ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. วิธีการเก็บปริมาณก๊าซมีเทนในต้นข้าว

วิธีการดูดก๊าซมีเทนจากปล้องข้าวทำตามขั้นตอน ดังนี้

1. การเลือกตำแหน่งปล้องข้าว ให้ใช้ปล้องข้าวของต้นหลัก (main stem) ของข้าว ซึ่งสังเกตได้ว่าต้นหลักของข้าวมักจะมีความสูงของต้นในกอสูงสุด และมีการพัฒนารวงที่เร็วกว่ารวงจากหน่อในกอเดียวกัน หลังจากระบุต้นหลักข้าวได้แล้ว จึงกำหนดให้ดูดก๊าซมีเทนจากปล้อง โดยกำหนดลำดับปล้องที่ นับจากคอรวงลงมา

2. การเตรียมกระบอกฉีดยาเพื่อดูดก๊าซมีเทน

2.1 ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มล. และเข็มฉีดยาเบอร์ 24 G (ยาว 1.5 นิ้ว ขนาด 0.55x40 มม.)

2.2 ให้ใส่เข็มฉีดยาที่กำหนดเข้ากับกระบอกฉีดให้แน่นสนิท

2.3 ชักก้านสูบในกระบอกฉีดเข้าออก 3-4 ครั้ง เพื่อทดสอบการทำงานและไล่อากาศภายใน

3. การดูดก๊าซมีเทนจากปล้องด้วยกระบอกฉีดยา

3.1 ดึงก้านสูบกระบอกฉีดยาถอยหลัง เพื่อให้อากาศเข้าในกระบอกประมาณ 0.2 มล.

3.2 ใช้เข็มเจาะผนังปล้องของต้นข้าวในแนวทะแยงมุม จนเข็มฉีดอยู่ในช่องว่างของปล้อง

3.3 ดันก้านสูบเข้าจนสุดเพื่อไล่อากาศภายในหลอดและเศษพืชและน้ำที่ติดในเข็มออกไป

3.4 หลังจากนั้นค่อยๆ ดึงก้านสูบ เพื่อดูดก๊าซภายในปล้องเข้ามาในกระบอกช้าๆ จนเต็มกระบอก แล้วค้างไว้ประมาณ 2-3 วินาที เพื่อให้ก๊าซเข้ามาจนเต็ม จากนั้นจึงปล่อยก้านสูบให้ค้างไว้

ในกรณีที่ปล่อยก้านสูบแล้วพบว่าก้านสูบถูกดูดกลับ อาจเกิดจากก๊าซไล่เข้าไม่พอ ให้รอสัก 2-3 วินาทีจึงดูดก๊าซเข้ามาเติมใหม่ แต่ถ้ายังไม่สามารถเก็บก๊าซได้เต็ม แสดงว่าเข็มตันหรือปล้องมีก๊าซไม่เพียงพอ ให้ดึงเข็มออก แล้วล้างอากาศในกระบอกโดยการชักก้านสูบเข้าออก 3-4 ครั้ง แล้วกลับไปเริ่มทำตั้งแต่ข้อ 3.1 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5 เมื่อได้ก๊าซจนเต็มในกระบอกฉีดยาแล้ว ให้ลดก๊าซออกจากกระบอกจนเหลือ 7 มล.

3.6 หลังจากนั้นจึงถ่ายก๊าซในกระบอกเข้าในหลอดสูญญากาศโดยฉีดก๊าซจากกระบอกข้อ 3.5 เข้าไปในหลอด จะสังเกตได้ว่า ถ้าภายในหลอดเป็นสูญญากาศจริง ก๊าซในกระบอกจะไหลเข้าในหลอดทันที ก้านสูบจะเคลื่อนลงไปเองโดยไม่ต้องใช้แรงดันก้าน และปลายก้านสูบจะหยุดที่ประมาณ 5-6 มล. หลังจากนั้นจึงต้องใช้แรงดันก้านสูบเข้าในหลอดจนหมดกระบอก (7 มล.)

ในกรณีที่มีแรงดันกลับจากหลอด แสดงว่าหลอดเก็บก๊าซไม่เป็นสูญญากาศ ให้ดำเนินการดูดก๊าซจากปล้องใหม่ตั้งแต่ข้อ 3.1 อีกครั้งหนึ่งโดยใช้หลอดใหม่

ข้อปฏิบัติอื่นๆ ในการดูดก๊าซมีเทนจากปล้อง

1. ให้เปลี่ยนเข็มฉีดใหม่ทุกครั้งเมื่อใช้ไปแล้วประมาณ 5 ครั้ง หรือเมื่อเปลี่ยนเงื่อนไขของการศึกษา

2. กระบอกฉีดยาที่ใช้แล้ว ให้ล้างก๊าซออก โดยชักก้านสูบเข้าออก 4-5 ครั้งในสภาพอากาศถ่ายเทได้สะดวก แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อย่างไรก็ตามควรเปลี่ยนใหม่ทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนเงื่อนไขการศึกษา

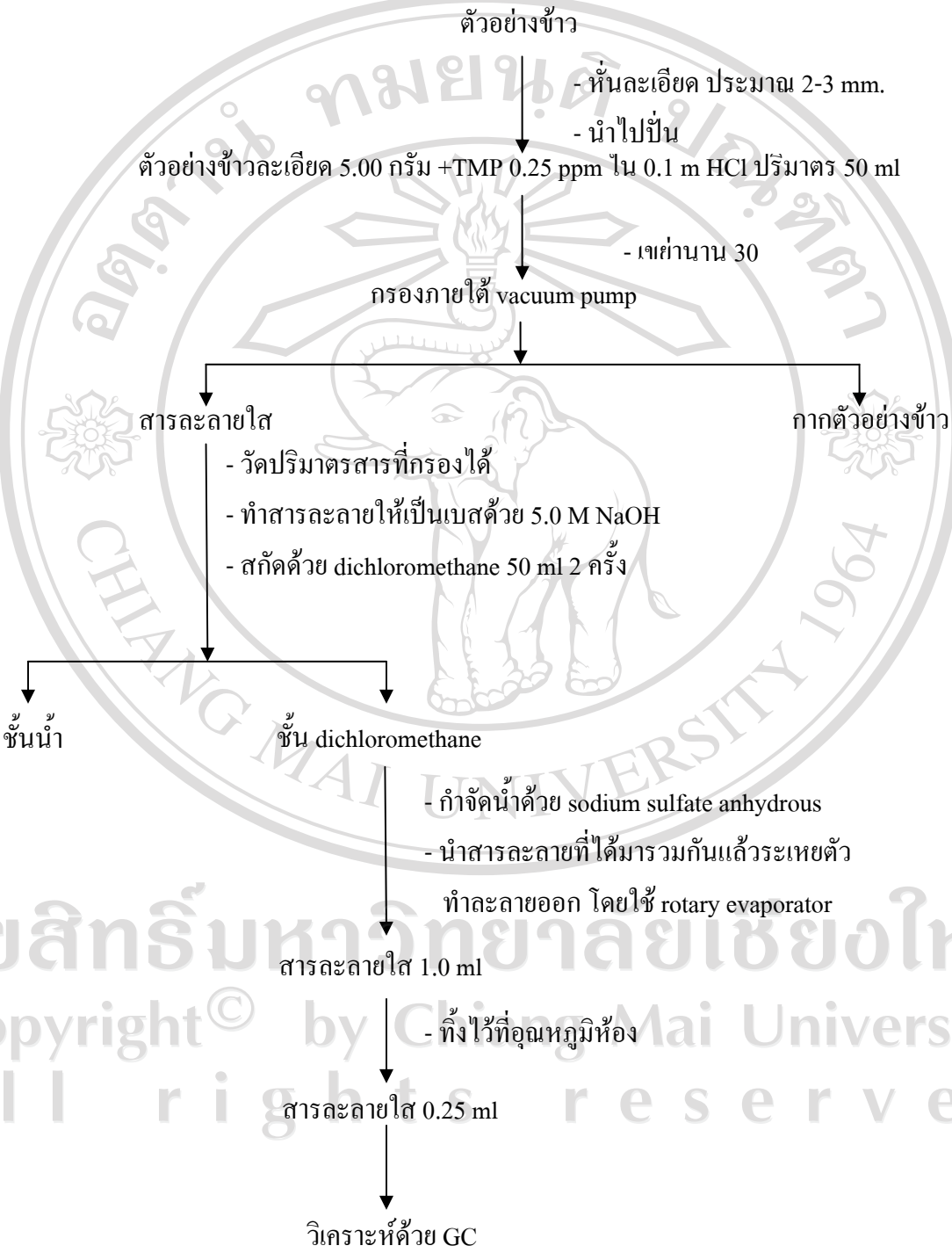
3. ห้ามทิ้งหลอดแก้วที่เก็บก๊าซไว้แล้วไว้กลางแดด หรือที่มีอุณหภูมิสูง จะต้องเก็บไว้ในภาชนะที่อุณหภูมิต่ำ (หรือไม่เกิน 25 ^{o}ซ) เพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซภายในขยายตัวดันฝาหลอดเปิด

4. การแทงเข็มลงในหลอดเก็บก๊าซ ให้แทงเข็มลงตรงกลาง septum ที่ฝาหลอด โดยใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางช่วยประคองเข็มไว้ในขณะที่แทงเข็ม เพื่อป้องกันไม่ได้ตัวเข็มงอ และควรเปลี่ยนเข็มใหม่ทุกๆ 5 หลอดที่เก็บก๊าซ

5. อุปกรณ์ทุกชิ้นที่ใช้ ได้แก่ เข็มฉีดยา กระบอกฉีดยา และหลอดเก็บก๊าซ ต้องเก็บไว้ในที่สะอาด และสภาพอากาศไม่ร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ปริมาณสารหอม 2-อะเซติล-1-พิวโรลิน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography

ใช้เครื่อง Gas Chromatography, SHIMAZU GC-14A, Detector: FID, N_2 carrier gas. **Column**: Parapak N 80/100 mesh, SUS packed column (4 mm OD x 3 mm ID x 1 M long)

Condition: Flow Rate 55 ml/min, Column Temp.100^{o}C, Injector Temp.110^{o}C, Detector Temp120 ^{o}C

Standard methane gas: METHANE (Scotty C II Analyzed gas: Pure methane 99%) Contain 14 liter 240 psig (165 bar), 21 ^{o}C, 0.2 kg net wt. Rs = 0.442(20 Su) (0.3-0.45)

การฉีดตัวอย่างก๊าซ และก๊าซมีเทนมาตรฐาน ใช้ครั้งละ 0.5 ml สำหรับการทำกราฟมาตรฐานของ Standard Methane

Standard conc.(ppm)	$8^{-1}x10^{6}$	$8^{-2}10^{6}$	$8^{-3}10^{6}$	$8^{-4}10^{6}$	$8^{-5}10^{6}$	$8^{-6}10^{6}$	$8^{-7}10^{6}$
Peak area	1085626	100099	10932	1705	748	No peak	No peak

2. การวิเคราะห์หาอินทรียวัตถุ

สารเคมีและน้ำยา

1. Potassium Dichromate Solution ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (อบที่ 105°C) 49.04 กรัม ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรทั้งหมด 1 ลิตร

2. Conc. Sulfuric acid

3. Ferrous sulfate ($FeSO_4$) 0.5 N : ใช้ $Fe(NH_4)_2(SO_4)6H_2O$ 196.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เติม H_2SO_4 เข้มข้น 15 ซีซี ทำให้เย็นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. O-Phenanthroline Ferrous Sulfate Indicator (0.0.25 M) เตรียมโดยละลาย 4-1O, Phenanthroline 1.48 กรัม และ Ferrous Sulfate ($FeSO_47H_2O$) 0.70 กรัม ในน้ำกลั่นจนมีปริมาณ 100 ซีซี.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดินซึ่งได้บดไว้อย่างละเอียด (ผ่านตะแกรง 0.5 มม.) 0.5-2 กรัม ทั้งนี้แล้วแต่ดินตัวอย่างจะมีอินทรียวัตถุมากหรือน้อย ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 ซีซี. เติมน้ำยา Dichromate 1 N ลงไป 5 ซีซี. โดยใช้ไปเปต ต่อจากนั้นให้รินกรดซัลฟูริคเข้มข้นลงไป 10 ซีซี. โดยเร็ว แกว่ง Flask ไปรอบๆ เบาๆ เพื่อให้น้ำยากับดินเข้ากันประมาณ 1-2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยากันเป็นเวลา 30 นาที

เติมน้ำกลั่นลงไป 15 ซีซี. และหยด Indicator (O-Phenantholine) ลงไป 3 หยด ไตเตรท Soil Suspension ด้วยน้ำยา Ferrous Sulfate จนกระทั่งสีของ Suspension เปลี่ยนจากเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง ถ้าไตเตรทด้วย Ferrous Sulfate มากเกินไป ให้เติมน้ำยา Dichromate ลงไป 0.5-1.0 ซีซี. แล้วไตเตรทด้วย Ferrous sulfate อีกครั้งหนึ่ง End Point คือที่จุด Indicator เริ่มเปลี่ยนจากเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง

จดปริมาณน้ำยา Dichromate และ Ferrous Sulfate ที่ใช้ วิธีนี้จำเป็นต้องทำ Blank และจดปริมาณของ Dichromate และ Ferrous Sulfate ไว้คำนวณ Normality ที่แท้จริงของ Ferrous Sulfate แล้วจึงคำนวณหาปริมาณของ Dichromate ที่ถูก Reduced โดยดินตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\% \text{ Organic carbon (OC)} = \frac{(\text{me } K_2Cr_2O_7 - \text{me } FeSO_4) \times 0.003 \times 100 \times 1.33}{\text{Weight of sample in grams}}$$

% อินทียวัตถุ (OM) = % Organic carbon x 1.72

3. การหา Texture ดิน

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งดิน 50 กรัม (ดินเนื้อหยาบ) ใส่น้ำ 200 มล.
2. เติมสารละลาย Calgon 5% ลงไป 10 มล. คนแล้วแช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง หรือ 1 คืน ถ้าเป็นดินเหนียวมากๆ
3. นำไปปั่นให้เข้ากันเทใส่ในถ้วยแล้วล้างเศษดินในบีกเกอร์ออกให้หมด เติมน้ำ 3/4 กระบอกปั่น (ปั่น 15 นาที)
4. เมื่อปั่นเสร็จแล้วเทใส่กระบอกตวงขนาด 1,000 มล. เติมน้ำจนมีปริมาตรครบ 1,000 มล.
5. ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เมื่อครบกำหนด นำไปวิเคราะห์หา Texture

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์

1. เตรียม blank โดยใช้ calgon 10 มล. ใส่ในกระบอกตวง 1,000 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล.
2. วัดอุณหภูมิของ blank และใช้ไฮโดรมิเตอร์วัด บันทึกค่าที่อ่านได้
3. วัดอุณหภูมิของดินและวัดเนื้อดิน โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์วัด (ก่อนวัดต้องคนเนื้อดินให้เข้ากันก่อน) การวัดทำโดยค่อยๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ (เมื่อเวลาผ่านไป 20-30 วินาที) อ่านค่าเมื่อเวลา 40 วินาที
4. วัดเสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ 7 ชั่วโมง 7 นาที (ห้ามกระเทือน) เมื่อครบกำหนดทำการวัดเหมือนข้อ 2,3 อีกครั้งหนึ่ง (ไม่ต้องคน)
5. ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นทำซ้ำใหม่ จับเวลาเมื่อเริ่มทำทุกครั้ง

การคำนวณ

อ่านค่าไฮโดรมิเตอร์ ค่าอ่านครั้งแรก = ช่อง Sand

อ่านครั้งที่สอง = ช่อง Clay

อุณหภูมิต้องเป็น F°

$C = 0.2(T-t)$

T = อุณหภูมิของสารแขวนลอย

t = อุณหภูมิที่ถูกต้องของไฮโดรมิเตอร์ (68°F)

ค่าแก้ไข = (ค่าอ่านไฮโดรมิเตอร์ + C) – (ค่าอ่าน calgon)

% สารแขวนลอย = ค่าแก้ไข x 2 (ตัวอย่าง 50 กรัม)

= ค่าแก้ไข x 1 (ตัวอย่าง 100 กรัม)

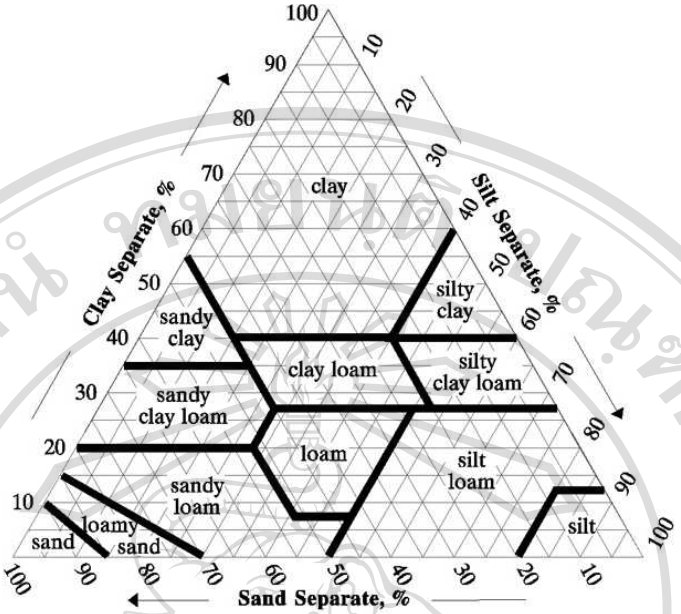
% อนุภาค

Sand = 100- %สารแขวนลอยช่อง Sand

Silt = % ในสารแขวนลอยช่อง Sand - % ในสารแขวนลอยช่อง Clay

Clay = % สารแขวนลอยช่อง Clay

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Soil Texture Triangle

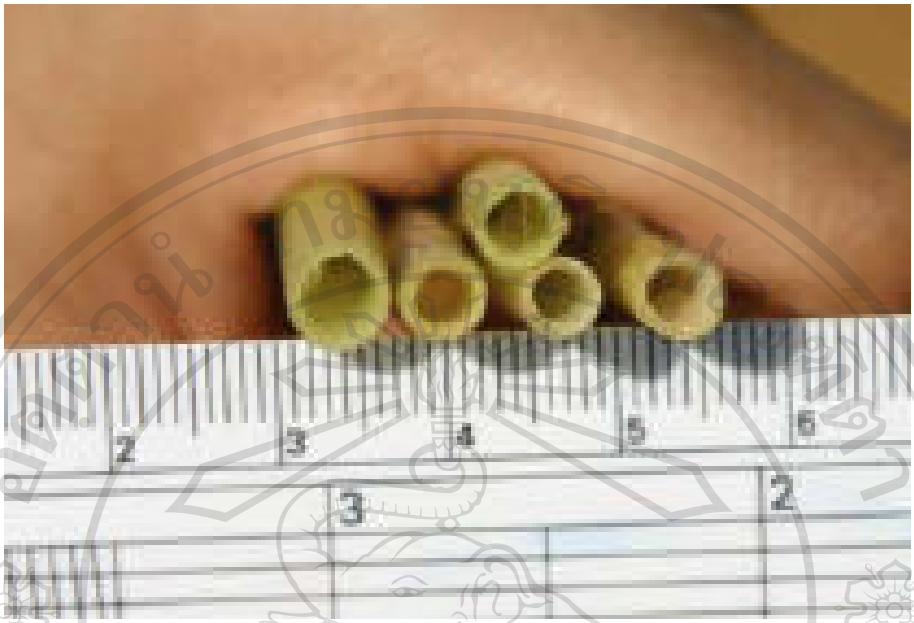
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

พื้นที่และเครื่องมือในการทดลอง

ภาพภาคผนวก 1 สภาพแปลงเกษตรกรที่ทำการเก็บตัวอย่าง ในจังหวัดสุรินทร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพภาคผนวก 2 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางปล้องข้าว ของตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่ในจังหวัดสุรินทร์

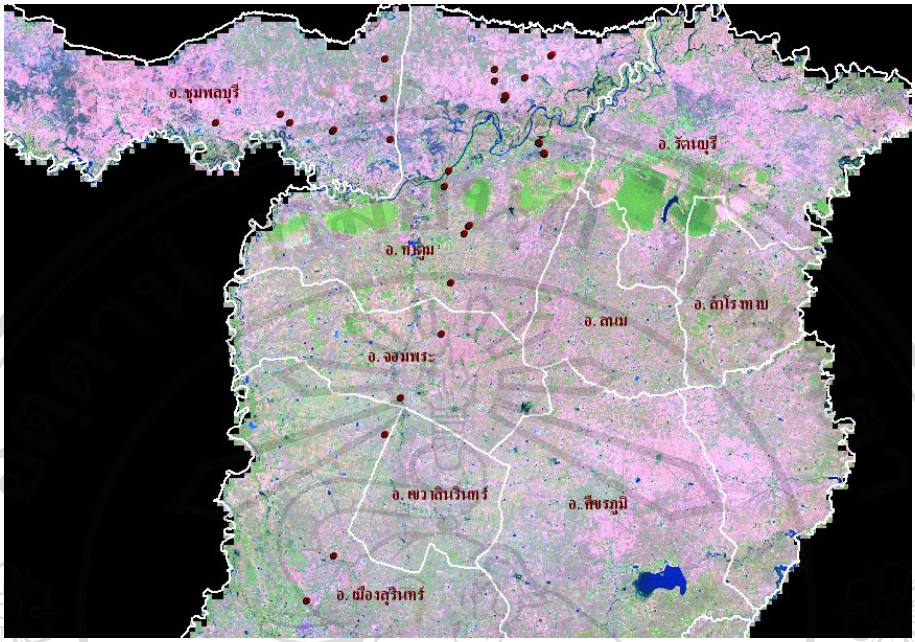
ภาพภาคผนวก 3 ตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงเกษตรในจังหวัดสุรินทร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

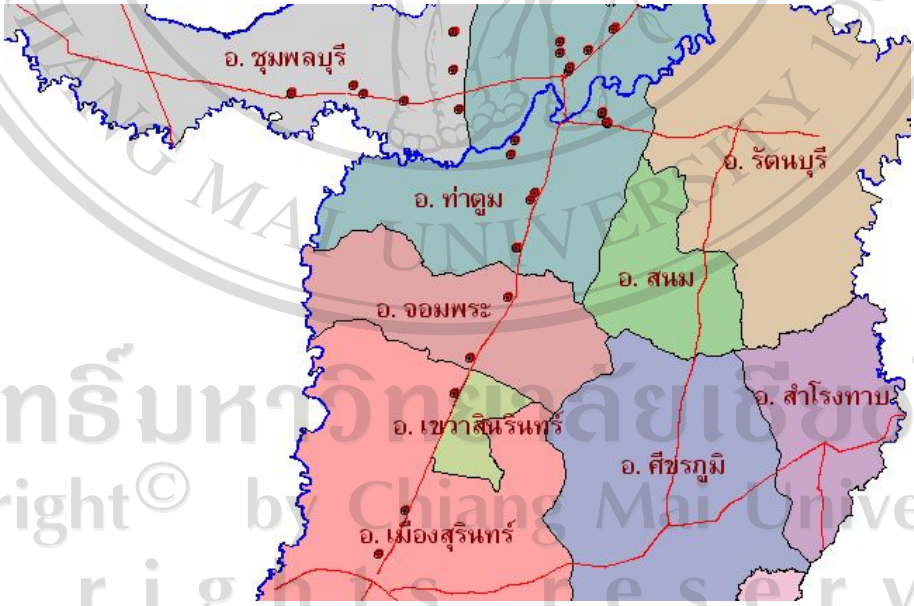
ภาพภาคผนวก 4 เครื่อง Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหาร

ภาพภาคผนวก 5 เครื่อง Nitrogen Analyzer ที่ใช้ในการะห์ไนโตรเจน (N) ในต้นข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพภาคผนวก 6 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดที่เก็บตัวอย่างของพื้นที่ในจังหวัดสุรินทร์



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพภาคผนวก 7 แผนที่แสดงเส้นถนนตามจุดที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์

ภาคผนวก ค

ตัวแปรจากงานทดลอง

ตารางภาคผนวก 1 ปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ภายใต้การปลูกแบบปักดำ

จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (nmol)							
	แตกกอ	กำเนิดช่อดอก	ตั้งท้อง	ออกรวง	น้ำนม	แป้งอ่อน	แป้งแข็ง	สุกแก่ทางสรีระ
1	1227.04	4479.06	57.09	549.15	3970.41	745.19	4645.83	22.73
2	13.43	1327.89	73.96	499.87	3618.45	1194.57	701.76	36.90
3	213.48	3376.63	63.23	5760.82	1380.79	5244.08	7070.52	42.69
4	146.24	7230.00	125.88	391.62	4187.44	3410.02	3040.62	26.00
5	52.33	1975.77	446.40	3581.56	2839.71	3759.23	M	50.89
6	48.20	1570.51	334.30	507.96	4125.83	M	4463.22	49.63

ตารางภาคผนวก 2 ปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ภายใต้การปลูกแบบหว่าน

จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (nmol)		
	ออกรวง	น้ำนม	แป้งอ่อน
1	8.9574	1.72878	1.44193
2	1.4993	0	0
3	22.43935	1.90089	0
4	9.5311	0	3.33514
5	16.9892	10.90798	0
6	10.44902	7.52315	7.58052

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 3 สถานที่เก็บตัวอย่างข้าวแปลงเกษตรกรในจังหวัดสุรินทร์

จุดที่	พิกัด X	พิกัด Y	เจ้าของแปลง	เขตทุ่งกุลาร้องไห้	อำเภอ	ชนิดนา
1	337169	1697666	นายเสริม คำนึงสุข	ในเขต	ชุมพลบุรี	หว่าน
2	341591	1696878	นายจุน สร้อยเสน	ในเขต	ชุมพลบุรี	ดำ
3	341630	1696905	นายจุน สร้อยเสน	ในเขต	ชุมพลบุรี	หว่าน
4	347427	1696022	นายเพีย สิตาม	ในเขต	ชุมพลบุรี	หว่าน
5	346872	1700192	สุทารัตน์ จรัญภูมิ	ในเขต	ชุมพลบุรี	หว่าน
6	346949	1704274	สมศรี คานทอง	ในเขต	ชุมพลบุรี	ดำ
7	346896	1704278	สุนีย์	ในเขต	ชุมพลบุรี	หว่าน
8	358232	1703204	นายจิน	ในเขต	ท่าตูม	หว่าน
9	358208	1702025	สมควร สลักอินทร์	ในเขต	ท่าตูม	หว่าน
10	361340	1702264	สุธี ศรีรางัก	ในเขต	ท่าตูม	หว่าน
11	364060	1704677	ไม่ระบุชื่อ	ในเขต	ท่าตูม	หว่าน
12	355488	1687082	ศรีกานดา สีพายัพ	นอกเขต	ท่าตูม	ดำ
13	352728	1676034	นวมินทร์ พรหมบุตร	นอกเขต	จอมพระ	ดำ
14	362762	1695512	จำศรี จงใจรัก	นอกเขต	ท่าตูม	ดำ
15	362751	1695621	นายพล	นอกเขต	ท่าตูม	หว่าน
16	353460	1692716	นายรักษ์ เอ็นดู	นอกเขต	ท่าตูม	หว่าน
17	353019	1691200	นายนาก ผลโพธิ์	นอกเขต	ท่าตูม	หว่าน
18	355132	1686345	ผู้ใหญ่ไสว สงนวน	นอกเขต	ท่าตูม	หว่าน
19	348587	1669491	นายเมธา ทองแม้น	นอกเขต	จอมพระ	ดำ
20	348591	1669491	นายเมธา ทองแม้น	นอกเขต	จอมพระ	หว่าน
21	346943	1665730	ประสิทธิ์ รุ่งเรือง	นอกเขต	เมือง	ดำ
22	341723	1653336	นายบุญช่วย กกรำ	นอกเขต	เมือง	หว่าน
23	338873	1648701	วรินทร	นอกเขต	เมือง	ดำ
24	338878	1648707	วรินทร	นอกเขต	เมือง	ดำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 4 ข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวของจุดที่เก็บตัวอย่าง

จุดที่	ชุดดิน	ลักษณะดิน	% อนุภาค			%OM	pH	Temp	ปริมาณคลอโรฟิลล์
			sand	silt	clay				
1	59	Sand	96.36	0.03	3.61	0.66	4.47	30.5	41.52
2	6	Sand	96.38	0.02	3.60	1.19	4.39	30.5	39.46
3	6	Sand	96.37	0.03	3.60	0.76	3.72	30.5	27.48
4	35	Sand	97.81	0.03	2.16	0.33	6.66	30.0	27.96
5	n/a	Sand	97.81	0.02	2.17	1.33	5.13	36.0	32.32
6	6	Sand	96.38	0.02	3.60	0.35	5.17	36.0	36.97
7	6	Sand	97.82	0.02	2.16	0.52	5.50	36.0	34.19
8	59	Sand	97.07	0.04	2.89	1.42	4.22	36.0	22.73
9	59	Sand	97.07	0.04	2.89	1.21	4.55	36.0	28.92
10	n/a	Sand	97.80	0.04	2.16	1.40	3.89	31.0	33.04
11	n/a	Sand	97.08	0.03	2.89	0.74	4.05	31.0	28.48
12	n/a	Sand	96.37	0.03	3.60	0.41	4.16	32.0	39.75
13	41/41b	Sand	97.10	0.02	2.88	0.39	3.89	37.0	29.63
14	41b	Sand	96.38	0.02	3.61	0.31	3.74	31.0	33.57
15	41b	Sand	96.37	0.02	3.60	0.46	4.97	31.0	35.92
16	59	Sand	97.09	0.02	2.89	0.48	5.58	30.0	29.92
17	n/s	Sand	97.10	0.01	2.88	0.50	4.71	31.0	27.62
18	41b	Sand	96.36	0.04	3.60	0.43	3.99	33.0	25.61
19	n/a	Sand	97.80	0.04	2.17	1.08	5.14	36.0	32.13
20	n/a	Sand	97.80	0.04	2.16	1.08	5.23	35.0	36.44
21	40/40b	Sand	97.08	0.04	2.89	0.46	4.51	35.0	35.63
22	22	Sand	97.80	0.03	2.17	1.06	4.80	28.0	35.77
23	n/a	Sand	97.09	0.03	2.89	0.76	4.35	27.0	40.09
24	n/a	Sand	97.08	0.03	2.89	0.76	4.35	27.0	37.83

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 5 ข้อมูลปริมาณสารหอม 2AP ปริมาณก๊าซมีเทน เส้นผ่านศูนย์กลางปล้องข้าว ความยาวปล้องข้าว และปริมาตรปล้องข้าว ของแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่าง

จุดที่	ปริมาณสารหอม 2AP (ppm)	ปริมาณก๊าซมีเทน (nmol)	เส้นผ่านศูนย์กลางปล้องข้าว (cm)	ความยาวปล้องข้าว (cm)	ปริมาตรปล้องข้าว (cm^3)
1	2.251	3277.40	0.70	9.85	3.78
2	1.907	4076.80	0.63	7.38	2.26
3	1.694	2466.30	0.48	8.20	1.45
4	1.752	1905.90	0.53	4.63	0.98
5	1.274	11881.00	0.73	5.95	2.45
6	2.317	66.95	0.50	8.50	1.73
7	1.855	957.51	0.43	10.95	1.49
8	2.085	0.89	0.49	7.25	1.40
9	1.943	3346.40	0.53	6.25	1.26
10	1.877	83.16	0.50	7.13	1.40
11	1.765	11945.00	0.51	4.88	1.00
12	1.675	0.81	0.45	8.63	1.31
13	1.747	11.74	0.36	13.38	1.39
14	1.736	1.83	0.56	11.88	2.93
15	1.504	3.59	0.44	8.88	1.39
16	1.715	6649.10	0.49	5.00	0.95
17	1.477	2972.70	0.53	7.00	1.49
18	1.848	609.74	0.49	8.00	1.52
19	1.589	23.82	0.51	11.75	2.45
20	1.734	64.41	0.40	10.38	1.30
21	1.929	126.92	0.45	11.50	1.89
22	1.614	7061.10	0.51	12.63	2.61
23	1.933	211.36	0.53	11.75	2.62
24	2.212	250.11	0.50	11.63	2.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 6 ปริมาณธาตุอาหารในดินของจุดที่เก็บตัวอย่างแต่ละจุด

จุดที่	ธาตุอาหารในดิน								
	Na (%)	Mg (%)	K (%)	P (%)	Mn (mg/kg)	Fe (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ca (mg/kg)
1	2.49	26.76	152.73	<0.005	50.34	0.76	2.82	<0.005	327.32
2	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	10.34	0.28	1.48	<0.005	44.13
3	0.07	<0.005	496.70	<0.005	9.32	0.22	1.54	<0.005	95.72
4	7.74	<0.005	496.70	<0.005	25.28	0.39	2.95	<0.005	298
5	148.81	<0.005	162.98	<0.005	7.08	0.80	6.43	<0.005	148.81
6	0.75	<0.005	40.99	<0.005	6.82	0.22	2.24	<0.005	105.66
7	0.40	<0.005	25.14	<0.005	33.16	0.24	1.14	<0.005	79.09
8	0.68	<0.005	46.43	<0.005	7.57	0.42	5.25	<0.005	48.21
9	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	19.41	0.41	4.07	<0.005	<.005
10	0.32	<0.005	25.94	<0.005	12.41	0.64	3.20	<0.005	147.69
11	1.19	<0.005	118.39	<0.005	10.76	0.92	2.69	<0.005	186.55
12	<0.005	127.540	<0.005	<0.005	162.12	0.58	5.98	<0.005	260.41
13	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	7.67	0.31	0.29	<0.005	84.9
14	<0.005	36.650	<0.005	<0.005	43.21	0.59	5.13	<0.005	183.78
15	0.11	<0.005	6.75	<0.005	168.68	0.36	3.02	<0.005	630.2
16	1.11	296.620	69.65	<0.005	186.50	0.90	7.42	<0.005	1044.69
17	0.47	83.960	24.42	<0.005	17.36	0.45	4.89	<0.005	93.29
18	<0.005	42.050	<0.005	<0.005	150.94	0.53	2.26	<0.005	283.72
19	0.33	221.420	23.98	<0.005	118.32	0.74	4.06	<0.005	1054.2
20	0.43	182.300	28.33	<0.005	146.08	0.63	4.67	<0.005	930.91
21	0.03	60.720	1.78	<0.005	37.66	0.74	1.83	<0.005	415.51
22	<0.005	113.050	<0.005	<0.005	61.94	0.52	3.45	<0.005	401.8
23	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	39.07	0.37	1.04	<0.005	307.92
24	10.93	32.610	10.93	<0.005	53.51	0.49	2.43	<0.005	528.51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 7 ปริมาณธาตุอาหารในต้นข้าวของจุดที่เก็บตัวอย่างแต่ละจุด

จุดที่	ธาตุอาหารในต้นข้าว								
	Total N (%)	Na (%)	Mg (%)	K (%)	P (%)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1	4.98	0.101	0.045	0.803	0.228	442.1	220.8	2.36	2.90
2	4.05	0.220	0.067	1.059	0.222	144.7	175.1	9.04	6.58
3	4.09	0.153	0.036	0.754	0.253	116.6	149.6	7.48	1.55
4	3.38	0.144	0.044	0.642	0.271	178.9	75.0	8.77	4.62
5	4.01	0.096	.0.040	0.811	0.168	77.9	98.8	2.91	5.09
6	4.25	0.151	0.103	0.830	0.238	485.3	69.2	6.59	6.09
7	5.97	0.137	0.059	0.811	0.209	308.9	60.1	3.80	13.06
8	4.14	0.105	0.029	0.744	0.189	95.8	120.0	8.39	6.09
9	3.79	0.110	0.031	0.773	0.215	57.7	123.3	4.53	10.24
10	3.77	0.099	0.044	0.975	0.188	264.9	166.7	7.61	11.83
11	4.47	0.137	0.040	0.731	0.195	100.0	174.8	7.28	6.67
12	4.53	0.170	0.092	0.885	0.215	618.9	103.6	9.18	5.03
13	4.58	0.138	0.093	0.809	0.247	605.8	65.8	13.28	4.28
14	4.01	0.081	0.064	0.688	0.160	708.9	85.2	8.60	5.54
15	4.59	0.113	0.039	0.764	0.246	543.6	140.5	6.29	8.31
16	3.91	0.114	0.074	0.691	0.184	176.4	56.1	8.08	5.33
17	4.45	0.136	0.089	0.656	0.216	108.9	56.4	4.90	n/a
18	4.00	0.112	0.069	0.680	0.182	346.7	50.6	10.23	5.37
19	2.95	0.132	0.063	0.833	0.194	380.0	105.5	5.11	1.64
20	3.86	0.165	0.153	1.223	0.132	963.6	130.9	11.35	26.22
21	5.34	0.110	0.037	0.749	0.198	304.2	90.8	0.58	n/a
22	4.00	0.119	0.058	0.768	0.198	208.7	39.8	4.49	1.37
23	4.38	0.240	0.081	1.058	0.169	524.6	51.4	5.80	6.91
24	2.26	0.127	0.083	1.203	0.166	316.6	48.5	10.42	62.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมีเทนในสภาพแวดล้อมต่างๆ ตามเวลาในรอบวัน

เวลา	ปริมาณก๊าซมีเทน (ppm)				
	นาหว่านดินน้ำขัง	นาหว่านดินแห้ง	นาดำดินน้ำขัง	นาดำดินแห้ง	นาดำดินหมาด
8.00	1881.31	589.85	7639.86	27.21	301.77
9.00	1686.48	2119.79	10948.08	126.14	253.76
10.00	1982.96	93.15	11028.73	35.36	2292.71
11.00	4166.82	149.04	12227.34	106.24	2389.98
12.00	3726.69	116.77	6317.23	60.44	131.03
13.00	2446.99	83.80	8212.65	4.56	83.05
14.00	6311.61	12.53	15915.82	44.55	84.38
15.00	6702.07	99.86	6036.23	0.00	46.99
16.00	3463.71	438.56	8025.94	13.00	2096.36
17.00	4926.44	8.84	12895.79	0.00	603.51

ตารางภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับธาตุเหล็กในต้นข้าวโดยใช้ Nonlinear Model (Logistic 3-P)

Nonlinear Regression

MODEL: Methane = a/(1+Exp(b-c*P_Fe))

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	47438	1.037E+07	-2.533E+07	2.543E+07
b	13.266	190.64	-453.22	479.75
c	0.0623	0.2785	-0.6193	0.7438

Convergence criterion **NOT MET** after 100 iterations.

Residual SS (SSE)	124028
Residual MS (MSE)	20671
Standard Deviation	143.78
Degrees of Freedom	6
AICc	103.78

Parameter Correlations

	a	b	c
a	1.0000		
b	0.9998	1.0000	
c	-0.9964	-0.9943	1.0000

Cases Included 9 Missing Cases 0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับธาตุแมงกานีสในต้นข้าวโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic)

Nonlinear Regression

MODEL: Methane = a+b/P_Mn

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	-1464.9	339.62	-2268.0	-661.86
b	728910	106996	475904	981917

Convergence criterion met after 0 iterations.

Residual SS (SSE)	1.864E+06
Residual MS (MSE)	266250
Standard Deviation	515.99
Degrees of Freedom	7
AICc	120.97

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.8623	1.0000

Cases Included 9 Missing Cases 0

ตารางภาคผนวก 11 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับธาตุเหล็กในดินโดยใช้ Nonlinear Model (Logistic 3-P)

MODEL: Methane = a/(1+Exp(b-c*S_Fe))

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	3.120E+07	2.239E+11	-4.878E+11	4.879E+11
b	11.600	7175.5	-15623	15646
c	3.8961	4.8235	-6.6134	14.406

Convergence criterion **NOT MET** after 100 iterations.

Residual SS (SSE)	1.068E+08
Residual MS (MSE)	8.900E+06
Standard Deviation	2983.3
Degrees of Freedom	12
AICc	248.68

Parameter Correlations

	a	b	c
a	1.0000		
b	1.0000	1.0000	
c	-0.9637	-0.9637	1.0000

Cases Included 15 Missing Cases 0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 12 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับเส้นผ่านศูนย์กลางปล้องโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic)

Nonlinear Regression

MODEL: Methane = a+b/Diameter

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	18495	6446.8	4567.6	32423
b	-7552.8	3224.9	-14520	-585.94

Convergence criterion met after 1 iterations.

Residual SS (SSE)	1.623E+08
Residual MS (MSE)	1.248E+07
Standard Deviation	3533.9
Degrees of Freedom	13
AICc	251.14

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.9899	1.0000

Cases Included 15 Missing Cases

ตารางภาคผนวก 13 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับเวลาโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic) ของข้าวในสภาพนาหว่านดินน้ำขัง

Nonlinear Regression

MODEL: B_F = a+b/Time

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	8735.1	1879.6	4930.1	12540
b	-59119	21559	-102762	-15475

Convergence criterion met after 0 iterations.

Residual SS (SSE)	3.052E+08
Residual MS (MSE)	8.032E+06
Standard Deviation	2834.1
Degrees of Freedom	38
AICc	640.57

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.9712	1.0000

Cases Included 40 Missing Cases 0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 14 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับเวลาโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic) ของข้าวในสภาพนาหว่านดินแห้ง

Nonlinear Regression

MODEL: B_D = a+b/Time

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.\b0
a	-459.93	120.03	-703.36	-216.49
b	7210.3	1379.3	4413.0	10008

Convergence criterion met after 1 iterations.

Residual SS (SSE)	1.102E+06
Residual MS (MSE)	30610
Standard Deviation	174.96
Degrees of Freedom	36
AICc	397.16

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.9716	1.0000

Cases Included 38 Missing Cases 2

ตารางภาคผนวก 15 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับเวลาโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic) ของข้าวในสภาพนาดำดินน้ำขัง

Nonlinear Regression

MODEL: T_F = a+b/Time

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	11095	4525.8	1933.5	20257
b	-13826	51911	-118914	91262

Convergence criterion met after 2 iterations.

Residual SS (SSE)	1.770E+09
Residual MS (MSE)	4.657E+07
Standard Deviation	6824.1
Degrees of Freedom	38
AICc	710.87

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.9712	1.0000

Cases Included 40 Missing Cases 0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับเวลาโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic) ของข้าวในสภาพพนาดำดินแห้ง

Nonlinear Regression

MODEL: T_D = a+b/Time

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	-49.252	45.506	-141.37	42.870
b	1074.8	521.95	18.156	2131.4

Convergence criterion met after 2 iterations.

Residual SS (SSE)	178909
Residual MS (MSE)	4708.1
Standard Deviation	68.616
Degrees of Freedom	38
AICc	342.90

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.9712	1.0000

Cases Included 40 Missing Cases 0

ตารางภาคผนวก 17 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวกับเวลาโดยใช้ Nonlinear Model (Hyperbolic) ของข้าวในสภาพนาดำดินหมาด

Nonlinear Regression

MODEL: T_Wet = a+b/Time

Parameter	Estimate	Std Error	Lower 95% C.i.	Upper 95% C.i.
a	748.28	1015.5	-1307.4	2804.0
b	945.73	11647	-22633	24525

Convergence criterion met after 1 iterations.

Residual SS (SSE)	8.909E+07
Residual MS (MSE)	2.344E+06
Standard Deviation	1531.2
Degrees of Freedom	38
AICc	591.32

Parameter Correlations

	a	b
a	1.0000	
b	-0.9712	1.0000

Cases Included 40 Missing Cases 0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 18 การประมาณค่าปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวตามระยะการเจริญเติบโตภายใต้การปลูกแบบปักดำ จากการวิเคราะห์ Local Regression Model (Loess) (STATISTIX 9, 2008)

วันหลังปลูก	ระยะการเจริญเติบโต	ค่าประมาณ	ค่าประมาณต่ำสุด	ค่าประมาณสูงสุด	SE
50	แตกกอ	0.0972	-2.9141	3.1085	1.4929
74	ระยะกำเนิดช่อดอก	0.2408	-1.9600	2.4416	1.0911
75		0.5854	-1.5725	2.7433	1.0698
76		0.9865	-1.1298	3.1029	1.0492
77		1.5149	-0.6727	3.7025	1.0845
78		2.3973	0.1954	4.5992	1.0916
79		3.4794	1.3205	5.6384	1.0703
80	ระยะตั้งท้อง	4.3035	2.1618	6.4451	1.0618
81		4.7791	2.5872	6.9709	1.0866
82		5.2275	1.0866	7.4653	1.1094
83		5.6508	3.3746	5.6508	1.1285
84		6.0556	3.7509	8.3602	1.1426
85		4.1344	4.1344	8.7775	1.1510
86		6.8832	4.5556	9.2108	1.1539
87		7.4114	5.0827	9.7401	1.1545
88		8.2357	5.8798	10.592	1.1680
89		9.6889	7.1544	12.223	1.2565
90	ระยะออกรวง	7.9232	10.648	13.373	1.3508
91		10.275	7.6558	12.894	1.2985
92		9.6328	7.1746	12.091	1.2187
93		9.1356	6.7656	11.506	1.1749
94		8.7550	6.4292	11.081	1.1530

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วันหลังปลูก	ระยะการเจริญเติบโต	ค่าประมาณ	ค่าประมาณต่ำสุด	ค่าประมาณสูงสุด	SE
95		8.4153	6.1214	10.709	1.1372
96		8.0716	5.8128	10.330	1.1198
97		7.6999	5.4863	9.9135	1.0974
98		7.2872	5.1311	9.4434	1.0689
99		6.8268	4.7402	8.9134	1.0345
100	ระยะน้ำนม	6.3154	4.3081	8.3226	0.9951
101		5.6007	3.6659	7.5355	0.9592
102		4.7253	2.8411	6.6095	0.9341
103		3.6234	1.7313	5.5154	0.9380
104		2.3469	0.3627	4.3311	0.9837
105	ระยะแป้งอ่อน	1.6274	-0.3319	3.5867	0.9714
106		1.2833	-0.5874	3.1540	0.9274
107		0.9239	-0.9910	2.8389	0.9494
108		0.5759	-1.3848	2.5365	0.9720
109		0.2550	-1.7462	2.2562	0.9921

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 19 การประมาณค่าปริมาณก๊าซมีเทนในปล้องข้าวตามระยะการเจริญเติบโตภายใต้การปลูกแบบหว่าน จากการวิเคราะห์ Local Regression Model (Loess) (STATISTIX 9, 2008)

วันหลังปลูก	ระยะการเจริญเติบโต	ค่าประมาณ	ค่าประมาณต่ำสุด	ค่าประมาณสูงสุด	SE
50	แตกกอ	0.0972	-2.9141	3.1085	1.4929
74	ระยะกำเนิดช่อดอก	0.2408	-1.9600	2.4416	1.0911
75		0.5854	-1.5725	2.7433	1.0698
76		0.9865	-1.1298	3.1029	1.0492
77		1.5149	-0.6727	3.7025	1.0845
78		2.3973	0.1954	4.5992	1.0916
79		3.4794	1.3205	5.6384	1.0703
80	ระยะตั้งท้อง	4.3035	2.1618	6.4451	1.0618
81		4.7791	2.5872	6.9709	1.0866
82		5.2275	1.0866	7.4653	1.1094
83		5.6508	3.3746	5.6508	1.1285
84		6.0556	3.7509	8.3602	1.1426
85		4.1344	4.1344	8.7775	1.1510
86		6.8832	4.5556	9.2108	1.1539
87		7.4114	5.0827	9.7401	1.1545
88		8.2357	5.8798	10.592	1.1680
89		9.6889	7.1544	12.223	1.2565
90	ระยะออกรวง	7.9232	10.648	13.373	1.3508
91		10.275	7.6558	12.894	1.2985
92		9.6328	7.1746	12.091	1.2187
93		9.1356	6.7656	11.506	1.1749

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วันหลังปลูก	ระยะการเจริญเติบโต	ค่าประมาณ	ค่าประมาณต่ำสุด	ค่าประมาณสูงสุด	SE
94		8.7550	6.4292	11.081	1.1530
95		8.4153	6.1214	10.709	1.1372
96		8.0716	5.8128	10.330	1.1198
97		7.6999	5.4863	9.9135	1.0974
98		7.2872	5.1311	9.4434	1.0689
99		6.8268	4.7402	8.9134	1.0345
100	ระยะน้ำนม	6.3154	4.3081	8.3226	0.9951
101		5.6007	3.6659	7.5355	0.9592
102		4.7253	2.8411	6.6095	0.9341
103		3.6234	1.7313	5.5154	0.9380
104		2.3469	0.3627	4.3311	0.9837
105	ระยะแป้งอ่อน	1.6274	-0.3319	3.5867	0.9714
106		1.2833	-0.5874	3.1540	0.9274
107		0.9239	-0.9910	2.8389	0.9494
108		0.5759	-1.3848	2.5365	0.9720
109		0.2550	-1.7462	2.2562	0.9921

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายไตรรงค์ ชาญพิชิต

วัน เดือน ปีเกิด 10 พฤศจิกายน 2519

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย
โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จังหวัดสุโขทัย
ปีการศึกษา 2537

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved