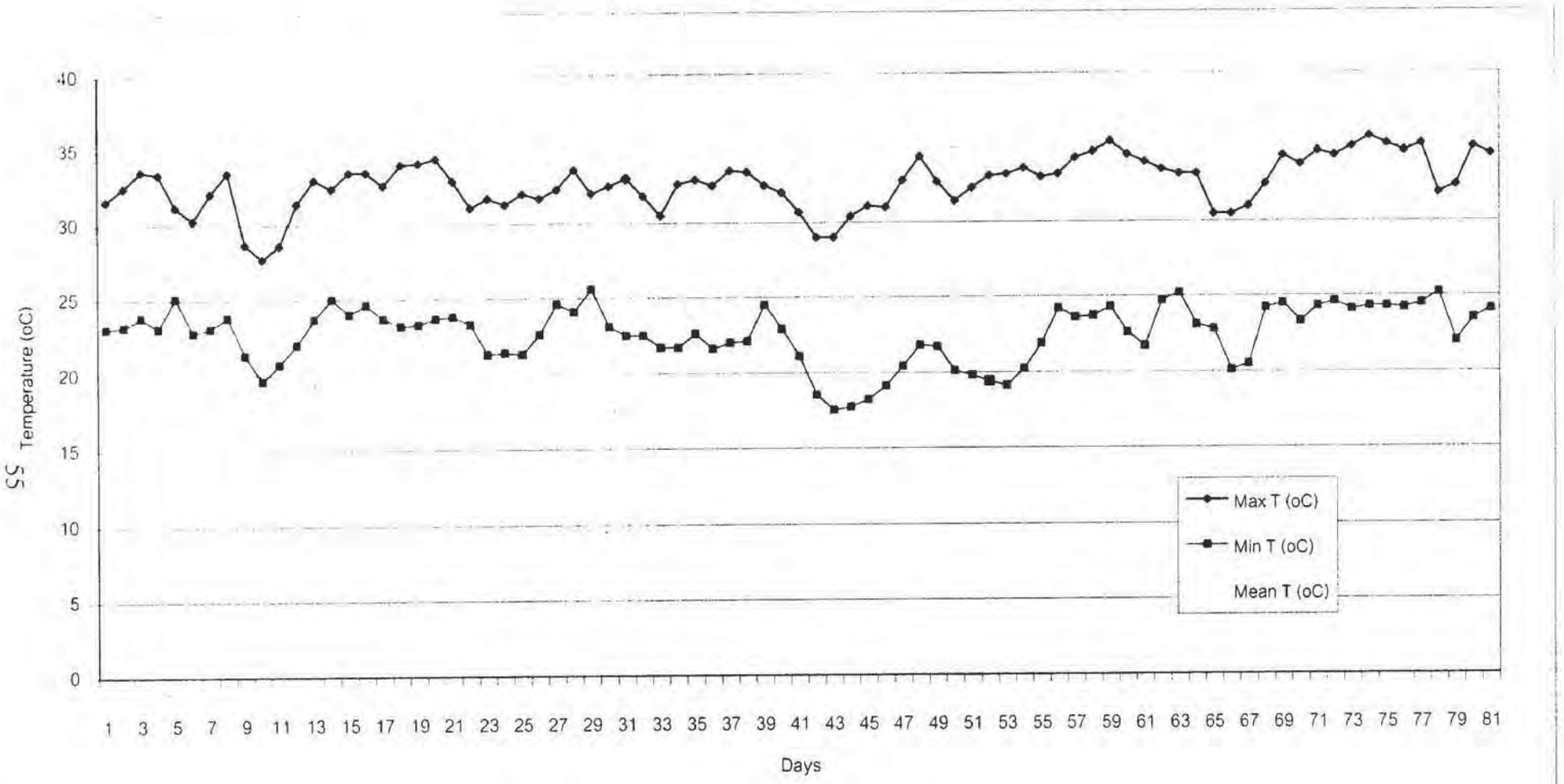


Figure 3.6-2 Daily maximum, minimum, and mean temperature at the SPR experimental site during 13 November 2000 - 1 February 2001.

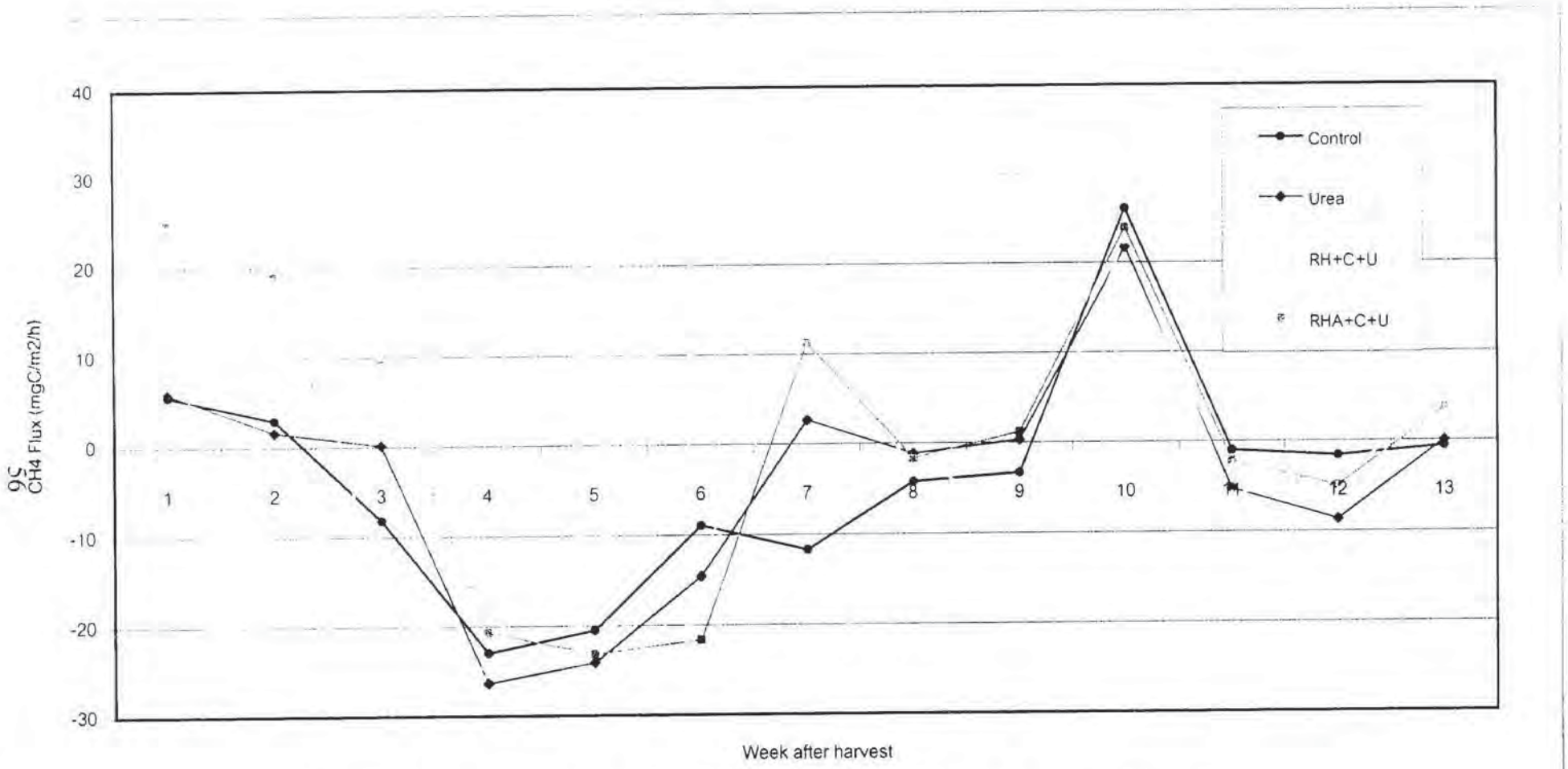


Figure 3.6-3 Methane flux in a fluvial tropaquept as affected by urea and organic amendment during the wet 2 fallow season (13 November 2000 - 1 February 2001).

ทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย สาเหตุที่ CH_4 Flux มีค่าติดลบ ได้อธิบายแล้วในหัวข้อ 3.1-3.3 เป็นที่น่าสังเกตว่าในสัปดาห์ที่ 10 ของการเก็บตัวอย่างมีฝนตกหนักทำให้น้ำท่วมขังแปลงทดลอง ค่า CH_4 Flux ที่วัดได้จึงมีค่าเป็นบวกอีกครั้งหนึ่ง (CH_4 emission)

3.7 ฤดูนาปรัง (Dry 2 season) กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2544

1) สภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

รูปที่ 3.7-1 แสดงปริมาณและการกระจายตัวของฝน และความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่แปลงทดลองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม 2543 ในเดือนกุมภาพันธ์ไม่มีฝนตก ฝนเริ่มตกตั้งแต่เดือนมีนาคมโดยมีการกระจายตัวอยู่ 12 วัน และมีปริมาณสะสมเท่ากับ 102.5 มม. เดือนเมษายนไม่มีฝนตก สำหรับเดือนพฤษภาคมตั้งแต่ต้นเดือนถึงวันเก็บเกี่ยวมีปริมาณการกระจายตัวของฝน 9 วัน โดยปริมาณฝนตกสะสม 17 วัน เท่ากับ 84 มม. ในปริมาณสูงสุดของวันเท่ากับ 17.8 มม. ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมมีปริมาณฝนตกรวมทั้งสิ้น 186.5 มม. ความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าต่ำสุดที่ระดับ 58 เปอร์เซนต์ในเดือนกุมภาพันธ์ และมีค่าสูงสุดประมาณ 90 เปอร์เซนต์ในเดือนมีนาคม อุณหภูมิอากาศสูงสุดประจำวันมีค่า 39.0 ^{o}ซ ในเดือนเมษายน (รูปที่ 3.7-2) โดยอุณหภูมิอากาศต่ำสุดประจำวันมีค่า 19.7 ^{o}ซ คิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 29 ^{o}ซ

2) การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

จากการวางกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซนาน 15 นาทีในแปลงทดลองตำรับ 1) ไม่ใส่อะไรเลย 2) ใส่ปุ๋ยยูเรีย 3) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (11.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ในแปลงทดลองที่ทำการไถกลบตอซังข้าว (crop residue)ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว และ 4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (11.4 กก.ไนโตรเจน/ไร่)ในแปลงทดลองที่ทำการไถกลบตอซังข้าว 2 อาทิตย์ก่อนการปักดำ ค่า CH_4 Flux จากทุกตำรับการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 หลังการปักดำ ดังแสดงในรูปที่ 3.7-3 และมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 โดยมีค่าติดลบมากถึงประมาณ -40 มก.คาร์บอน/ตารางเมตร/ชั่วโมง CH_4 Flux มีปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลงในสัปดาห์ที่ 5 ถึง 11 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าสูงสุดประมาณ 97 มก.คาร์บอน/ตารางเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่ข้าวเริ่มสุก จากนั้นจึงมีค่าลดลงช่วง 3 สัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว สาเหตุที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนในลักษณะดังกล่าวได้อธิบายแล้วในหัวข้อ3.1-3.3

3) ปริมาณผลผลิต และปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ตารางที่ 3.7-1 แสดงผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ย และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสะสมตลอดฤดูการปลูกข้าว จากแปลงทดลองตำรับที่ 1) ไม่ใส่อะไรเลย 2) ใส่ปุ๋ยยูเรีย 3) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (11.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ในแปลงทดลองที่ทำการไถกลบตอซังข้าว (crop residue)ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว และ 4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (11.4 กก.ไนโตรเจน/ไร่)ใน

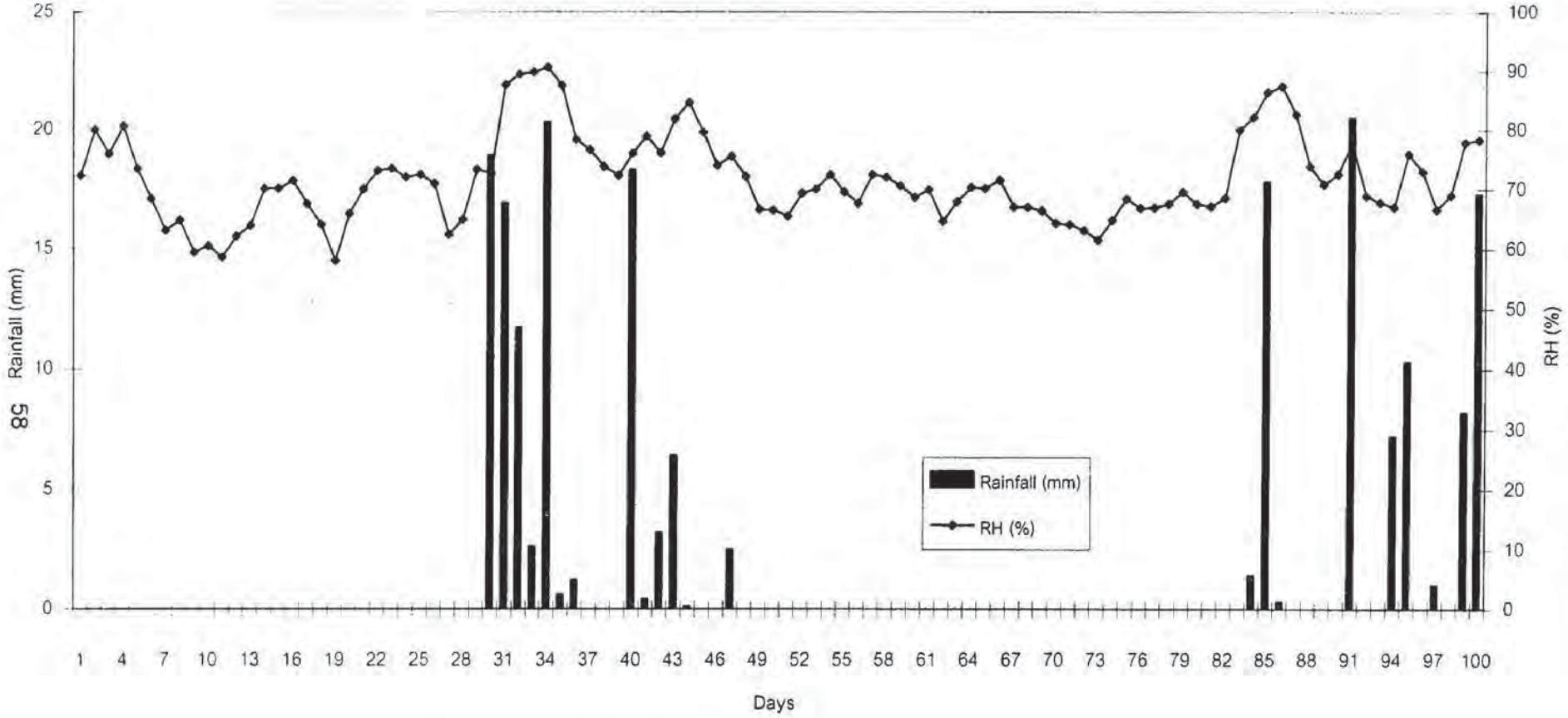


Figure 3.7-1 Distribution of rainfall and relative humidity (RH) at the SPR experimental site during 7 Feb - 17 May 2001

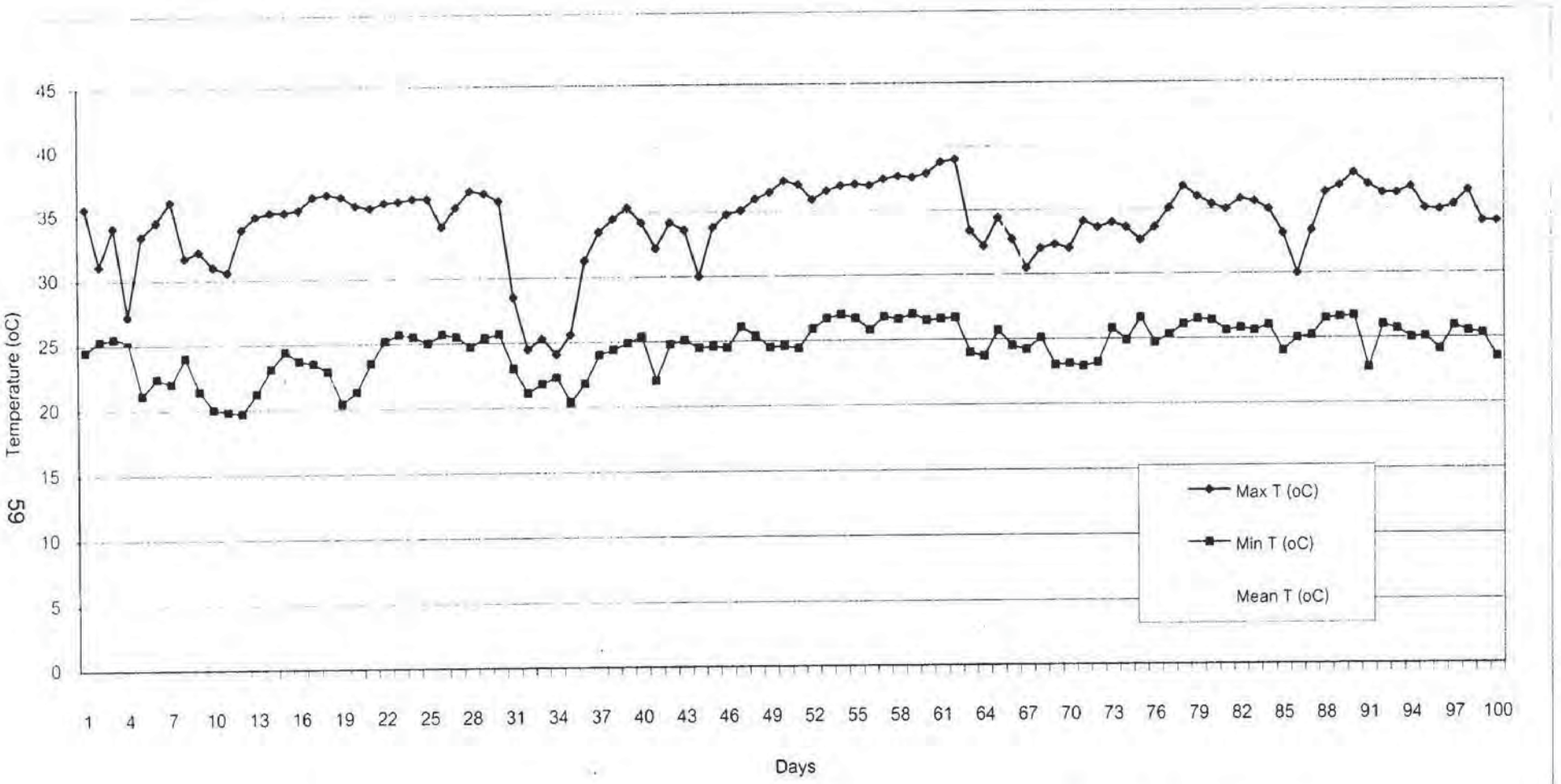


Figure 3.7-2 Daily maximum, minimum , and mean temperature at the SPR experimental site during 7 February - 17 May 2001.

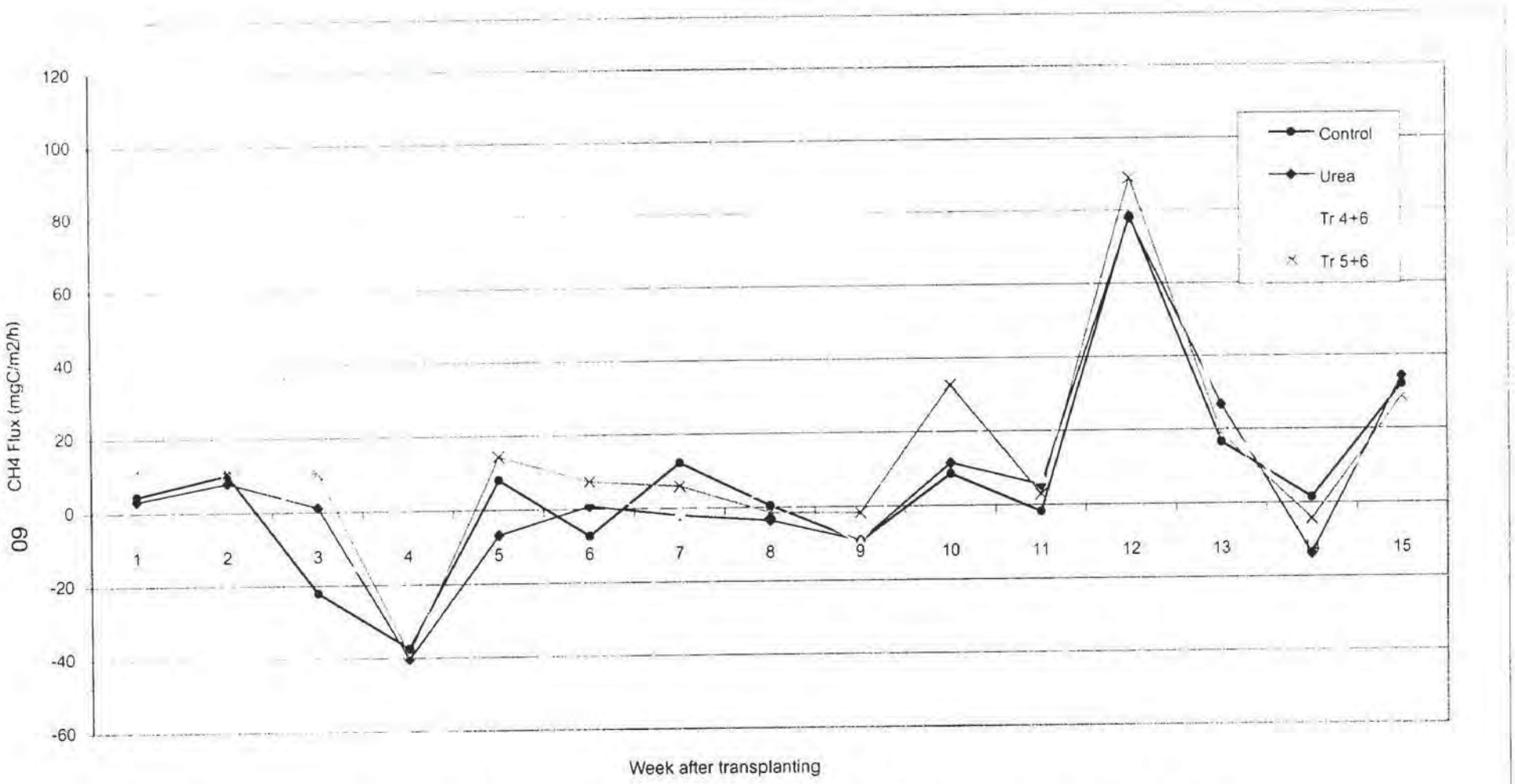


Figure 3.7-3 Methane flux in a fluvial tropaquept affected by urea during the dry 2 season (7 February - 17 May 2001).

แปลงทดลองที่ทำการไถกลบตอซังข้าว 2 อาทิตย์ก่อนการปลูกข้าว ข้อมูลในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการไถกลบอินทรีย์วัตถุ (crop residue) ร่วมกับปุ๋ยยูเรียในตำรับการทดลองที่ 3 และ 4 หรือการใส่ปุ๋ยยูเรียในแปลงทดลองที่เอาอินทรีย์วัตถุออกไป ช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 22-37 เปอร์เซนต์เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย

เมื่อนำค่า CH_4 Flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยของการทดลองตำรับที่ใส่1) ไม่ใส่อะไรเลย 2) ใส่ปุ๋ยยูเรีย 3) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (11.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ในแปลงทดลองที่ทำการไถกลบตอซังข้าว (crop residue)ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว และ 4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (11.4 กก.ไนโตรเจน/ไร่)ในแปลงทดลองที่ทำการไถกลบตอซังข้าว 2 อาทิตย์ก่อนการปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 6.3, 6.2, 12.2 และ 12.3 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณการสะสมการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าวของการทดลองแต่ละตำรับ (cumulative seasonal emission) นับตั้งแต่วันปักดำจนถึงวันเก็บเกี่ยวรวม 100 วัน มีค่าเท่ากับ 24.2, 23.8, 46.9 และ 47.2 กก.คาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3.7-1)

Table 3.7-1 Grain rice yield of SPR 90 and CH_4 Flux in a Fluvic Tropaquept (Phimai series) affected by urea and crop residue during the dry 2 season 2001.

Treatment	Grain yield (Kg/Rai)	Methane emission	
		Average flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Cumulative flux 100 days (KgC/Rai)
Control	416.2	6.3	24.2
Urea	571.9	6.2	23.8
Crop residue incorporated in soil after harvest + urea	508.3	12.2	46.9
Crop residue incorporated in soil 2 weeks before transplanting + urea	519.2	12.3	47.2

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย

4.1 ลักษณะรูปแบบการปล่อยมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าวนาปี และนาปรังที่ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2542 ถึงเดือนพฤษภาคม 2544 พบว่าค่า CH_4 flux ทุกตำรับการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการปักดำถึงจุดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 หรือ 2 ก่อนลดปริมาณและรักษาระดับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนไม่แตกต่างกันมากนักจนถึงเวลาเก็บเกี่ยว ปริมาณมีเทนจะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ไม่ว่าจะทำการเก็บตัวอย่างจากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง และ 15 นาที โดยพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่อินทรีย์วัตถุ เช่นฟางข้าว ปุ๋ยหมัก แกลบ ขี้เถ้าแกลบ รวมทั้งปุ๋ยยูเรีย จะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลย ดังสรุปค่าเฉลี่ยแสดงไว้ในตารางที่ 4.1-1

Table 4.1-1 Grain rice yields of SPR 90 and average methane flux affected by urea and organic amendment during July 1999 to May 2001.

Treatment	Average flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Accumulate flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Grain yield (kg/Rai)
Control	-2.6 – 6.3	-9.9 - 24.2	416.2 – 772.8
Rice straw	3.4 - 13.2	12.93 – 49.8	698.7 – 795.2
Compost	1.8 – 7.8	6.84 – 27.6	692.7 – 846.4
Urea	-1.5 – 6.2	-5.7 – 30.7	571.9 - 956.8
Rice hull ash	3.0	11.4	708.8
Rice hull + compost + urea	0.6	2.3	773.1
Rice hull ash + compost + urea	0.5	1.9	784.6
Urea + crop residue (after harvest)	12.2	46.9	508.3
Urea + crop residue (before transplanting)	12.3	47.2	519.2

4.2 ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรียในแปลงที่ตอซังข้าวถูกไถกลบหลังการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ และก่อนการปักดำ 2 สัปดาห์ มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างเด่นชัด โดยมีค่าเฉลี่ย 12.2 และ 12.3 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับโดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสะสมตลอดฤดูปลูกข้าว (100 วัน) เท่ากับ 46.9 และ 47.2 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าคาร์บอนจากตอซังข้าวและยูเรียอาจเป็นปัจจัยหนึ่งต่อการเกิดก๊าซมีเทน

4.3 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยมีเทนจากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมง (10:00 – 14:00 น.) กับการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง (16:00 – 08:00 น.) พบว่าค่า CH_4 flux จากการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 4 ชั่วโมงสูงกว่าการวางกล่องเก็บก๊าซนาน 16 ชั่วโมง ค่าดังกล่าวเป็นตัวชี้เบื้องต้นว่านาข้าวชลประทานที่ทำการศึกษามีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในตอนกลางวันสูงกว่าตอนกลางคืน ทั้งในฤดูนาปี ช่วงปล่อยที่ว่างเปล่า (fallow) และฤดูนาปรัง

4.4 พบว่าค่า CH_4 flux มีความสัมพันธ์กับสภาพความชื้นภายในดิน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ตกลงมา เมื่อมีฝนตก จนทำให้ดินเกิดสภาพ saturation จะมีผลทำให้ CH_4 ถูกปลดปล่อยออกมา ส่วนในสภาพดินนาที่แห้งจะชักนำให้เกิด CH_4 oxidation การใส่คาร์บอนในรูปอินทรียวัตถุไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว แกลบ ขี้เถ้าแกลบ หรือปุ๋ยหมัก ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปแบบการปล่อยก๊าซมีเทนแต่ประการใด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งในน้ำ ดิน อากาศ น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินทั้งพวก methanogenic และ methanotrophic bacteria ที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนมีค่าเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ ที่มีสาเหตุจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุภายใต้สภาพไร้ออกซิเจนและมีออกซิเจน

4.5 ตำรับการทดลองของแต่ละฤดูการปลูกข้าวที่ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่อะไรเลย (control) 2) ใส่ฟางข้าวสับ 3) ใส่ปุ๋ยหมัก 4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย 5) ใส่แกลบ 6) ใส่ขี้เถ้าแกลบ 7) ใส่แกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย 8) ใส่ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย 9) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบหลังการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ และ 10) ใส่ปุ๋ยยูเรียและตอซังข้าวที่ถูกไถกลบก่อนการปลูกข้าว 2 สัปดาห์ พบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย และ ตำรับการทดลองที่ใส่แกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย มีการปล่อยก๊าซมีเทน เฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.5 และ 0.6 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. และตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบอย่างเดียวให้ค่ามีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 3.0 มก.คาร์บอน/ตร.ม/

ชม. อย่างไรก็ตามการทดลองตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอย่างเดียวได้ให้ค่ามีเทนเฉลี่ยติดลบเท่ากับ -1.5 มก.คาร์บอน/ตร.ม/ชม. ดังนั้นจึงยังไม่สามารถกล่าวได้อย่างชัดเจนว่าตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยหมักและปุ๋ยยูเรีย ตำรับการทดลองที่ใส่แกลบ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย และตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบอย่างเดียวมีการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้น่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดของปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินพวก methanogenic และ methanotrophic bacteria ที่เป็นปัจจัยหลักของการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่เพาะปลูกข้าว

4.6 ในส่วนของผลผลิตข้าวพบว่าการใส่อินทรีย์วัตถุไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว แกลบ ขี้เถ้าแกลบ หรือปุ๋ยหมัก พบว่าไม่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตแต่ประการใด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยยูเรียสามารถเพิ่มผลผลิตสูงขึ้นกว่า 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่อะไรเลยทั้งใน 4 ฤดูกาลปลูกข้าว

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร 2544 เทคโนโลยีการผลิตข้าวพันธ์ดี โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

Bronson, K.F. and A.R. Mosier. 1994 . Suppression of methane in aerobic soil by nitrogen fertilizers and urease inhibitors. Biol. Fert. Soils. 17:263-268.

Bronson, K.F., U. Singh, H.U. Neue and E.B. Abag Jr. 1997. Automated chamber measurements of methane and nitrous oxide flux in a flooded rice soil : II. Fallow period emissions. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 988-993.

Conrad, R. and F. Rothfuss. 1991. Methane oxidation in the soil surface layer of a flooded rice field and the effect of ammonium. Biol. Fert. Soils. 12: 28-32.

Neue, H. U., R. S. Lantin, R. Wassman, J. B. Aduna, and M. C. F. Andeles. 1994. Methane emission from rice soils of the Philippines. In: Minami, K., R. Mosier and R. L. Sass (Eds.) CH4 and N2O Global Emission and Control from Rice Fields and Others Agricultural and Industrial Sources. Pp 56-63. NIAES Series 2, Yokendo Publishers, Tokyo.

Rolston, D. E. 1986. Gas flux. In : Klute, A (Ed) Methods of soil analysis, Part 1, Physical and mineralogical methods pp. 1103-1110. Am. Soc. Agron, Madison, Wisconsin.

SMSS. 1983. Keys to soil taxonomy. Soil Management Support Services, Technical Monograph No. 6 USDA. US Government Printing Office. Washington D.C.

Yagi, K. and K. Minami. 1990. Effect of organic matter application on methane emission from Japanese paddy fields. In: Bouwman, A.F. (Ed). Soils and Greenhouse Effect. pp. 467-473. John Wiley & Sons. New York.

ภาคผนวก

Poster Presentation

Effect of Climate Variability on Rice Yield and Methane Emission in Central Thailand

1st International CLIVAR Science Conference

June 21-25, 2004

Baltimore, Maryland USA

Effect of Climate Variability on Rice Yield and Methane Emission in Central Thailand

Dr. Sangchan Limjirakan, Environmental Research Institute, Chulalongkorn University
Payathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand *kangcha@chula.ac.th*
Dr. Salom Phongpan, Department of Agriculture, Bangkhen Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Mr. Surapol Jutupoim, Suphanburi Rice Research Center, Muang Suphanburi 72000 Thailand

Abstract

The natural variability of rainfall, temperature and other conditions becomes the main factor behind variability in agricultural production including emission of some greenhouse gases from agricultural areas. The study on emission of methane in a rice-fallow-rice cropping sequence in central Thailand was carried out at the Suphanburi Rice Research Center in central Thailand during 1999-2001. It was found that

1. annual rainfall during the study period turned down from 1342.8 mm in 1999 to 1112.1 mm in 2000 and to 987.6 mm in 2001;
2. average grain rice yields also decreased from 5,406 kg/ha in 1999 to 4,322 kg/ha in 2000 and to 2,922 kg/ha in 2001; and
3. average methane fluxes were in the range of -2.6 to 13.2 mgC m-2 h-1. CH4 emission was depended on soil moisture, temperature and microorganism activities which would directly affect from a distribution of rainfall.

This could be said that agriculture is a victim of climate variability. To increase agricultural efficiency and flexibility under current conditions, the monitoring and establishing effective early warning systems for agriculture practices are needed to do more technical researches.

Introduction

Thailand's 514,000 square kilometers lie in the middle of mainland Southeast Asia. Thailand is one of the world's biggest rice producers, with paddy output of 27 million tons in 2003 and also the world's biggest rice exporter: annual shipments are worth more than 2,000 million USD and reached 7.5 million tons in 2003 (FAO, 2004). Rice is grown on some 10 million ha of land and in all provinces of the country. The Central Plains of Thailand has a total area of about 91,795 Km2 and is known as the nation's "rice bowl" due to its highly productive rice fields. About 25% of rice lands are irrigated, while the rest is still rainfed.

Thailand has a tropical monsoon climate; temperatures normally range from an average annual high of 38 oC to a low of 19 oC. An average annual rainfall during the last 3 decades was 1498 mm. Southwest monsoons arriving between May and July signal the advent of the rainy season, which lasts into October. November through April marks the onset of the dry season. Temperatures begin climb in March and April, and a hot sun parches the landscape. With only minor exceptions, every area of the country received adequate rainfall in the past several decades, but the duration of the rainy season and the amount of rain vary substantially from region to region and with altitude. The study on methane emission from rice field in Central Thailand during 1999-2001 found decreases of annual rainfall and rice yield in the study area. This could consequently affect on Thai's society and economy soon.

Materials and methods

Field experiments were conducted at the Suphanburi Rice Research Center, Suphanburi Province during rainy season (July — October), dry season (Febuary – June), and fallow period of 1999 - 2001. The field experiments were carried out 4 treatments in randomized complete block design with four replicates in each cropping season using rice cultivar SPR 90 and various treatments. Methane emission fluxes were monitored by a manual sampling system based on the closed chamber technique. Methane concentrations of air samplers were measured with Shimadzu GC-8A Porapak N column and a flame ionization detector. The methane fluxes (F) are calculated based on the following equation (Rolston, 1986):

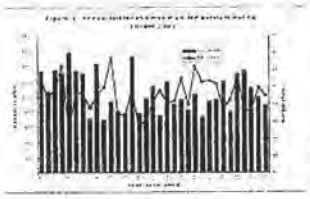
$$F = (V/A)\,(273/T)\,(\Delta C/\Delta T)$$

where V is volume of chamber headspace, A is area covered by closed chamber, $\Delta C/\Delta T$ is methane concentration at time interval, and T is absolute air temperature in chamber headspace in degree Kelvin.

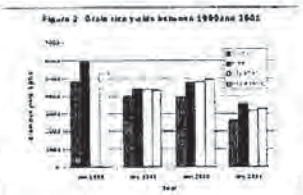
Data of precipitation and temperature were automatically recorded by the Suphanburi Meteorological Station located in the Suphanburi Rice Research Center.

Results

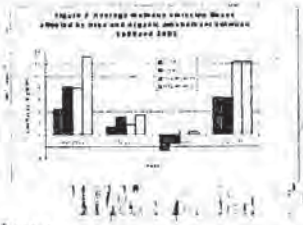
1. Annual rainfall during the study period turned down from 1342.8 mm in 1999 to 1112.1 mm in 2000 and to 987.6 mm in 2001. It was noticed that the maximum temperature was up to 40 degree celcius in 2001.



2. Average grain rice yields decreased from 5,406 kg/ha in 1999 to 4,322 kg/ha in 2000 and to 2,922 kg/ha in 2001. This quite relatively high in a distribution of rainfall and temperature.



3. Average methane fluxes were in the range of -2.6 to 13.2 mgC m-2 h-1. CH4 emission was depended on soil moisture, temperature and microorganism activities which would directly affect from a distribution of rainfall and temperature.



Conclusions

It could be concluded that agriculture is a victim of climate variability. To increase agricultural efficiency and flexibility under current conditions, the monitoring and establishing effective early warning systems for agriculture practices are needed to do more technical researches. In addition, further studies are also needed to convert the findings into recommendation for the farmers.

Acknowledgement

The author greatfully acknowledges the financial support by the Thailand Research Fund (TRF) under the Climate Change Research Projects.

Abstract accepted for Oral Presentation

Methane Flux Measurement in Rice Cropping Sequences in Central Thailand

The 6th International Symposium on Plant Responses

to Air Pollution and Global Changes

October 19-22, 2004

Tsukuba Center for Institutes

Tsukuba, Ibaraki, JAPAN

Methane Flux Measurement in Rice Cropping Sequences in Central Thailand

Sangchan LIMJIRAKAN[1], Sakorn PHONGPAN[2] and Surapol JATUPORN[3]
1) Environmental Research Institute, Chulalongkorn University, Payathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand
2) Department of Agriculture, Chatujak, Bangkhen, Bangkok 10900, Thailand
3) Suphanburi Rice Research Center, Muang, Suphanburi 72000, Thailand

Abstract

Methane is one of the most important greenhouse gases because of its absorption characteristics. It is also a worldwide atmospheric increases and direct effects on global warming that is extremely important and significant to terrestrial ecosystem.

Methane fluxes from irrigated rice cropping sequences were measured weekly after transplanting until rice harvest using closed chamber technique in central plain of Thailand. The local practices of crop management consisted of continuous flooding, urea and organic amendment applications. Average methane fluxes and rice yields during July 1999 to May 2001 are as the following table.

Treatment	Average flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Accumulate flux ($mgC\ m^{-2}\ h^{-1}$)	Grain yield (kg/Rai)
Control	-2.6 – 6.3	-9.9 - 24.2	416.2 – 772.8
Rice straw	3.4 - 13.2	12.93 – 49.8	698.7 – 795.2
Compost	1.8 – 7.8	6.84 – 27.6	692.7 – 846.4
Urea	-1.5 – 6.2	-5.7 – 30.7	571.9 - 956.8
Rice hull ash	3.0	11.4	708.8
Rice huli + compost + urea	0.6	2.3	773.1
Rice hull ash + compost + urea	0.5	1.9	784.6
Urea + crop residue (after harvest)	12.2	46.9	508.3
Urea + crop residue (before transplanting)	12.3	47.2	519.2

The results give evidence that methane fluxes from rice fields can be reduced by a kind of crop management options without affecting rice yields.

Key words: Methane, Flux Measurement, Rice Cropping Sequences, Central Thailand

INBOX: APGC2004-oral presentation (100 of 102) This message to

Date: Thu, 15 Jul 2004 16:39:55 +0900
From: "F. Urakawa" <aura@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp>
To: "F. Urakawa" <aura@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp>
Cc: omasa <aomasa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp>, Nouchi Isamu <nouchi@niaes.affrc.go.jp>
Subject: APGC2004-oral presentation
Part(s): 2 oral.doc application/msword 34.90 KB

This message was written in a character set other than your own. If it is not displayed correctly, click here to open it in a new window.

Dear colleagues,

We are pleasured to inform you that your application is accepted as an oral presentation at APGC2004. Please read and confirm the following notification.

(1) Each oral presentation should be no more than 15 minutes in length, including 5 minutes for discussions and arrangements for the presentation (For example, we recommend 10 min presentation, 3 min discussion and 2 min arrangement). There are some exceptions concerning presentation length, in such case, your session convener will let you know about it later.

(2) For oral presentations, a laptop PC (Windows XP), a PC projector, and MS Power-Point 2003 for Windows will be available at each lecture room.

(3) The proceedings will be published in 'PHYTON-ANN REI BOT A' after peer review. Authors are kindly requested to hand in the manuscript at the registration desk on October 19, 2004. Please note that no papers will be accepted after the symposium.

****

The length of a paper should be less than or equal to 8 printed pages.

Publication charges are as follows.

1 to 4 pages: free

5 to 8 pages: 5,000 yen/page

For example, the author will be charged 15,000 yen if the length of the paper is 7 printed pages.

The author will be charged at printing costs for color pages, i.e., about 100,000 yen per page.

For further information, please refer the following URL:
http://apgc2004.en.a.u-tokyo.ac.jp/#proceedings

(4) Individuals whose application is accepted will be expected to pay fees for registration and banquet. You can register them at a discount price if paid by July 31, 2004. Please inform your co-authors that if they do not pay the fees before the end of August, we cannot guarantee delivery of materials for the symposium and invitation to banquet.

For further information, please refer the following URL:

http://apgc2004.en.a.u-tokyo.ac.jp/registration.html

We are looking forward to seeing you in Tsukuba, Japan.

Best regards,

Kenji Omasa

Chairman, International Organizing Committee
of APGC2004

Delete | Reply | Reply to All | Forward | Redirect | Blacklist | Message Source | Save as | Print

Back to INBOX ◁ ▷

This message to

Poster Presentation

งานจุฬาฯวิชาการ 84 ปี

การปลดปล่อยมีเทนในระบบการปลูกข้าวแบบตามฤดู ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว บริเวณที่ลุ่มภาคกลาง ประเทศไทย

Emission of Methane in a Rice-Fallow-Rice Cropping Sequence in Central Thailand

(ตนย) สยัยรเนหหุ้มยกหุ้มยอนหเนหุ้เย

สงโสยรหุ้นหหุ้มยกหุ้ย

รเยลนเรเนสรุ้ยรย

รุ้มหโย่ย ยมรย่ยสเห ฐหุ้มหอุ่ม รเยเยสเห

สยัยรเนหหุ้ยยรเมหุ้ย กอยัยเยรยเนยสยัยรุ้หุ้มเยย

ยเนรยัหยุ้ย รุ้มหัยหุ้ยเยสเห

สยัยหุ้รุ้ยย

วัตถุประสงค์

- ศึกษาปริมาณการปลดปล่อยมีเทน จากนาข้าวในฤดูฝน-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ฤดูแล้ง บริเวณที่ลุ่มภาคกลางประเทศไทย
- ศึกษาวิธีการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณมีเทนจากนาข้าว

วิธีการศึกษา

- จัดเตรียมพื้นที่ศึกษา วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง
- ตกกล้า ปลูกข้าว
- เก็บตัวอย่างก๊าซจากพื้นที่ทดลอง
- วิเคราะห์ก๊าซมีเทน ในห้องปฏิบัติการ
- เก็บเกี่ยวข้าว

สมการ closed-chamber (Rolston,1986)

- $F = (V/A)(273/T)(C/T)$
- เมื่อ $F = CH_4$ gas flux
- V = ปริมาตรของช่องว่างภายในกล่องเก็บก๊าซ (chamber headspace)
- A = พื้นที่บนผิวดินที่กล่องเก็บก๊าซครอบ
- C/T = การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซมีเทนต่อหน่วยเวลา
- T = อุณหภูมิสัมพัทธ์ (absolute temperature) ของอากาศภายใน headspace หน่วยเป็นองศา Kelvin (^oK)

การดำเนินงาน

- จัดทำกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ จำนวน 20 กล่อง
- ปลูกข้าวในพื้นที่ทดลอง 1.5 ไร่
- เก็บตัวอย่างก๊าซจากพื้นที่ทดลองทุกสัปดาห์ ฤดูนาปี 2542
- วิเคราะห์ก๊าซมีเทน ในห้องปฏิบัติการทุกสัปดาห์
- ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวนาปี
- ผลผลิตข้าวต่อไร่

ปริมาณผลผลิตและปริมาณการปลดปล่อยมีเทน

- ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกและปริมาณการปลดปล่อยมีเทน อันเนื่องมาจากผลการใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าการใส่อินทรีย์วัตถุไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว หรือปุ๋ยหมักในอัตรา 800 กก./ไร่ ไม่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตแต่ประการใด
- ในทางตรงข้ามการใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 11.2 กก.ไนโตรเจน/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 24% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่อะไรเลย ($P<0.05$)

บริมาณผลผลิตและปริมาณการปลดปล่อยมีเทน (ต่อ)

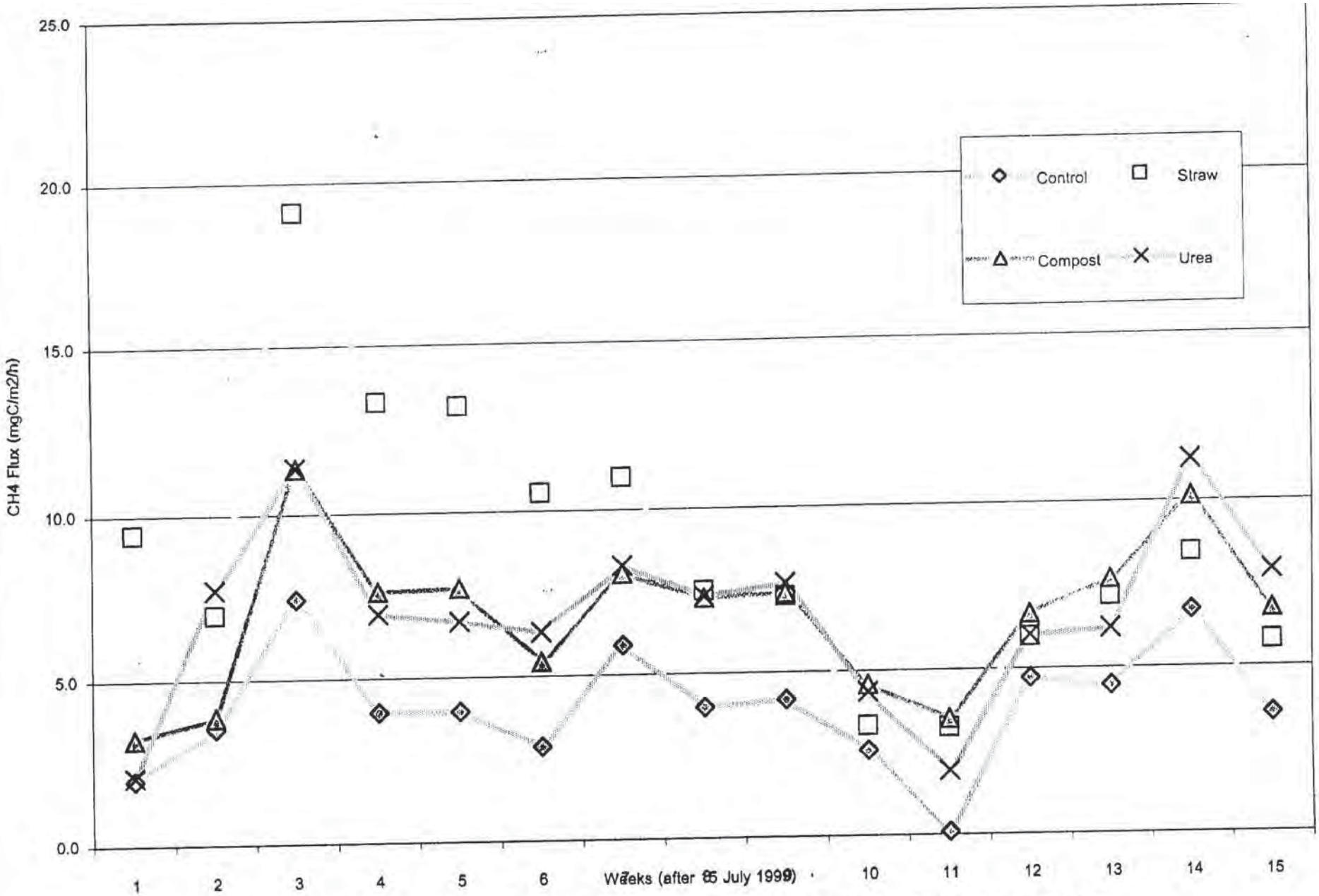
- และเมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ ปริมาณสะสมการปลดปล่อยมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าว (comulative seasonal emission) นับตั้งแต่วันปักดำจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (99 วัน) ปรากฏว่าปริมาณสะสมการปลดปล่อยมีเทนตลอดฤดูปลูกรวมทั้งสิ้นจากตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลย เท่ากับ 49.8, 29.6, 30.7 และ 16.8 กก.คาร์บอน/ตร.ม./ไร่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ปริมาณผลผลิตและปริมาณการปลดปล่อยมีเทน (ต่อ)

- เมื่อนำค่า CH_4 flux ที่วัดได้ทุกระยะเวลาเก็บตัวอย่างของแต่ละระยะเวลาการวางกล่องเก็บก๊าซ มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซเฉลี่ยของตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และไม่ใส่อะไรเลยเท่ากับ 13.2, 7.8, 8.1 และ 4.4 มก.คาร์บอน/ตร.ม./ชม. ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

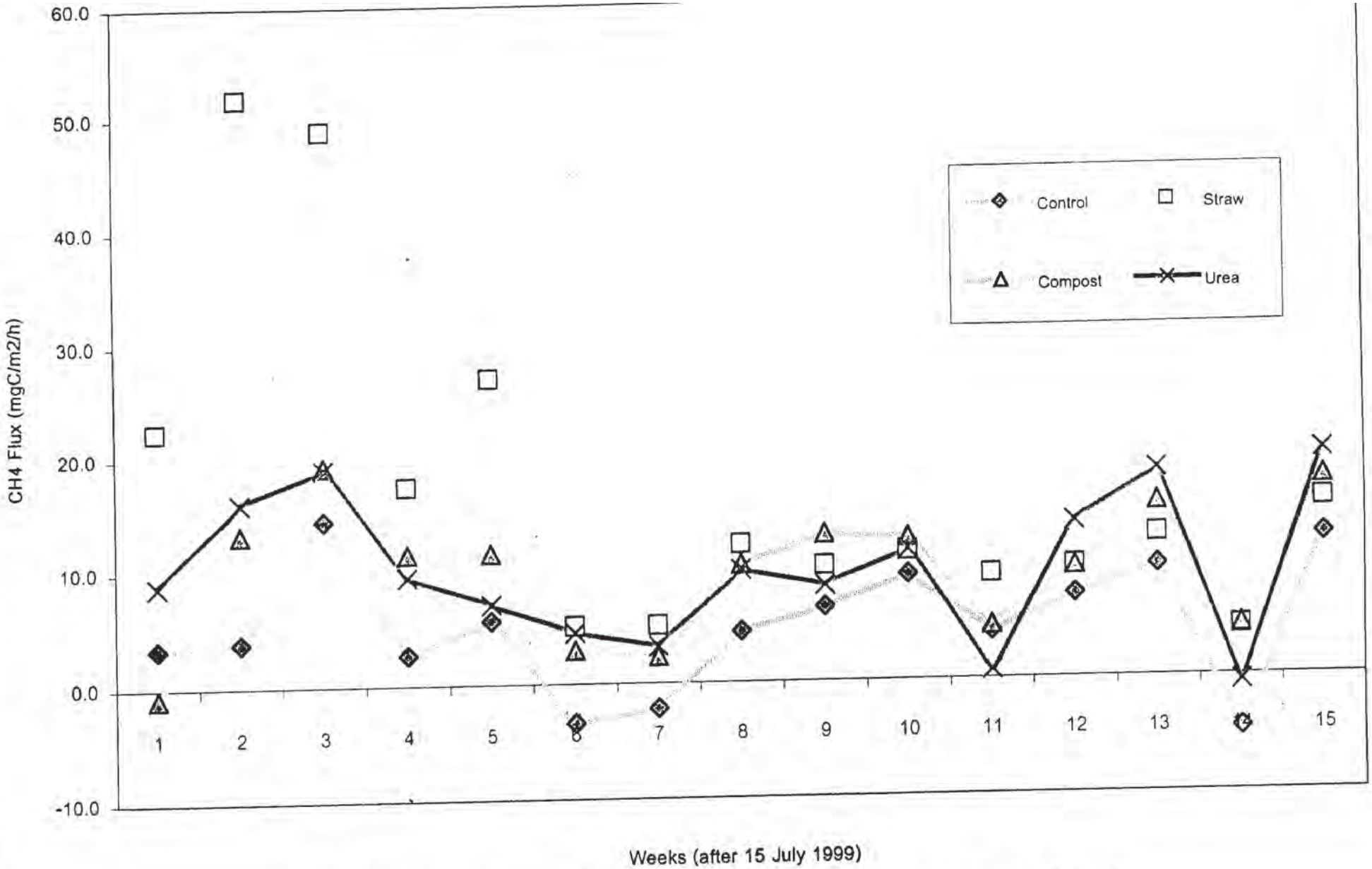
ตารางที่ 1 ผลผลิตข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 และ ปริมาณมีเทน (CH_4) ในฤดูฝนปี พ.ศ. 2542

ตำรับการทดลอง	ผลผลิต กก./ไร่	ปริมาณมีเทน	
		ปริมาณเฉลี่ย มก.คาร์บอน/$ม^2$/ชม.	ปริมาณสะสม (99 วัน) กก.คาร์บอน/ไร่
ไม่ใส่อะไรเลย	772.8	4.4	16.8
ใส่ฟางข้าวสับ	795.2	13.2	49.8
ใส่ปุยหมัก	846.4	7.8	29.6
ใส่ปุยยูเรีย	956.8	8.1	30.7



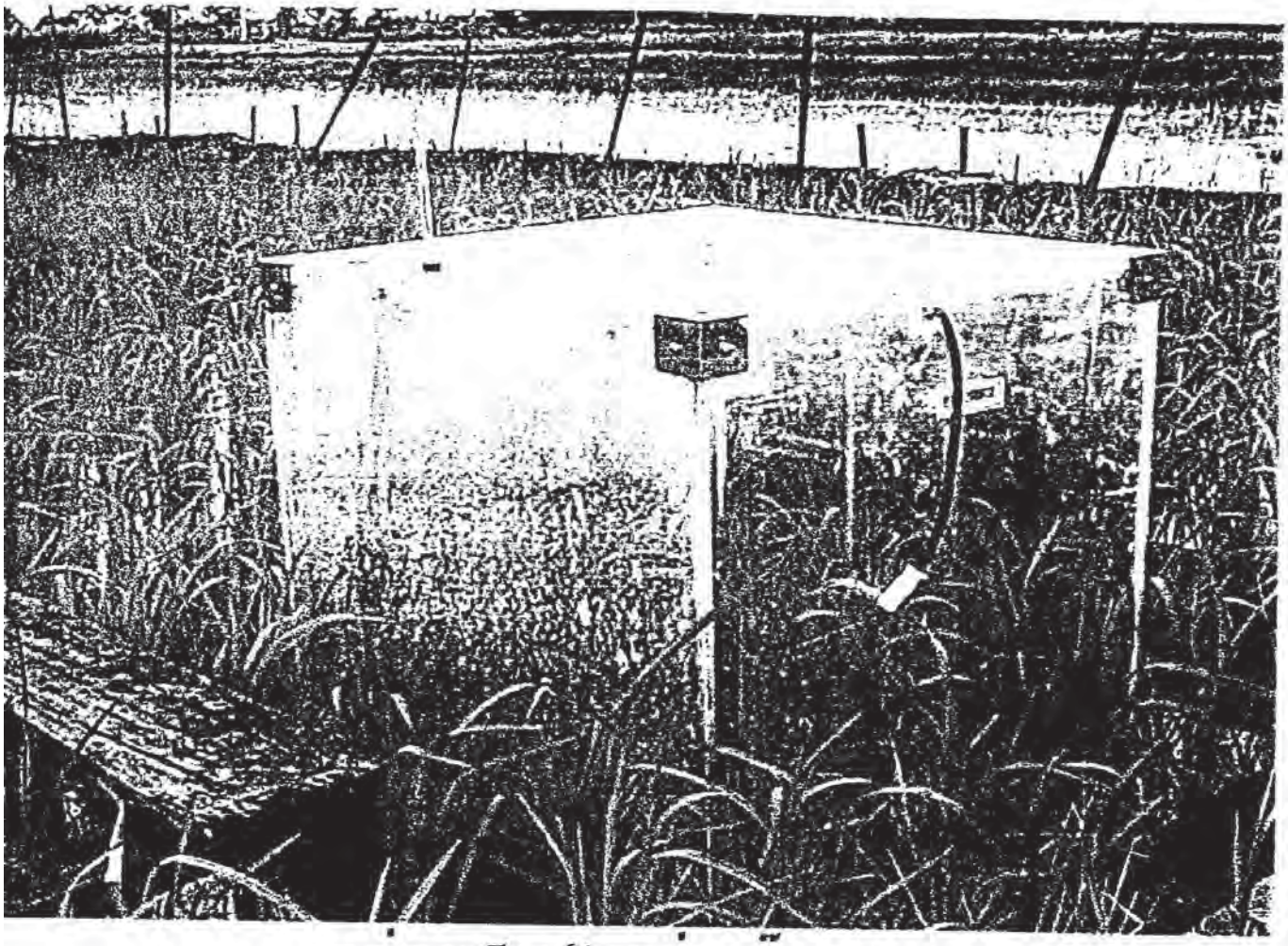
Effect of rice straw, compost, and urea on CH4 emission from flooded rice field plots.

(16 hour chamber coverage)



Effect of rice straw, compost, and urea on CH4 emission from flooded rice field plots

(4 hour chamber coverage)



กล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ