วารสารเกษตร

ปีที่ 4 เล่มที่ 2 พฤษภาคม 2531

ISSN 0857 - 0841

วารสารเกษตร

Journal of Agriculture

ISSN : 0857-0841

เจ้าของ
คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002
โทร 221699 ต่อ 116, 118

Publisher
Faculty of Agriculture
Chiang Mai University
Chiang Mai 50002, Thailand
Tel. 053/221699 ext. 116, 118

วัตถุประสงค์
1. เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

กำหนดออก เดือนมกราคม และกรกฎาคม ปีละ 2 เล่ม

แจ้งรับวารสาร ถึง
คุณจินดา จันทร์เจ้นจบ
สำนักงานเลขานุการ
คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002

พิมพ์ที่ ธนบรรณการพิมพ์ เชียงใหม่ โทร. 244365, 244786

ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....

ที่อยู่..... .....อำเภอ.....

จังหวัด.....โทรศัพท์.....อาชีพ/ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน หรือสถานศึกษา.....

.....

สาขาวิชาที่สนใจ.....

.....

.....

ขอสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร พร้อมนี้ได้ส่งเงินค่าสมาชิกจำนวน 60 บาท มาโดยทาง

☐ ธนาณัติ

☐ เช็คไปรษณีย์

สั่งจ่าย ณ ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลายเซ็น.....ผู้สมัคร

บทบรรณาธิการ

วารสารเกษตรฉบับนี้ เป็นฉบับปีที่ 4 เล่มที่ 2 ประจำเดือนพฤษภาคม–สิงหาคม 2531 ซึ่งเป็นฉบับที่ได้มีการปรับปรุงกำหนดออกจากการเป็นวารสารราย 6 เดือนให้เปลี่ยนเป็นวารสารราย 4 เดือน โดยเพิ่มจำนวนวารสารเป็น 3 เล่มต่อปี

นอกจากนี้ ยังได้มีการขยายขอบเขตการเผยแพร่ข้อมูลทางด้านวิชาการ ด้านนี้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยได้เพิ่มจำนวนสมาชิกให้มากขึ้นกว่าปัจจุบัน ได้มีการแจกจ่ายวารสารเกษตรไปยังหน่วยงานและสถาบันต่าง ๆ ทั้งของทางราชการและเอกชนที่เกี่ยวข้องรวมกันแล้วไม่ต่ำกว่า 400 แห่งทั่วประเทศ ทั้งนี้ไม่รวมถึงสมาชิกประเภทบุคคลที่มีความสนใจวิชาการด้านนี้โดยตรงอีกจำนวนหนึ่ง

ในการเปลี่ยนแปลงครั้งนี้ วารสารเกษตร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ตระหนักถึงภาระหน้าที่ที่จะพยายามให้บริการวิชาการด้านเกษตรศาสตร์กับสังคมให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยมีจุดมุ่งหวังที่ว่า ความรู้ด้านวิชาการเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการด้านเกษตรกรรมของประเทศชาติให้รุดหน้าต่อไป และอาจจะมีส่วนช่วยทำให้ประชากรในสังคมนี้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร มีชีวิตความเป็นอยู่ทางด้านเศรษฐกิจและสังคมดีขึ้นกว่าเท่าที่เป็นอยู่

ผลงานต่าง ๆ ที่พิมพ์เผยแพร่ในวารสารเกษตรนี้ มิได้จำกัดเฉพาะนักวิชาการและคณาจารย์ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เท่านั้น วารสารเกษตรรู้สึกเป็นเกียรติและยินดีเป็นอย่างยิ่งที่จะนำเสนอผลงานของนักวิชาการจากสถาบันอื่น ๆ โดยหวังว่าความรู้และความสามารถของท่านเหล่านั้นจะมีส่วนในการพัฒนาประเทศชาติร่วมกัน

บรรณาธิการ

วารสารเกษตร 4.2 83-94(2531)
Journal of Agriculture 4,2:83-94(1988)

การพัฒนาตู้อบอินฟราเรดแบบประหยัด

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์

DEVELOPMENT OF ECONOMIC INFRARED OVEN

Puntipa Pongpiajun

ABSTRACT : Infrared oven was developed by using a card-board box as an oven and an infrared lamb for drying samples. The box wrapped with aluminum foil generated higher temperature at the center of radiated area than the uncovered one after infrared radiation was applied. Maximum temperature in the former reached 160 to 170 °C. In aluminum foil-covered treatment, temperature decreased from 120-130 to 106-107°C at the distance of 1.5 and 4 centimeter from the center of radiation incidence respectively. Optimum distance between feed sample and infrared lamp was 12.0-12.5 cm. The results indicated that the best incubation period was 20 minutes which similar to the optinum period obtained from a conventional method using electrical incubator.

บทคัดย่อ : การพัฒนาตู้อบอินฟราเรดแบบประหยัด โดยใช้กล่องกระดาษแข็งทำหน้าที่เป็นตู้อบและใช้หลอดอินฟราเรดยึดติดกับเสายึดเครื่องมือเป็นแหล่งความร้อน ปรากฏว่า อุณหภูมิของจุดศูนย์กลางของผิวฐานเสายึดเครื่องมือในกล่องที่ผนังบุด้วยกล่องอลูมิเนียม (Aluminum foil) เมื่อได้รับแสงอินฟราเรดจะขึ้นสูงสุดคือ 160-170 องศาเซลเซียสสูงกว่าอุณหภูมิของผิวฐานเสายึดเครื่องมือที่อยู่ในกล่องซึ่งผนังไม่ได้บุด้วยแผ่นอลูมิเนียม ผลการทดลองในกล่องที่ผนังบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม พบว่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของรัศมีที่แสงตกกระทบบนผิวฐานเสายึดเครื่องมือเป็นระยะ 1.5 และ 4 ซ.ม. อุณหภูมิจะลดต่ำลง วัดได้สูงสุดเป็น 120-130 และ 106-107 องศาเซลเซียสตามลำดับ ระยะห่างระหว่างตัวอย่างอาหารและหลอดอินฟราเรดที่เหมาะสมคือ 12.0-12.5 ซ.ม. ระยะเวลาที่อบตัวอย่างได้แห้งดีที่สุดคือ 20 นาที และให้ผลดีเท่ากับการอบด้วยตู้อบไฟฟ้า โดยวิธี Conventional method.

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50002
Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50002

บทนำ

รังสีอินฟราเรด เป็นรังสีที่เกิดจากกระแสแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไฟฟ้าสลับ มีคลื่นแสงอยู่ในช่วง 1 μm ถึง 1 mm ซึ่งยาวกว่าแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible light) แต่สั้นกว่าไมโครเวฟ (Microwaves) ที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น สามารถสัมผัสได้จากวัตถุที่โดนแสงตกกระทบ

รังสีนี้ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1800 โดยนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ Sir William Herschel ซึ่งได้ค้นพบโดยบังเอิญขณะที่ศึกษาเกี่ยวกับแสงจากดวงอาทิตย์ (McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 1982) ข้อดีของรังสีนี้คือ สามารถแผ่รังสีได้รวดเร็ว โดยไม่ทำให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณรอบ ๆ รัศมีที่รังสีกระจายไปถึงสูงขึ้น แต่สามารถทำให้เกิด ความร้อน ขึ้นอย่าง รวดเร็ว และสม่ำเสมอที่ บริเวณผิวของ วัตถุที่แสงนี้ ได้สัมผัส ความร้อนจะกระจายลงสู่เนื้อในของวัตถุโดยการนำ (Conducting) วัตถุที่ได้รับรังสีนี้จะไม่ถูกทำลายแต่อย่างใดยกเว้นวัตถุที่อยู่ใกล้เกินไป อุณหภูมิจะขึ้นสูงจนถึงขั้นไหม้ได้

จากคุณสมบัติของรังสีนี้ จึงได้มีผู้คิดค้นนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์หลายสาขา เช่นทางทหาร, ทางการแพทย์, ทางอุตสาหกรรม, ทางอุตุนิยมวิทยา, ทางเคมี, นิเวศน์วิทยา, ป่าไม้, การเกษตร และอื่น ๆ อีกมากมาย ลักษณะการนำไปใช้ได้แก่การอบแห้ง โดยนำไปใช้กับอุตสาหกรรมรถยนต์เพื่ออบสีรถให้แห้ง หรือการประดิษฐ์สิ่งของต่าง ๆ การทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องการทำให้วัตถุแห้งอย่างรวดเร็ว ตามภัตตาคารนิยมใช้อุ่นอาหารให้ร้อนอยู่เสมอ หรือใช้ฉายแสงเพื่อเพิ่มความอบอุ่นให้กับห้องโถงของโรงแรม ห้องอาหารใหญ่ ๆ ในเมืองหนาว และใช้กกลูกสัตว์ เช่น สุกร, ไก่ ฯลฯ

สำหรับทางห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ปัจจุบัน ได้มีการผลิตเครื่องวัดความชื้นจากรังสีอินฟราเรดขึ้นมาใช้ ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์หาความชื้น สามารถทำได้ภายในเวลาไม่เกิน 20 นาที ต่อหนึ่งตัวอย่าง แต่เครื่องมือดังกล่าวมีราคาแพงมาก เพราะได้รวมเอาเครื่องชั่งพ่วงเข้าไปในเครื่องมือนี้ด้วย ราคาขายปัจจุบันภายในประเทศไม่ต่ำกว่า 50,000 บาท ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้ทดลองประดิษฐ์ตู้อบด้วยแสงอินฟราเรดขึ้นใช้ เพื่อหวังจะได้เครื่องมือราคาถูกที่อาจจะผลิตได้เองภายในประเทศ แต่สามารถทำงานแทนกันได้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. หลอดอินฟราเรดขนาด 250 วัตต์ 220 โวลท์ ทำด้วยแก้วที่ฉาบด้วยสีแดง ซึ่งทำให้มองเห็นแสงสีแดงขณะที่เปิดไฟและแสงสีแดงจะช่วยลดปริมาณแสงที่จะเข้าตา หลอดไฟมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 ซ.ม. ความยาวของหลอดไฟ 18.4 ซ.ม. (ภาพที่ 1)
2. เสายึดเครื่องมือซึ่งทำด้วยเหล็กที่ไม่ขึ้นสนิม (Stainless steel stand)
3. กล่องกระดาษแข็งสำหรับหุ้มโป๊ะไฟ (ภาพที่ 2) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตู้อบ
4. ถ้วยวัดด้วยความชื้นชนิดแก้ว (Weighing bottle) เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซ.ม.
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. ตัวอย่างอาหารที่ใช้หาความชื้น

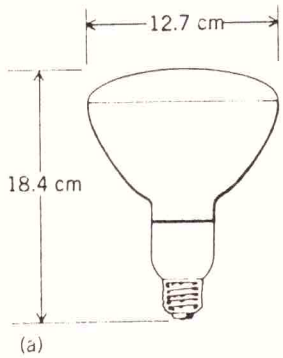


Figure 1. An infrared lamp.

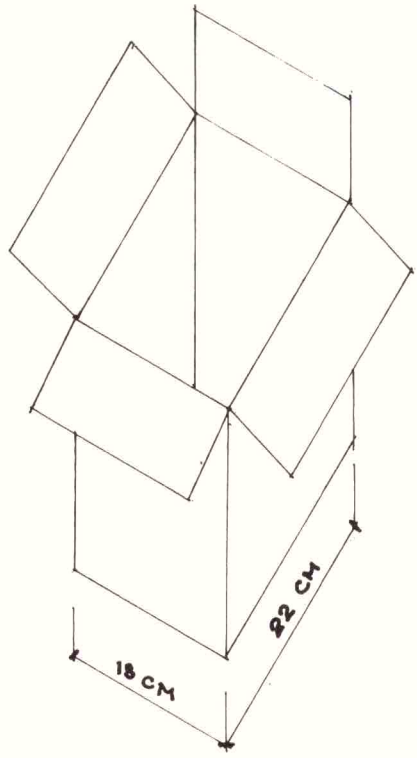


Figure 2. An oven box.

- **การทดลองที่ 1** วิธีการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องกระดาษที่ไม่บุ (T_1) และบุอลูมิเนียม (Aluminum foil; T_2) โดยทำการฉายแสงอินฟราเรดเข้าไปในกล่องกระดาษ

แข็ง วัดอุณหภูมิสูงสุดของจุดศูนย์กลางของรัศมีของแสงที่ตกกระทบฐานเสายึดเครื่องมือ โดยให้ปลายเทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับผิวฐานเสายึดเครื่องมือ จากนั้นบุผนังด้านในกล่องด้วยกระดาษอลูมิเนียมทำการฉายแสงเข้าไปใหม่แล้ววัดอุณหภูมิสูงสุดเช่นเดียวกับการทดลองแรก นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

การทดลองที่ 2 วัดหาอุณหภูมิสูงสุดบนฐานเสายึดเครื่องมือที่วางอยู่ในกล่องกระดาษที่บุด้วยอลูมิเนียม ในระยะที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของรัศมีที่แสงตกกระทบเป็น 0, 1.5, 2.5 และ 4 ซ.ม. ตามลำดับ โดยแบ่งพื้นที่บนฐานเสายึดเครื่องมือออกตามรัศมีของหลอดไฟ ซึ่งหาได้โดยทำมุมฉากกับหลอดไฟทั้งสี่ด้าน แล้วสร้างรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขึ้นบนพื้นฐานเสายึดเครื่องมือ ลากเส้นตรงจากจุดกึ่งกลางทั้งสี่ด้านให้มาตัดกัน จะได้จุดศูนย์กลางของรัศมีหลอดไฟ (แสง) แบ่งระยะห่างจากจุดศูนย์กลางตามที่กำหนด บนเส้นตรงที่ลากจากจุดกึ่งกลางด้านมาตัดกัน โดยเลือกเอาเส้นใดเส้นหนึ่ง (ภาพที่ 3) ในการวัดอุณหภูมิปลายปรอทต้องสัมผัสกับผิวของฐานเสายึดเครื่องมือเสมอ

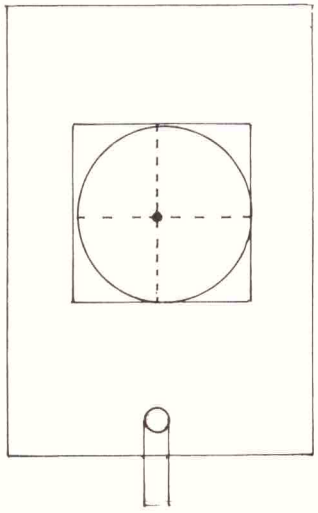


Figure 3. Area of radiation incidence on the clamp stand.

การทดลองที่ 3 หาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่างอาหารกับแหล่งกำเนิดแสงและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบตัวอย่างอาหาร โดยชั่งตัวอย่างอาหารชนิดเดียวกัน ใส่ถ้วยอบที่ทำ

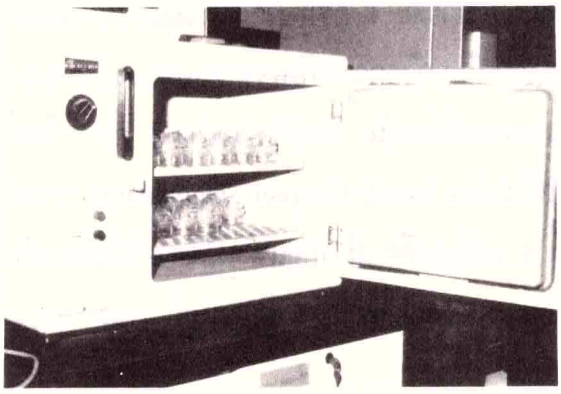


Figure 4. Dry matter determination by conventional method.

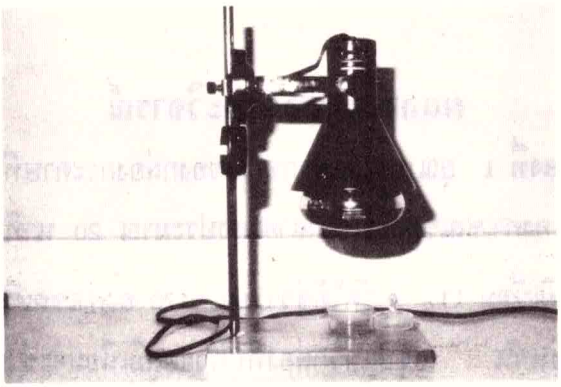


Figure 5. Dry matter determination by Economic Infrared Oven (normally must be covered with the card-board box).

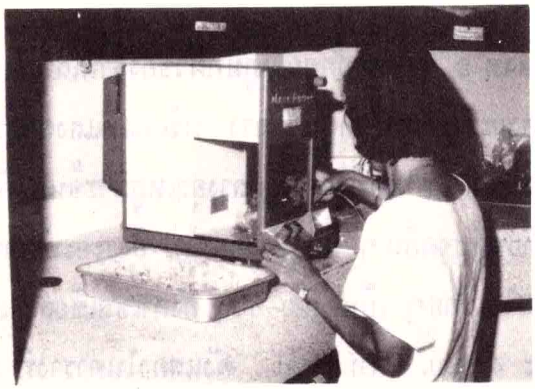


Figure 6. Weighing samples for dry matter determination.

ด้วยแก้ว (Weighing bottle) ถ้วยละ 1 กรัม เกลี่ยตัวอย่างให้หน้าเรียบเสมอกัน เปิดฝาถ้วย นำไปอบในกล่องที่บุด้วยอลูมิเนียมด้วยความร้อนจากหลอดแสงอินฟราเรด ที่ระดับความสูงต่างๆ กัน และใช้ระยะเวลาในการอบที่ต่างกัน โดยใช้ตัวอย่าง 2 ซ้ำ ซึ่งทั้งสองซ้ำจะวัดค่าวัตถุแห้ง (Dry matter) ต่างกันได้ไม่เกิน 0.15% (Cornell University) หากเกินกำหนดนี้จะต้องทำใหม่

การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบค่าวัตถุแห้งที่ได้จากวิธีใช้แสงอินฟราเรด และวิธีการอบด้วยตู้อบไฟฟ้าด้วยวิธี Conventional method ที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ช.ม. (A.O.A.C., 1970)

การทดลองที่ 5 ศึกษาถึงปัญหาการชั่งตัวอย่างอาหารหลังการอบให้แห้ง ด้วยแสงอินฟราเรด แล้วทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง (Desiccator) เป็นระยะเวลา 0, 5, 10, 12 และ 15 นาที ตามลำดับ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1 อุณหภูมิสูงสุดภายในของกล่องกระดาษที่ไม่บุอลูมิเนียม (T_1) วัดได้ในช่วง 125–130 องศาเซลเซียสใช้เวลาฉายแสงประมาณ 20 นาที อุณหภูมิสูงสุดภายในของกล่องกระดาษที่บุอลูมิเนียม (T_2) วัดได้ช่วง 160–170 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาฉายแสงนานประมาณ 20 นาทีเช่นกัน สรุปแล้วกล่องที่บุด้วยอลูมิเนียมจะช่วยสะท้อนแสงเป็นเหตุให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 35–40 องศาเซลเซียส ดูผลในตารางที่ 1 เหตุที่วัดค่าอุณหภูมิออกมาเป็นช่วง อาจเนื่องมาจากปลายของปรอทไม่สัมผัสกับผิวของฐานเสายึดเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ เป็นเหตุให้อุณหภูมิขึ้นๆ ลงๆ

ผลการทดลองที่ 2 จากการวัดอุณหภูมิที่ผิวของฐานเสายึดเครื่องมือ ในกล่องที่ผนังบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมในระยะที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง บริเวณที่แสงตกกระทบ เป็นระยะ 0, 1.5, 2.5 และ 4 ซ.ม. ตามลำดับ พบว่าที่จุดศูนย์กลางอุณหภูมิจะขึ้นสูงที่สุดคือ 160–170 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่นๆ ที่อยู่ห่างออกไป ยิ่งระยะห่างจากจุดศูนย์กลางออกไปมากเท่าใดอุณหภูมิจะยิ่งลดลงไปเรื่อยๆ เป็น 120–130 องศาเซลเซียส และ 106–107 องศาเซลเซียส ที่ระยะ 1.5 และ 4 ซ.ม. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนอุณหภูมิของอากาศภายในกล่องประมาณ 50–60 องศาเซลเซียส

Table 1. Temperature at the centre of infrared radiated area on the base of stainless steel stand in the card-board boxes wrapped or unwrapped with aluminum foil at different radiation time.

Radiation time (minutes)	Temperature (°C)	
	unwrapped box	aluminum wrapped box
5	100	–
9	115	–
11	117	–
14	120	–
19	125	–
20	125	160–170
21	123	160–170
24	125	160–170
over 24	125	160–170

Table 2. Temperature on the base of the stainlese steel stand at different distance from the centre of infrared radiated area in the boxes wrapped or unwrapped with aluminum foil.

Distance (cm)	Temperature (°C)	
	unwrapped box	wrapped box
0	123–125	160–170
1.5	113–115	120–130
2.5	110–112	–
4.0	100	106–107

Table 3. Results of distance between feed sample and infrared lamp at different radiation time on dry matter content of the same sample.

Distance (cm)	Radiation time (minutes)	Dry matter (%)	Remarks
5	6	89.75	burnt at the surface area
7	7	89.14	,,
10	10	89.14	,,
10	12	89.04	slightly burnt at the surfare area
11	13	89.38	,,
11	14	88.71	slightly burnt
12.5	15	89.54	normal
12.5	16	89.52	,,
12.5	17	89.36	,,
12.5	18	89.28	,,
12.5	19	89.39	,,
12.5	20	89.52	,,
12.5	21	89.83	,,
12.5	22	89.25	,,
12.5	23	89.51	,,
12.5	24	89.59	,,

ผลการทดลองที่ 3 ผลการทดลองระยะห่างที่เหมาะสม ระหว่างตัวอย่างอาหารกับหลอดแสงอินฟราเรด พบว่าระยะห่างที่เหมาะสมคือ 12–12.5 ซ.ม. ส่วนระยะเวลาอบที่เหมาะสมคือ 20 นาที ผลจากการทดลองพบว่าระยะเวลาตั้งแต่ 15 นาทีเป็นต้นไป ตัวอย่างอาหารบางชนิดจะอบได้แห้งแต่เพื่อความแน่นอนควรอบต่ออีกประมาณ 5 นาที เนื่องจากมีปัจจัยอื่นบางประการที่ทำให้น้ำในตัวอย่างระเหยออกได้เร็วหรือช้า เช่น ความละเอียดของตัวอย่างอาหาร หากตัวอย่างมีขนาดเล็กหรือบดละเอียดกว่า ก็ย่อมจะระเหยน้ำได้เร็วกว่า หรือการเกลี่ยผิวหน้าของตัวอย่างอาหารที่ควรจะเรียบเสมอกันเท่าที่จะทำได้ หากไม่สม่ำเสมอกันผิวหน้าส่วนที่สูงกว่าส่วนอื่นจะไหม้ และอีกประการ การแผ่ความร้อนของรังสีนี้ใช้วิธีการนำ (Conducting) ซึ่งการนำความร้อนลงสู่เบื้องล่างจะไม่สม่ำเสมอ ถ้าหากมีช่องว่างเกิดขึ้นในตัวอย่าง หรือผิวหน้าไม่เรียบ และการใส่ตัวอย่างอาหารลงในถ้วยไม่ควรหนาเกินไป ถ้าหากหนามากจะต้องเพิ่มเวลาในการอบ เพื่อให้ส่วนล่างแห้ง ซึ่งอาจเป็นผลให้ส่วนผิวหน้าไหม้ได้ ประมาณตัวอย่างที่พอเหมาะคือ 1 กรัม ดูผลการทดลองตารางที่ 3

ผลการทดลองที่ 4 จากการเปรียบเทียบค่าของวัตถุแห้งในอาหารชนิดเดียวกัน โดยวิธีการวัดจากการฉายแสงอินฟราเรดนาน 15 นาที หรือการอบที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ซ.ม. พบว่าค่าที่วัดได้มีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.15% ซึ่งเป็นเปอร์เซนต์ที่ยอมให้มีความแตกต่างได้ ในระหว่างตัวอย่างชนิดเดียวกัน (ดังตารางที่ 4) ดังนั้นผู้ทดลองจึงคิดว่าระยะเวลาที่ใช้อบนาน 15 นาที สามารถจะทำให้ตัวอย่างอาหารแห้งได้ แต่เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการเตรียมตัวอย่างอาหาร ดังได้กล่าวมาแล้วในผลการทดลองที่ 3 และความแตกต่างจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวอย่างอาหาร ในแง่ของปริมาณความชื้นที่มีอยู่และในแง่ของการนำความร้อนจึงเห็นควรเพิ่มเวลาในการอบเป็นประมาณ 20 นาที

ผลการทดลองที่ 5 ผลจากการชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารทันทีหลังอบ เปรียบเทียบกับการทิ้งให้ภาชนะที่ใส่ตัวอย่างอาหารเย็นในโถอบแห้ง เป็นเวลา 5, 10, 12, 15 นาที พบว่าการทิ้งตัวอย่างไว้ถึงแม้ว่าจะอยู่ในโถอบแห้ง ตัวอย่างอาหารยังสามารถดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปได้ ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) เป็นเหตุให้เข้าใจผิดคิดว่าตัวอย่างอาหารนั้นมีค่าวัตถุแห้งสูง เช่น จากตัวเลขที่แสดงความแตกต่างของวัตถุแห้งของอาหาร ก ค่าความแตกต่างจากการชั่งทันที เปรียบเทียบกับการทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้งเป็นเวลา 5, 10, 12 นาที และปล่อยให้เย็นจะมีค่าความแตกต่างเท่ากับ 0.04, 0.40, 1.74 และ 2.94% ตามลำดับ และตัวอย่าง

Table 4. Means percentage of dry matter content in the same samples obtained by conventional method compared with infrared method.

Sample No.	Dry matter	
	Infrared method[1]	conventional method[2]
1	89.55	89.52
2	93.81	94.03
3	88.77	88.49
4	89.79	89.72
5	89.18	89.45

1. Radiated with infrared lamp for 15 minutes at the distance of 12.5 cm from the infrared lamp.
2. Dried in the electrical oven at the temperture 100–105°C for 16 hrs.

Table 5. Means percentage of dry matter weighted immediately after drying by infrared lamp compared with weighted after placing in desiccator at different period of time.

Sample	Time in desiccator (minutes)	Dry matter (%)	Differences (%)
Sample A	0	84.98	–
	5	84.93	0.04
	10	85.29	0.40
	12	86.63	1.74
	15	87.83	2.94
Sample B	0	85.37	–
	15	87.32	1.95
Sample C	0	84.90	–
	15	87.32	2.0
Sample D	0	84.99	–
	15	86.16	1.17

อาหารหากต่างชนิดกัน ทิ้งไว้ให้เย็นในเวลาเท่าๆ กัน ก็จะดูดซึมเอาความชื้นเข้าไปได้ไม่เท่ากัน สังเกตดูจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างอาหาร ก, ข, ค, ง, ที่ถูกทิ้งไว้ให้เย็นในเวลา 15 นาที จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอีกเป็น 2.94, 1.95. 2.00, 1.17% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่ชั่งทันที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีในการดูดซับความชื้นจากสิ่งแวดล้อม (Hygro Scopicity) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Shutze and Benoff (1981) ซึ่งรายงานเกี่ยวกับความแตกต่างของตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดในการวัดหาความชื้น

จากการศึกษาในเรื่องนี้จึงได้แนวทางว่า ในการวิเคราะห์หาความชื้นหรือวัตถุแห้งของตัวอย่างอาหารสัตว์ ไม่ควรทิ้งตัวอย่างไว้ในโถอบแห้งนานเกิน 10 นาที เพราะหากเกินนี้ค่าที่วัดได้จะแปรปรวนเกินกว่าค่าที่ยอมให้แปรปรวนได้คือ 0.15% (Cornell University) แต่หากเป็นไปได้ควรชั่งทันที ในการชั่งทันทีมีข้อต้องระมัดระวังคือ ความร้อนจากภาชนะที่ใส่ตัวอย่างอาหารจะถ่ายทอดสู่จานตราชั่ง อาจทำให้ตราชั่งวัดผิดพลาดได้ ต้องหมั่นปรับตาชั่งให้อยู่ที่ศูนย์เสมอ

สรุปผลการทดลอง

หลอดอินฟราเรดที่มีขายตามท้องตลาดสามารถนำมาดัดแปลงทำเป็นตู้อบอินฟราเรดได้ในวงเงิน 2,000 บาทเป็นอย่างสูง แต่ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการนั้นควรมีตราชั่งอยู่ก่อนแล้ว ในการใช้ตู้อบชนิดนี้หาความชื้น ผู้ใช้ควรเข้าใจถึงธรรมชาติของแสงนี้ก่อน ภาชนะที่จะใช้วัดหาความชื้นควรเป็นรูปทรงเตี้ยปากกว้าง ควรเกลี่ยผิวหน้าของตัวอย่างให้เรียบ ระยะห่างระหว่างหลอดไฟและตัวอย่างควรอยู่ในช่วง 12–12.5 ซ.ม. ระยะเวลาที่อบไม่ควรต่ำกว่า 15 นาที แต่ระยะที่แนะนำคือ 20 นาที

นอกจากอบหาความชื้นโดยตรงแล้ว ยังสามารถนำมาอบตัวอย่างอาหารในขั้นตอนการหาเยื่อใย หรือการหาไขมัน และยังช่วยทำให้การวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารในแง่ของ Feed Quality Control รวดเร็วขึ้น เช่นในขั้นตอนของการทำ Flotation technique เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. เทอดชัย เวียรศิลป์ และคุณสุรภี ทองหลอม แห่งภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีส่วนช่วยให้งานทดลองครั้งนี้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

1. Association of Official Analytical Chemist. (1970). Official Methods of Analysis. Washington, D.C. U.S.A.

2. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. (1982). McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, U.S.A.

3. Shutze, J.V. and Benoff, F.H. (1981). Evaluation of feed ingredient variation, procedures for detemining number of analysis samples. Feed stuffs, December 14.

วารสารเกษตร 4.2 95-107(2531)
Journal of Agriculture 4,2:95-107(1988)

ผลของการเสริมฟางข้าวด้วยกระถินแห้งระดับต่าง ๆ และความแม่นยำของการใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรดเป็นตัวบ่งชี้ภายในเพื่อหาการย่อยได้

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล

SUPPLEMENTARY EFFECT OF VARIOUS LEVELS OF DRY LEUCAENA LEAVES TO RICE STRAW AND THE PRECISION OF AIA AS AN INDICATOR FOR DIGESTIBILITY DETERMINATION

Boonlom Cheva-Isarakul

ABSTRACT : Eighteen male sheep with average initial weight of 26.5 ± 2.3 kg were allocated to 3 treatments of different levels of dry leucaena leaves (0.5, 1.0 and 1.5% BW) supplemented to rice straw (fed *ad lib*). Experimental period lasted 10 weeks, during which a 10 day balance trial was carried out. Total faecal collection was used for digestibility calculation, while percentage recovery of AIA was determined.

With increasing level of leucaena leaves, dry matter and nutrient intake as well as digestible nutrients obtained, increased. Digestibility of crude protein improved, while that of fibre fractions decreased. CP retention and ADG of animals in groups 1,2, 3 were found to be 13.4, 23.5, 42.3 and 24.5, 39.5, 54.5 g/h/d while FCR was 32.4, 21.5and 17.9, respectively. Supplementation of leuceana leaves at 1.5% BW for 10 weeks seems to be safe, since no adverse effect was noticed. Although percentage recovery of AIA in faeces fluctuated in some works found by the author, but in this experiment it was very satisfactory (100.8 ± 4.4, n = 15). This indicates the high precision of AIA as an internal indicator for digestibility determination.

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002
Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002

บทคัดย่อ : แกะทดลองเพศผู้จำนวน 18 ตัว น.น. เริ่มต้นเฉลี่ย 26.5 ± 2.3 กก. ได้ถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทุกกลุ่มให้ได้รับฟางข้าวเต็มที่แต่เสริมกระถินคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวในระดับต่างกันคือ 0.5, 1.0 และ 1.5% และเสริมแร่ธาตุผสมวันละ 2.5 กรัม/ตัว ใช้เวลาทดลอง 10 สัปดาห์ ในระหว่างนั้นได้ทดลองหาการย่อยได้ของโภชนะ การสะสมโปรตีนและการใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เป็นตัวบ่งชี้ภายในสำหรับการหาการย่อยได้เปรียบเทียบกับการเก็บมูลทั้งหมดด้วย

ผลปรากฏว่า เมื่อเสริมใบกระถินในระดับสูงขึ้น แกะจะกินอาหารได้ดีขึ้น มีการย่อยได้ของโปรตีนสูงขึ้น แต่ของเยื่อใยต่ำลง แกะได้รับโภชนะย่อยได้สูงขึ้น มีการสะสมโปรตีนในร่างกายมากขึ้น (13.4, 23.5, 42.3 กรัม/ตัว/วัน) มีการเจริญเติบโตดีขึ้นคือ 24.5, 32.5 และ 54.5 กรัม/ตัว/วัน และมีอัตราแลกน้ำหนัก 32.4, 21.5 และ 17.9 ในกลุ่ม 1,2 และ 3 ตามลำดับ การเสริมกระถินแห้งที่ระดับ 1.5% ของน้ำหนักตัวเป็นเวลา 10 สัปดาห์ นับว่าเป็นระดับที่ปลอดภัยเพราะสัตว์ไม่ได้แสดงอาการป่วยแต่อย่างใด

แม้ว่าการใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เป็นตัวบ่งชี้ภายในเพื่อหาการย่อยได้ในบางการทดลองจะได้ผลแปรปรวนไปบ้าง แต่ในการทดลองนี้นับว่าได้ผลใกล้เคียงกับการเก็บมูลทั้งหมดมาก เพราะได้ค่า Recovery ของ AIA ในมูลเฉลี่ย 100.8 ± 4.4% (n = 15)

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า กระถินสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน-เอ แคโรตีน (Carotene) และแร่ธาตุ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพพืชอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบคุณภาพต่ำ โดยจะทำให้อาหารนั้นมีความน่ากินมากขึ้น มีการย่อยได้ดีขึ้น สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น (Devendra, 1982., 1983., Cheva – Isarakul, 1987) ซึ่งจะมีผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและ/หรือให้ผลผลิตดีขึ้น

ชีวะอิสระกุลและโพธิกานนท์ (2527) และชีวะอิสระกุล (2529) ได้ทดลองใช้ฟางข้าวธรรมดาเสริมใบกระถินแห้ง 0.5% น.น.ตัว เปรียบเทียบกับการใช้ฟางหมักยูเรีย โดยสัตว์ทั้ง 2 กลุ่มได้รับอาหารข้น (ในการทดลองแรก) หรือรำ (ในการทดลองหลัง) เสริมอีกวันละประมาณ 1% น.น.ตัว พบว่าการใช้กระถินเสริมฟางให้ผลตอบสนองดีเท่าหรือดีกว่าการใช้ฟางหมัก Promma et al.(1984) ได้ทำการทดลองที่คล้ายคลึงกันในวัวนม โดยให้วัวได้รับฟางข้าวเสริมกระถินแห้ง 1.5 กก./ตัว/วัน (หรือประมาณ 0.4% น.น.ตัว) ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Cheva-Isarakul (1978) ยังพบว่าการใช้กระถินเสริมฟางหมักยูเรียหรือฟางราดสารละลาย

ยูเรีย–กากน้ำตาล จะทำให้แกะมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อดีขึ้นกว่าพวกที่ไม่ได้เสริม ซึ่งสอดคล้องกับที่ Perdox et al. (1983) ได้รายงานไว้ในวัวนม จากรายงานของ IDRC (1982; อ้างอิงโดย Mendoza, 1983) พบว่า การปลูกกระถินเสริมลงในทุ่งหญ้าคาและปล่อยให้สัตว์แทะเล็ม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทุ่งหญ้าให้ดีขึ้นจาก 0.5 เป็น 1.5–2.0 Animal units ต่อเฮกแตร์ ซึ่งเมื่อคำนวณเป็น น.น.ตัวที่เพิ่มขึ้นแล้วจะเท่ากับ 215.6 กก. แทนที่จะเป็นเพียง 174.9 กก./เฮกแตร์เมื่อมีแต่หญ้าคาอย่างเดียว และในการขุนวัวเนื้อ–วัวนมแบบหลังบ้าน พบว่าสัตว์สามารถเพิ่ม น.น.ตัวได้ 1.3 กก./ตัว/วัน เมื่อได้รับอาหารที่ประกอบด้วย 45% กระถิน, 15% ยอดอ้อย และ 40% อาหารข้น ขณะที่พวกที่เลี้ยงด้วย 60% ยอดอ้อยร่วมกับ 40% อาหารข้นโตได้เพียง 0.79 กก./วันเท่านั้น

อย่างไรก็ดีการใช้กระถินในระดับสูงเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องก็มีรายงานที่ขัดแย้งกันอยู่บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องที่เกี่ยวกับอาการเป็นพิษอันเกิดมาจาก Mimosin ที่สลายตัวเป็น 3,4 Dihydroxy-pyridone (DHP) ซึ่งสารนี้จะไปขัดขวางการสร้างฮอร์โมน Thyroxin เป็นเหตุให้เกิดคอพอกและ/หรือมีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโต สุขภาพสัตว์ การสืบพันธุ์ ตลอดจนทำให้เกิดอาการขนร่วงด้วย (Hegarty et al. 1976) ส่วนใหญ่อาการเป็นพิษมักพบในรายงานต่างประเทศ แต่ในบ้านเราหรือประเทศใกล้เคียงก็มีประปราย เช่น อินทรมงคลและคณะ (2526) รายงานว่า พบอาการเป็นพิษในโคบางตัวที่เลี้ยงด้วยกระถินสด 50% ฟางข้าว 40% และรำหยาบ 10% โดยอาการเป็นพิษจะเกิดขึ้นช้าเร็วต่างกันมากคือ 80 วัน และ 8 เดือน ขณะที่บางตัวก็ไม่แสดงอาการเป็นพิษเลย Devendra (1982) พบว่า แพะบางตัวเกิดอาการขนร่วงเมื่อได้รับกระถินเสริมหญ้าสดในระดับสูง 75% ของวัตถุแห้ง นอกจากนี้ ชีวะอิสระกุล (2528–ไม่ได้ตีพิมพ์) ยังสังเกตพบว่า แพะซาเนน (Saanen) หลังหย่านมที่ได้รับกระถินสดในระดับสูงบางตัวมีอาการขนร่วง ซึ่งสังเกตเห็นได้ชัดตามแนวสันหลังและสีข้าง แต่อาการจะหายไปเมื่อหยุดให้กระถิน และเมื่อให้กระถินอีกในระยะต่อมา ปรากฏว่า สัตว์ไม่แสดงอาการนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์สามารถปรับตัวได้

Jones (1981) สรุปว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้สามารถทนต่อการใช้กระถินในระดับสูงได้ดี เพราะมันมีจุลินทรีย์ในกระเพาะหน้าซึ่งสามารถสลาย DHP และขับออกนอกร่างกายได้ ขณะที่สัตว์เคี้ยวเอื้องใน Australia และ Popua New Guinea ไม่มีจุลินทรีย์ดังกล่าว Manidool (1985) ได้เอ่ยถึงการทดลองเสริมกระถินสดในหญ้าระดับ 50% ของ น.น.

สดเลี้ยงวัวเป็นเวลา 2 เดือน และเก็บปัสสาวะส่งไปตรวจหา DHP ที่ออสเตรเลียพบว่าไม่มีสารนี้ในปัสสาวะ แสดงว่าจุลินทรีย์ในรูเมนสามารถสลาย DHP ได้ รายงานนี้สอดคล้องกับการศึกษาในฟิลิปปินส์ที่ Perez et al.(1976) ได้ทำการขุนวัวในคอกโดยใช้ใบกระถินแห้ง 35% ฟาง 35% และอาหารข้น 30% พบว่าวัวสามารถเพิ่ม น.น.ตัวได้วันละ 0.71 กก. และมีอัตราการแลก น.น. 9.37 โดยไม่มีผลเสียต่อการสืบพันธุ์แม้จะเลี้ยงนานถึง 126 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าวัวมีอัตราแลกน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ที่ดีคือใช้อาหาร 9.37 กก. ในการเพิ่ม น.น.ตัว 1 กก. Cheva-Isarakul (1987) พบว่าการใช้ใบกระถินสด 5% น้ำหนักตัวซึ่งคิดเป็นวัตถุแห้งในระดับสูง 1.3% ของน.น.ตัวหรือเท่ากับ 35-40% ของปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ไม่มีผลเสียต่อสุขภาพสัตว์ จากการศึกษาในแพะพันธุ์และในแพะอุ้มท้องโดย Arinto et al.(1980 อ้างอิงโดย Mendoza, 1983) พบว่าอาจให้แม่พันธุ์ได้รับใบ กระถินสดเป็น อาหารหยาบ เพียงอย่างเดียวได้ ถ้าเสริมด้วยอาหารข้น 160 กรัม/ตัว/วัน แต่แม่พันธุ์ดังกล่าวจะกินอาหารได้มากที่สุด (3.5% ของน.น.ตัว) และมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลก น.น. ดีที่สุดเมื่อได้รับกระถินสดคิดเป็นวัตถุแห้ง 75% ของอาหารหยาบ การใช้ใบกระถินที่ระดับนี้ไม่มีผลเสียต่อการเป็นสัด อัตราการผสมติด การอุ้มท้อง อัตราการคลอด ความแข็งแรงและน้ำหนักตัวของลูกแพะเมื่อคลอดและหย่านมแต่อย่างใด

อย่างไรก็ดีผลของการเสริมฟางด้วยกระถินระดับต่าง ๆ ที่มีต่อปริมาณอาหารที่กินได้ การย่อยได้ ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ การสะสมโปรตีนในร่างกาย อัตราการเจริญเติบโต และการแลกน้ำหนักยังไม่มีผู้รายงานไว้ในบ้านเรา จึงเห็นควรทำการศึกษาในเรื่องนี้ ตลอดจนสังเกตอาการเป็นพิษในแกะเมื่อได้รับกระถินระดับสูงด้วย เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับโคกระบือต่อไป อนึ่ง เนื่องจากผู้ทดลองมีแผนการศึกษาถึงความแม่นยำในการใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid Insoluble Ash-AIA) เป็นตัวบ่งชี้ภายใน ในการหาการย่อยได้ และทำการศึกษาเรื่องนี้ติดต่อกันมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน ดังนั้นจึงได้ศึกษาถึงการหา % Recovery ของ AIA ในการทดลองนี้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ใช้แกะทดลองเพศผู้จำนวน 18 ตัว น.น. เริ่มต้นเฉลี่ย 26.5 ± 2.3 กก. ก่อนเริ่มทดลอง ตัดขน อาบน้ำ กำจัดพยาธิทั้งภายนอกและภายใน ชั่ง น.น.ตัวติดต่อกัน 3 วันก่อนให้อาหารเช้า จัดแบ่งกลุ่มและเริ่มให้อาหารทดลองทีละน้อยเพื่อปรับสภาพร่างกาย ในสัปดาห์ต่อไปชั่ง น.น.ตัวติดต่อกัน 3 วันอีกครั้ง หาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็น น.น. เริ่มต้น แกะทุกตัวถูกเลี้ยงใน

กรงขังเดี่ยว ได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง เวลาประมาณ 8.30 น. และ 15.30 น.

อาหารที่ใช้ประกอบด้วยฟางธรรมดา หั่นเป็นท่อนยาวประมาณ 1–2 นิ้ว ด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้า ให้กินเต็มที่ เสริมด้วยใบกระถินแห้ง (ไม่บด) คิดเป็นร้อยละของ น.น. ตัว โดยปรับตาม น.น.ตัวที่ชั่งทุกสัปดาห์ดังนี้ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5% สำหรับกลุ่ม 1,2 และ 3 ตามลำดับ แกะทุกตัวได้รับแร่ธาตุผสม Super mix (ของบริษัท Advance Farma) เสริมวันละ 2.5 กรัม และมีน้ำสะอาดใส่ถังให้กินได้ตลอดเวลา

ในระหว่างการทดลองชั่ง น.น. ตัวแกะทุกสัปดาห์ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างอาหารสะสมไว้เพื่อวิเคราะห์ สัปดาห์ที่ 8 ของการทดลองย้ายแกะมาเข้ากรงทดลองหาการย่อยได้ บันทึกปริมาณมูลและปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดทุกวันเป็นเวลา 10 วัน เก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ 10% ของปริมาณที่ขับออกในแต่ละวัน สะสมในตู้แช่แข็ง–20 °ซ เพื่อวิเคราะห์ทางเคมีเช่นเดียวกับตัวอย่างอาหารคือ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนจากมูลสด โดยวิธี Weende Analysis (Naumann and Bassler, 1976) และเยื่อใย (NDF, ADF,ADL) โดยวิธี Forage Fibre Analyses ของ Goering and Van Soest (1970) นอกจากนี้ยังได้ทำการเก็บมูลที่เวลา 12.00 น. จำนวน 20 กรัมทุกวัน สะสมไว้ในตู้แช่แข็ง-20 °ซ เพื่อเป็นตัวแทนของมูลทั้งหมด นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) โดยวิธีของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อศึกษาถึงความแม่นยำในการใช้เป็นตัวบ่งชี้ภายใน (Internal indicator) เปรียบเทียบกับการเก็บมูลทั้งหมด ค่าที่ได้นำมาคำนวณหาการย่อยได้ และเมื่อทดลองได้ครบ 10 สัปดาห์ ชั่งน้ำหนักตัวแกะติดต่อกัน 3 วันอีกครั้ง หาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็น น.น. สุดท้าย

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของฟางและกระถินแห้ง ตลอดจนการย่อยได้ของแกะที่ได้รับฟางเสริมกระถินที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ปริมาณโภชนะที่แกะได้รับจากฟางและกระถิน แสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาพที่ 1 ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แกะได้รับ โปรตีนที่สะสมในร่างกาย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการแลกน้ำหนักแสดงไว้ในตารางที่ 3 และภาพที่ 2

จากข้อมูลทั้งหมดจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มระดับของใบกระถินแห้งขึ้น แกะจะกินอาหารได้มากขึ้นตามลำดับ แม้ว่าปริมาณฟางที่แกะกินได้จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากการแทนที่ของฟางด้วยกระถินในทางเดินอาหาร(Substitution effect) แต่ปริมาณวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุและโดยเฉพาะ

Table 1. Chemical composition of rice straw (RS), dry leucaena leaves (LL) and digestibility coefficients of various rations.

	Chemical composition		% Digestibility		
	RS	LL	RS+0.5%LL	RS+1.0%LL	RS+1.5%LL
DM	89.2	89.1	49.2 ± 2.5	48.6 ± 1.3	48.0 ± 1.4
OM	82.7	91.7	54.5 ± 2.5	53.1 ± 2.2	52.5 ± 1.2
CP	4.0	24.3	45.2 ± 3.2	49.5 ± 1.6	54.2 ± 1.8
NDF	77.5	28.4	47.6 ± 2.5	44.1 ± 1.4	41.9 ± 2.8
ADF	52.4	16.5	40.2 ± 1.9	34.5 ± 0.4	27.1 ± 2.4
ADL	5.3	8.4	− 12.3 ± 7.6	− 29.2 ± 3.9	− 51.8 ± 3.2
AIA	12.0	0.3	96.6* ±4.2	102.8* ± 2.8	103.0* ± 3.0

% LL calculated as percentage of body weight.

* = % recovery

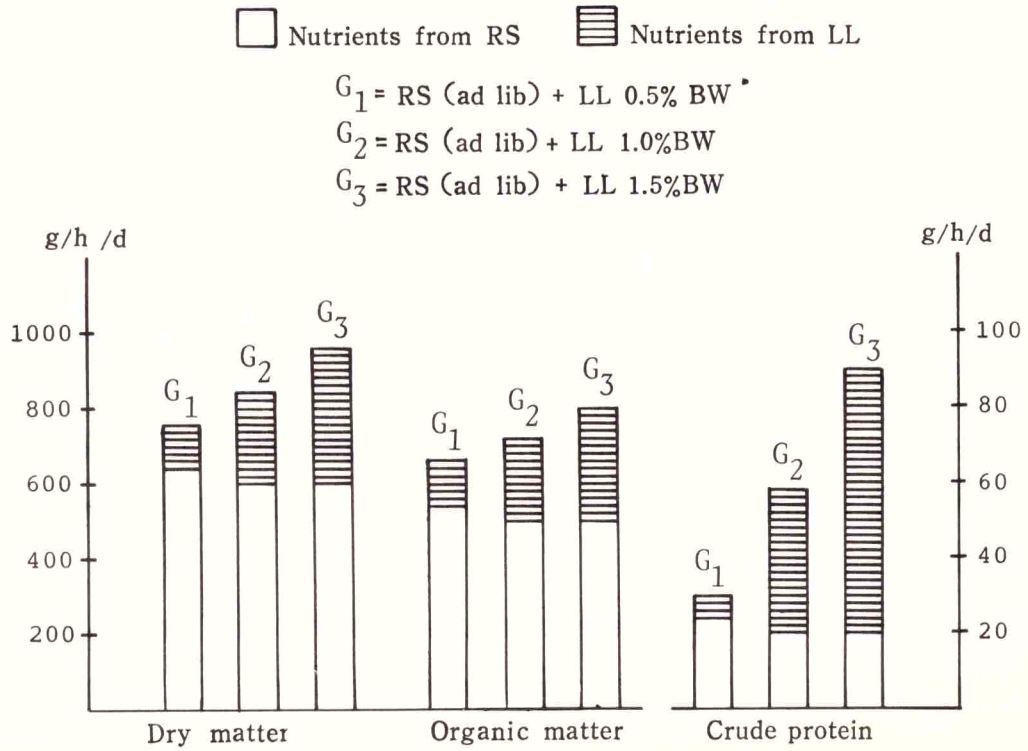


Figure 1. Nutrient intake from rice straw (RS) and leucaena leaves (LL)

Table 2. Nutrient intake from rice straw (RS) and dry leucaena leaves (LL) by sheep fed various levels of LL supplemented to RS.

	LL supplemented to RS at :–		
	0.5% BW	1.0% BW	1.5% BW
Dry matter intake (DMI, g/h/d)	794.1	849.0	978.1
– from RS	667.8 ± 56.8	603.8 ± 74.7	605.8 ± 37.0
– from LL	126.3 ± 25.6	245.2 ± 26.9	372.3 ± 35.2
– LL (% of DMI)	16	29	38
DMI (%BW)	3.0	3.1	3.4
DMI (g/kgW$^{0.75}$)	67.2	70.5	78.9
Organic matter intake (OMI, g/h/d)	668.2	724.3	842.3
– from RS	552.4 ± 47.0	499.5 ± 61.8	501.1 ± 30.6
– from LL	115.8 ± 23.5	224.8 ± 24.6	341.2 ± 32.3
Crude protein intake (CPI, g/h/d)	57.4	83.7	114.6
– from RS	26.8 ± 2.3	24.2 ± 3.0	24.3 ± 1.5
– from LL	30.6 ± 6.2	59.5 ± 6.5	90.3 ± 8.5
Crude protein (% of DMI)	7.2	9.8	11.7

อย่างยิ่งโปรตีนที่แกะได้รับก็สูงขึ้น (ภาพที่ 1 และตารางที่ 2) แสดงว่าการเสริมใบกระถินลงในอาหารหยาบคุณภาพต่ำเช่น ฟางจะทำให้อาหารมีความน่ากินมากขึ้น เป็นเหตุให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น ผลอันนี้สอดคล้องกับรายงานของ Devendra (1982 และ 1983) ที่ให้แกะได้รับกระถินสดเสริมหญ้าที่ระดับ 25, 50 และ 75% ของวัตถุแห้ง หรือกระถินเสริมฟางที่ระดับ 10–60% แต่ในกรณีหลังการตอบสนองจะเป็นแบบ Quadratic คือปริมาณอาหารที่กินได้จะสูงสุดเมื่อเสริมกระถิน 50% จากนั้นจะลดลง และเนื่องจากกระถินมีโปรตีนสูงกว่าฟางมากจึงทำให้ปริมาณโปรตีน

Table 3. Digestible nutrient obtained, CP-retention, Live weight gain and FCR of sheep.

	LL supplemented to RS at :–		
	0.5% BW	1.0% BW	1.5% BW
Digestible nutrient intake (g/h/d)			
– Digestible dry matter intake (DDMI)	390.6	417.7	470.0
– Digestible organic matter intake (DOMI)	364.2	384.3	442.2
– Digestible protein intake (DCPI)	25.9	41.4	62.1
– CP–retention	13.4 ± 1.9	23.5 ± 2.6	42.3 ± 4.3
Intial weight (kg/h)	26.0 ± 2.5	26.2 ± 3.0	26.8 ± 1.7
Final weight (kg/h)	27.8 ± 2.3	29.0 ± 2.8	30.6 ± 2.4
ADG (g/h/d)	24.5[a] ± 6.6	39.5[b] ± 14.6	54.5[c] ±12.8
FCR (kg DM feed/kg gain)	32.4	21.5	17.9

a, b, c – significant difference ($p \leqslant 0.05$)

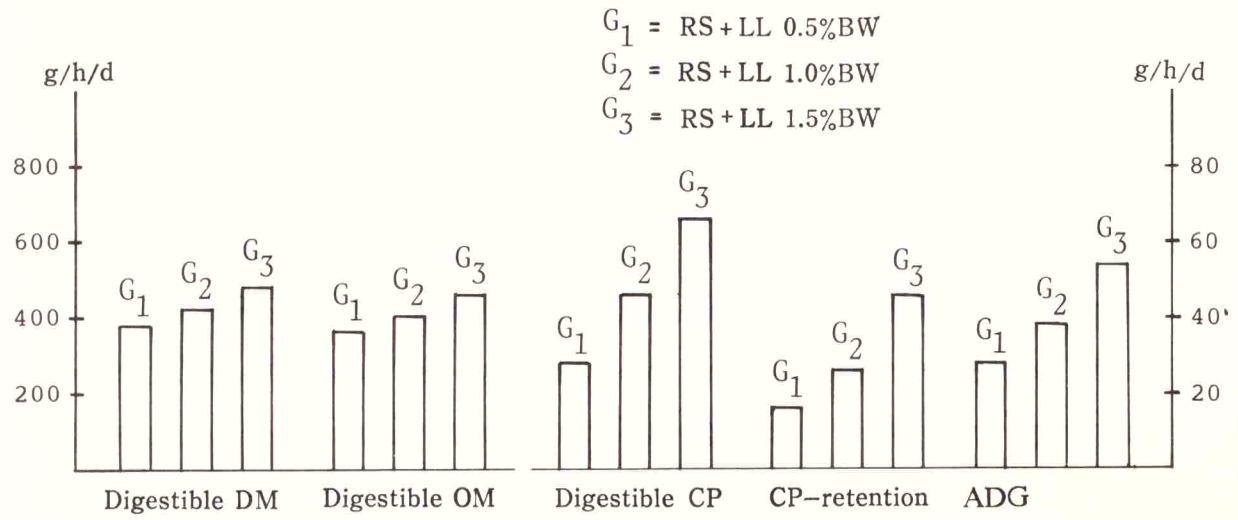


Figure 2. Digestible nutrient obtained, CP–retention and ADG of sheep.

ที่แกะได้รับสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเพิ่มระดับของใบกระถินขึ้น

การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อปริมาณที่สัตว์กินเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) ผลอันนี้เห็นได้ชัดในกรณีของเยื่อใยคือส่วนของผนังเซลล์ (NDF) ส่วนของลิกโน -เซลลูโลส (ADF) และส่วนของ ADL ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อสัตว์กินอาหารได้มากขึ้น อาหารจะผ่านทางเดินอาหารได้เร็วขึ้น (Increase rate of passage) ทำให้จุลินทรีย์และน้ำย่อยจากตัวสัตว์มีเวลาเข้าย่อยอาหารน้อยลง จึงทำให้การย่อยได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับที่ McDonald et al. (1973) ได้รายงานไว้ ทั้งนี้ยกเว้นการย่อยได้ของโปรตีนที่ยิ่งดีขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับโปรตีนสูงขึ้น (เพิ่มระดับใบกระถินขึ้น) ซึ่งเป็นผลทำให้มีการสะสมโปรตีนในร่างกาย (CP-retention) สูงขึ้น (ตารางที่ 3 และภาพ 2) การลดการย่อยได้ของเยื่อใยและเพิ่มการย่อยได้ของโปรตีน ตลอดจนการเพิ่มการสะสมโปรตีนในร่างกายเมื่อเพิ่มระดับใบกระถินขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Devendra (1983) และ Cheva-Isarakul (1987) แม้ว่าการย่อยได้ของโภชนะอื่นในการทดลอง 2 อันหลังที่กล่าวถึงนี้จะไม่ลดลงแต่กลับดีขึ้นก็ตาม

จากผลการทดลองนี้ แม้ว่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่จะลดลงเมื่อแกะกินอาหารได้เพิ่มขึ้น แต่เมื่อคิดเป็นปริมาณโภชนะย่อยได้ (Digestible nutrient) ที่สัตว์ได้รับแล้ว ก็ยังสูงกว่า ตามระดับใบกระถินที่เพิ่มขึ้น (ภาพ 2 และตาราง 3) เพราะปริมาณที่สัตว์กินได้เพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่าการย่อยได้ที่ลดลง ผลอันนี้สอดคล้องกับการเพิ่ม น.น.ตัวของแกะในตารางที่ 3 กล่าวคือแกะกลุ่ม 1 (ได้รับใบกระถินแห้ง 0.5% น.น. ตัว) จะมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 24.5 กรัม/วันเท่านั้น ขณะที่แกะกลุ่ม 2 และกลุ่ม 3 (ซึ่งได้รับใบกระถินแห้ง 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว) เติบโตได้เฉลี่ย 39.5 และ 54.5 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ($P < 0.05$)

ผลจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่า การเสริมใบกระถินแห้งในระดับสูงถึง 1.5% ของ น.น. ตัวแกะ หรือคิดเป็นปริมาณประมาณ 400-450 กรัม/ตัว/วัน ติดต่อกันเป็นเวลานานถึง 10 สัปดาห์ ไม่มีผลทำให้แกะมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลก น.น. ลดลง แต่จะกลับทำให้ดีขึ้น อีกทั้งแกะทดลองก็ไม่แสดงอาการป่วยแต่อย่างใด ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากแกะเหล่านี้เป็นแกะพื้นเมือง หรือมีเลือดพื้นเมืองสูง จึงมีจุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนมิโมซีนให้กลายเป็นสารที่ไม่มีพิษและขับออกนอกร่างกายได้ (Jones,1981) ผลการทดลองนี้น่าจะนำไปใช้เป็นแนวทางการให้อาหารวัวเนื้อและวัวนมได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งที่จำเป็นต้องพึ่ง

พาอาหารหยาบคุณภาพต่ำ

ปัญหาปัจจุบันในการใช้ใบกระถินเป็นอาหารสัตว์น่าจะเป็นเรื่องที่กระถินถูกคุกคามด้วยการระบาดของเพลี้ยไก่ฟ้า Leucaena Psyllid หรือ Jumping plant lice ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Heteropsylea cubana* Crawford (วารี, 2530) กระถินจะมีใบหงิก โดยเฉพาะที่ยอดกิ่งก้านแห้ง ยืนตาย หรือให้ผลผลิตต่ำอย่างเห็นได้ชัด โรคนี้ระบาดเข้ามาในประเทศไทยราวปลายปี 2528 (มณีดุลย์, 2530) ซึ่งปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรกำลังหาทางป้องกันกำจัดอยู่ (จุฑารัตน์, 2530) การระบาดนี้จะทำให้เกษตรกรมีกระถินไม่พอใช้มากกว่าจะมีปัญหาเรื่องใช้กระถินมากไป

สำหรับการใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด AIA เป็นตัวบ่งชี้ภายใน (Internal indicator) ในการหาการย่อยได้ พบว่าค่าที่ขับออกมาในมูล (Total AIA excreated) ใกล้เคียงกับปริมาณที่กินเข้าไป (Total AIA intake) ทั้ง 3 กลุ่มโดยมี % Recovery = 96.60,102.78 และ 102.97 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย = 100.79 ± 4.39 (n=15) ผลจากการทดลองนี้แสดงว่าค่า AIA สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ภายในสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Van Kaulen and Young (1977), ศรีวัฒนสมบัติ และ วรรณพัฒน์ (2527), Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985) อย่างไรก็ดีจากงานอื่นของ ชีวะอิสระกุล (2527–2530, ไม่ได้ตีพิมพ์) พบว่าบางครั้ง % Recovery ของ AIA มีความแปรปรวนมาก (75–150%) ซึ่งยังหาสาเหตุไม่ได้ว่าเนื่องมาจากธรรมชาติของอาหารหรือไม่ จึงควรทำการศึกษาทดลองต่อไปอีกก่อนที่จะสรุปถึงเรื่องนี้ให้แน่ชัด

สรุปผลการทดลอง

1. การเสริมฟางด้วยกระถิน จะทำให้แกะกินอาหารได้มากขึ้น มีการย่อยได้ของโปรตีนดีขึ้น แต่การย่อยได้ของเยื่อใยต่ำลง ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แกะได้รับจะเพิ่มขึ้น มีการสะสมโปรตีนในร่างกายและการเพิ่มน้ำหนักตัวมากขึ้นตามระดับใบกระถินที่เสริม
2. การเสริมกระถินแห้งที่ระดับ 1.5% ของน้ำหนักตัว หรือ 400–450 กรัม/ตัว/วัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ไม่เป็นอันตรายต่อแกะ
3. เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) สามารถที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ภายในสำหรับการทดลองนี้ได้ดี โดยมี % recovery = 100.8 ± 4.4

คำนิยม

ผู้วิจัยขอขอบคุณ International Fund for Science (IFS) ที่ช่วยสนับสนุนด้านงบประมาณ และขอขอบคุณโครงการอาหารสัตว์ไทย–เยอรมันที่ช่วยสนับสนุนด้านเครื่องมือและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหาร ตลอดจน คุณจิตรา ไชยเทพ ที่ช่วยในการวิเคราะห์อาหารในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม; โพธิกานนท์, นิรันดร (2527) สมรรถภาพในการผลิตของวัวรุ่นเพศผู้ ที่ได้ฟางธรรมดา เสริมด้วยกระถิน เปรียบเทียบกับฟาง ปรุงแต่ง ยูเรียเป็นอาหารฐาน. ประชุมวิชาการ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 22 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ 30 มค.–3 กพ. 2527.

ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม และ ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม (2529) สมรรถภาพในการผลิตของวัวรุ่นที่ได้รับฟางข้าวเสริมกระถิน และรำเปรียบเทียบกับฟางปรุงแต่งและรำ วารสารเกษตร, 2 (1): 1–16

มณีดุลย์, ชาญชัย (2530). เพลี้ยไก่ฟ้าทำลายกระถิน. ธุรกิจอาหารสัตว์ 4 (10) : 63–66

ศรีวัฒนสมบัติ, พนอม และ วรรณพัฒน์ เมธา (2527) ผลของการเสริมใบกระถินและ หรือใบผักตบชวาป่นร่วมกับฟางหมักยูเรียในสูตรอาหารกระบือปลักต่อการย่อยได้ และความสมดุลย์ของไนโตรเจน. ประชุมวิชาการ สาขาสัตว์ ครั้งที่ 22 ณ มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ กรุงเทพ ฯ 30 มค.–3 กพ. 2527

หงษ์พฤกษ์, วารี (2530) เพลี้ยไก่ฟ้า เพลี้ยไก่แจ้ (psyllids) ที่พบในประเทศไทยใน "ปัญหาแมลงปากดูดและไรที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจไทย รายงานการประชุมใหญ่สามัญประจำปีทางวิชาการ พ.ศ. 2530 สมาคมกีฏและสัตววิทยา ฯ 3–11

อินทรมงคล, จินตนา ; สิรินันทเกตุ, เกศรินทร์ ; สอนบุญลา, โสวัฒน์ และ รัตนดิลก ณ ภูเก็ต, สุนทราภรณ์ (2525). การศึกษาการใช้ใบกระถินสดในการขุนโคแบบหลังบ้าน รายงานการประชุมประจำปีทางวิชาการ สาขาสัตว์ครั้งที่ 2 กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ : 60–70

อรรถจารุสิทธิ์, จุฑารัตน์ (2530). เพลี้ยไก่ฟ้ากระถิน *(Heteropsylla incisa)* และแนวทางป้องกันกำจัดในประเทศไทยใน "ปัญหาแมลงปากดูดและไรที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย" รายงานการประชุมใหญ่สามัญประจำปีทางวิชาการ พ.ศ. 2530 สมาคมกีฏและสัตววิทยา ฯ: 12–19

Cheva – Isarakul, Bl.and Cheva– Isarakul, Bs. (1985). Variation in nuitritive value of rice straw in northern Thailand. 2 Voluntary feed intake and digestibility by sheep. In Proc. Relevance of Crop Residues as Animal Feeds in Developing Countries. *(Eds. M. Wanapat and C. Devendra).* p. 43–52 Funny Press, Bangkok, Thailand.

Cheva–Isarakul, Bl. (1987). Performance of sheep fed urea – treated or urea-molasses straw with or without fresh Leacaena supplement as compared with fresh grass. Paper presented at the 7 th AAFARR Workshop held at Chiang Mai, Thailand, 2–6 June 1987.

Devendra, C. (1982). The nutritive value of *Leucaena Leucocephala* CV. Peru in balance growth studies with goats and sheep. Mardi Res. Bull., 10(2) : 138–150.

Devendra, C. (1983). Physical treatment of rice staw for goats and sheep and the response to substitution with variable levels of cassava (*Manihot esculenta* Crants), Leucaena *(Leucaena leucocephala)* and Gliricidia (*Gliricidia maculata*) Forages. Mardi Res. Bull., 11 (3): 272–290.

Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970). Forage Fibre Analyses. U.S. D.A. Handbook No. 379.

Jones, R.J. (1981). Does ruminal metabolism of mimosine explain the absence of Leucaena toxicity in Hawaii. Aust. Vet. J. 57 : 55–56.

Manidool, C. (1985). Utilization of tree legumes with crop residues as animal feeds in Thailand. In Proc. Relevance of Crop Residues as Animal Feeds in Developing Countries. *(Eds. M. Wanapat and C. Devendra)* p. 249-272. Funny Press, Bangkok, Thailand.

Mcdonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D. (1973). Animal Nutrition, p. 192. Oliver and Boyd, Edinburgh, London.

Mendoza, R.C. (1983). The use of Leucaena for livestock feed in Asia. A. high-

lights of research into the use of Leucaena for forage in the Philippines. ASPAC Food and Fertilizer Technology Centre, Extension Bulletin No198.

Naumann, K. and Bassler, R. (1976). Methodenbuch Band 3, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Verlag J. Neumann – Neudamm. Melsungen, Federal Republic of Germany.

Promma, S.; Tuikampee, V.; Himarat V. and Vidhyakorn, N. (1985). Production responses of lactating cows fed urea-treated rice straw compared to untreated rice straw supplemented with Leucaena leaves. In Proc. Relevance of crop Residues as Animal feeds in Developing Countries (*Eds. M. Wanapat and C. Devendra*) p. 301–314 Funny Press, Bangkok, Thailand.

Perez, C.B. (1976). Fattening cattle on farm by-products. ASPAC Food and Fertilizer Technology Centre, Extension Bulletin 83 : 1–11.

Perdox, H.B.; Thamoderam, M.; Blom, J.J.; Van den Born, H. and Van Veluw, C. (1982). Practical experiments with urea ensiled straw in Sri Lanka. Paper presented at the Third Annual Seminar on "Maximum Livestock Production from Minimum Land", Joydebpur Bangladesh. Feb. 15-18, 1982.

Van Keulen, J. and YOUNG, B.A., (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant degestibility studies. J. Anim. Sci. 44 : 282-287.

Wongsrikeao, W. and Wanapat, M. (1985). A. comparison of untreated or urea-treated rice straw when supplemented with fresh Leueaena for buffaloes. In Ruminant Feeding Systems Utilizing Fibrous Agricultural Residues-1985. (Ed R.M. Dixon.) p. 49–58. School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Australia.

วารสารเกษตร 4,2 108-121(2531)

Journal of Agriculture 4,2:108-121(1988)

การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบด และถั่วมะแฮะบด โดยวิธีการแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบและการใช้เป็นอาหารเดี่ยวในสัตว์ปีก

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ เทอดชัย เวียรศิลป์
และ บุญล้อม ชื่วะอิสระกุล

METABOLIZABLE ENERGY VALUE OF GROUND PADDY AND GROUND PIGEON PEA DETERMINED BY REGRESSION AND SINGLE FEEDING METHODS IN POULTRY DIETS.

Suchon Tangtaweewipat, Therdchai Vearasilp
and Boonlom Cheva-Isarakul

ABSTRACT: Metabolizable energy value of paddy rice using 4 laying hens and of pigeon pea using 4 adult cockerel broilers were determined by replacement of test meterial in basal diet at 0, 15, 30 and 45 %. This technique was compared to the single feeding method using regression analysis trial, 5 day preliminary period was followed by 4 day collection period during which the amount of feed intake and excreta were collected quantitatively once a day at 11.00 A.M. and determined for DM and gross energy. The results indicated a stepwise reduction in metabolizable energy of the diets as proportion of ground paddy or ground pigeon pea increased. Metabolizable energy value of paddy rice calculated by regression was 8.779 comparing to 10.593 KJ/g as determined by single feeding method while the estimated value for pigeon pea was 7.805 comparing to 5.725 KJ/g, obtained from the single feeding method. Since negative and possitive associative effect have been found in ground paddy and pigeon pea respectively, it is suggested that regression method is suitable for ME determination of both feedstuffs than single feeding method. An alternative method for the regression should be the substitution of test material at 40 % of basal diet.

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50002
Department of Animal Husbandry, Faculty of Anriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

บทคัดย่อ : การศึกษาเพื่อให้ทราบค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบดและถั่วมะแฮะบด โดยการแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45% ด้วยแผนการทดลองแบบ 4×4 Latin square เลี้ยงไก่จำนวน 4 ตัว (การทดลองข้าวเปลือกใช้ไก่ไข่ ส่วนถั่วมะแฮะใช้ไก่เนื้อ) ไก่แต่ละตัวได้รับอาหารสูตรละ 9 วัน ใน 5 วันแรกของการทดลองเป็นระยะปรับตัวให้เคยชินกับอาหารทดลอง และขับถ่ายอาหารที่เคยได้รับสูตรอื่นให้ออกจากร่างกายหมดสมบูรณ์ วันที่ 6–9 เป็นระยะเวลาเก็บข้อมูลของการทดลอง โดยบันทึกปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาทุกวัน เก็บรวบรวมแล้วนำไปอบให้แห้ง วิเคราะห์ค่าพลังงานต่อไป จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธีดังกล่าวกับวิธี ให้ข้าวเปลือกบด หรือถั่วมะแฮะบดเพียงชนิดเดียวแก่ไก่ชุดเดิมต่อไปอีก 9 วัน ทำการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับวิธีแรก ผลปรากฏว่าพลังงานใช้ประโยชน์ของสูตรอาหารมีค่าลดลงตามระดับการเพิ่มวัตถุดิบดังกล่าวในอาหารเปรียบเทียบ ซึ่ง-ข้าวเปลือกบด และถั่วมะแฮะบดมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์เท่ากับ 8.779 กับ 10.593 และ 7.805 กับ 5.725 กิโลจูล/กรัม จากวิธีการแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบและวิธีการให้วัตถุดิบทด-สอบเพียงชนิดเดียวแก่ไก่ทดลอง ตามลำดับ และเนื่องจากในการทดลองนี้พบค่า Associative effect ของข้าวเปลือกบดเป็นลบและถั่วมะแฮะเป็นบวก จึงสรุปว่าวิธี Regression method เหมาะสมในการใช้หาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบทั้งสองมากกว่าวิธีให้กินข้าวเปลือก หรือถั่วมะ-แฮะแต่เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ดีการใช้วัตถุดิบดังกล่าวแทนที่สูตรอาหารที่ระดับ 40% ก็นับว่าใช้ได้เพราะได้ค่าใกล้เคียงกับวิธีแรกมาก

คำนำ

การหาค่าพลังงานของวัตถุดิบแต่ละชนิด เป็นข้อมูลพื้นฐานอย่างหนึ่งสำหรับการประกอบสูตรอาหารให้มีความเหมาะสมต่อความต้องการหรือการให้ผลิตผลของสัตว์ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy;ME) เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารของสัตว์ปีกอย่างแพร่หลาย โดย Farrell (1978) กล่าวว่าการหาค่าหลังงานใช้ประโยชน์อาจทำได้ 2 วิธี คือ การให้วัตถุดิบชนิดที่ต้องการทดสอบแก่ไก่เพศผู้โตเต็มที่กินเพียงชนิดเดียว (Single ingredient feeding) กับการให้วัตถุดิบดังกล่าวแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบที่รู้คุณค่าโภชนะแล้ว (Replacement for a reference diet) ซึ่งการทดสอบด้วยสองวิธีนี้ McIntosh et al. (1962) ได้ทำการศึกษากับเมล็ดธัญญพืช พบว่าไม่มีความแตกต่างมากนัก แต่ Pryor and Conner (1966) พบว่าการใช้วัตถุดิบทดสอบชนิดเดียวแก่สัตว์ ให้ผลเป็นที่น่าพอใจเฉพาะวัตถุดิบประเภทเมล็ดบางชนิดเท่านั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การให้วัตถุดิบแต่เพียงชนิดเดียว มีความเหมาะสมกับวัตถุดิบบางชนิด แต่ไม่เหมาะกับวัตถุดิบทั่ว ๆ ไป เพราะวัตถุดิบบางชนิดอาจมีลักษณะไม่น่ากินหรือมี

คุณค่าโภชนะไม่สมดุลย์ ทำให้เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อมาใช้เป็นพลังงานเป็นเหตุให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ลดลง (Sibbald, 1979) ส่วนการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ โดยการใช้แทนที่อาหารเปรียบเทียบ ให้ผลเป็นที่พอใจกับวัตถุดิบทุกชนิดและทุกการทดลอง ซึ่งวิธีนี้ทำได้โดยเพิ่มระดับของวัตถุดิบที่ต้องการทดสอบขึ้นตามลำดับ (Sibbald et al. 1960) จนถึงระดับปกติที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหาร จากนั้นประมาณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยสมการคาดคะเน (Regression analysis , Miller, 1974) ค่าที่ได้จากวิธีนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากการหาค่าพลังงานของวัตถุดิบนั้นโดยตรง หรือการใช้วัตถุดิบทดสอบแทนที่สูตรอาหารในสัดส่วนต่ำ ๆ (Campbell et al. 1983) แต่ก็เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด เพราะวัตถุดิบแต่ละตัวที่ประกอบกันเป็นสูตรอาหารมีการเสริมสร้างคุณค่าทางโภชนะร่วมกัน (Feed ingredient interaction) ซึ่งไปมีผลทำให้ค่าพลังงานของวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง เรียกกันว่าเกิด Associative effect (Armsby, 1917)

อย่างไรก็ตาม ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ยังผันแปรไปตามวิธีการให้อาหารแก่สัตว์โดย Potter et al.(1960) ให้อาหารแบบจำกัด พบว่าค่าพลังงานสูงขึ้นตามระดับการจำกัดอาหาร คือยิ่งจำกัดอาหารยิ่งได้ค่าพลังงานสูง ซึ่งสอดคล้องกับ Sibbald (1975) ที่ทดลองให้ข้าวสาลีล้วนๆ พบว่าพลังงานรวมของมูลสูงขึ้นเป็นเส้นตรงตามปริมาณการกินอาหาร ซึ่งแสดงว่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารต่อหน่วยเพิ่มขึ้น เมื่อให้ไก่กินอาหารน้อยลงหรือจำกัดอาหารมากขึ้น ส่วนการให้วัตถุดิบทดสอบที่มีเยื่อใยสูง เช่น Anderson et al. (1959) ให้เซลลูโลส (Cellulose) แทนที่กลูโคสระดับต่างๆ ในอาหารไก่เพศผู้ระยะเติบโต ปรากฏว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ลดลงตามระดับการเพิ่มของเซลลูโลส หรือกรณีอัลฟ่าเซลลูโลส ($\mathcal{L}$ -Cellulose) ในการทดลองของ Potter et al. (1960) ก็มีค่าลดลงเช่นกัน

ปัจจุบันนี้นักอาหารสัตว์ไทย มีการศึกษาหาค่าพลังงานของวัตถุดิบกันบ้าง แต่ไม่แพร่หลายนัก ส่วนใหญ่นำค่าพลังงานมาจากตารางมาตรฐานที่รวบรวมโดยหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ซึ่งมีวิธีการหาที่แตกต่างกัน หากมีการนำวัตถุดิบชนิดใหม่เข้ามาใช้ในอาหารสัตว์ จึงจะมีการศึกษาเฉพาะชนิดเกิดขึ้น ข้าวเปลือกบด (Ground paddy) และถั่วมะแฮะบด (Ground pigeon pea) ก็มีแนวโน้มที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์บกเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะข้าวเปลือกมีราคาถูกมากในช่วงเก็บเกี่ยว จึงเหมาะกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวและ/หรือผู้เลี้ยงสัตว์ ที่จะนำเอาวัตถุดิบชนิดนี้เป็นส่วนประกอบในอาหารไก่ สำหรับถั่วมะแฮะก็ได้มีการส่งเสริมการวิจัยหาสายพันธุ์ที่ให้

ผลผลิตสูงขึ้น เพื่อนำเมล็ดมาเป็นแหล่งของโปรตีนในอาหารไก่ทดแทนการใช้กากถั่วเหลือง ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดนี้ยังไม่มีการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์สำหรับอาหารสัตว์ปีกแต่อย่างใด จึงเห็นควรทำการศึกษาเพื่อ

1. หาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกและถั่วมะแฮะ ที่อาจมีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ปีกอย่างแพร่หลายในอนาคต

2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ โดยการแทนที่วัตถุดิบลงในสูตรอาหารที่ระดับต่าง ๆ กัน (Regression method) กับวิธีให้ไก่กินวัตถุดิบนั้นแต่เพียงอย่างเดียว (Single feeding method)

3. เพื่อประเมินค่า Associative effect อันอาจจะมีขึ้นเนื่องจากการใช้วัตถุดิบเหล่านี้ผสมในสูตรอาหารร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ถั่วมะแฮะที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นพันธุ์ฮันท์ (Hunt variety) จากประเทศออสเตรเลีย ส่วนข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีจำหน่ายทั่วไป นำถั่วมะแฮะและข้าวเปลือกมาบดโดยผ่านตะแกรงขนาด 3 มม. สำหรับใช้เป็นอาหารทดลอง และวิเคราะห์ส่วนประกอบโภชนะต่าง ๆ แบบ Proximate analysis (A.O.A.C., 1970) ก่อนที่จะนำไปหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 : การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบด

ใช้ไก่ไข่พันธุ์ซุปเปอร์ฮาร์โก้ (Super Hargo) อายุประมาณ 1 ปี จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4×4 ลาตินสแควร์ (Latin Square Design) โดยใช้ข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารสูตรเปรียบเทียบ 4 ระดับคือ 0, 15, 30 และ 45% ตามลำดับ ดังแผนการทดลองในตารางที่ 1 ไก่ไข่ทดลองแต่ละตัว ถูกเลี้ยงในกรงขนาด 35×43×50 ซม. มีที่ให้น้ำและอาหารอยู่ด้านหน้าของแต่ละกรง ใต้กรงทุกกรงมีถาดรองรับมูลที่ถ่ายออกมา แบ่งระยะเวลาทดลองออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 9 วัน โดยใน 5 วันแรกเป็นระยะปรับตัวของไก่ให้เคยชินกับอาหารทดลอง และขับถ่ายอาหารที่เคยได้รับสูตรอื่นให้ออกจากร่างกายหมดสมบูรณ์ ในระหว่างวันที่ 6–9 เป็นระยะเวลาเก็บข้อมูลของการทดลอง โดยบันทึกปริมาณอาหารที่กิน และมูลที่ถ่ายออกมาทุกวันที่เวลา 11.00 น. มูลไก่ที่รวบรวมได้ในแต่ละวัน นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60° ซ. เป็นเป็นเวลา 65 ชม. บันทึกน้ำหนักแห้งและรวบรวมไว้วิเคราะห์หาพลังงานต่อไป โดยใช้เครื่อง

Ballistic bomb calorimeter และมีสูตรอาหารเปรียบเทียบ (Control) แสดงไว้ในตารางที่ 2

หลังจากที่ไก่ไข่ทุกตัวได้รับอาหารทดลองครบทั้ง 4 สูตรแล้ว ได้ขยายเวลาการทดลองออกไปอีก 9 วัน โดยให้อาหารเฉพาะข้าวเปลือกบดแต่เพียงชนิดเดียว และดำเนินการทดลองเหมือนในช่วงแรกทุกประการ

การทดลองที่ 2 : การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของถั่วมะแฮะบด

ใช้ไก่เนื้อพันธุ์ เอ. เอ 707 (A.A.707) อายุ 7 สัปดาห์ น้ำหนักเฉลี่ย 1.75 กก. เป็นสัตว์ทดลอง มีแผนและวิธีการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ทุกประการ ยกเว้นอาหารทดลองที่ใช้เป็นถั่วมะแฮะแทนที่ข้าวเปลือกบด โดยมีสูตรอาหารทดลอง 4 สูตรและสูตรอาหารเปรียบเทียบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

Table 1. Composition of four experimental diets.

Materials	Expermental diets			
	1	2	3	4
Basal or control diet (%)	100	85	70	55
Test material[1] (%)	0	15	30	45

[1]Ground paddy in 1st experiment and ground pigeon pea in 2nd experiment.

การคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) : คำนวณจากค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ปรากฏ (Apparent Metabolizable Energy : AME) ตามสูตร

$$ME = \frac{(I \times GEi) - (E \times GEe)}{I}$$

เมื่อ I = ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake)

E = ปริมาณมูลไก่ (Excreta)

GEi = พลังงานรวมของอาหาร (Gross energy of feed)

GEe = พลังงานรวมของมูล (Gross energy of excreta)

Table 2. Composition of basal diets in ground paddy and ground pigeon pea experiments.

Ingredients (kg)	Experiments	
	ground paddy	ground pigeon pea
Yellow corn (8.9% CP.)	64.16	68.50
Rice bran (12.0% CP.)	10.00	10.00
Soybean meal (44.0% CP.)	9.58	12.00
Fish meal (57.0% CP.)	9.71	8.00
Dicalcium phosphate	–	1.00
Oyster shell	5.80	–
Salt	0.50	0.25
Premix (MB-Mix)[1]	0.25	0.25
Total	100.00	100.00
Calculated chemical composition (% D.M. basis)		
Crude Protein	16.66	17.07
ME (kJ/g)	12.28	12.92
Crude Fiber	3.99	4.28
Calcium	3.00	0.90
Avi. phosphorus	0.50	0.62
Methionine	0.49	0.34
Lysine	0.88	0.88

[1] May & Baker products.

จากนั้นนำค่าเฉลี่ย ME ที่ได้จากสัตว์ทุกตัวในแต่ละการทดลองไปเข้าสมการคาดคะเนเส้นตรง (Linear regression analysis) เพื่อคาดคะเนค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบดและถั่วมะแฮะบด เปรียบเทียบกับค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ได้จากการให้สัตว์ทดลองกินข้าวเปลือกบดหรือถั่วมะแฮะบดแต่เพียงชนิดเดียว และเพื่อคำนวณค่าของ Associative effect ต่อไป โดยดูว่าค่าที่คำนวณได้จากวิธีแรกเบี่ยงเบนไปจากวิธีที่สองอย่างไร ถ้าวิธีแรกมีค่าสูงขึ้น ถือว่า Associative effect เป็นบวก ถ้ามีค่าลดลง ถือว่าเป็นลบ

อนึ่ง แม้ว่าจุดประสงค์ข้อที่ 2 ในการทดลองครั้งนี้จะต้องเปรียบเทียบค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการศึกษาโดยวิธีทั้ง 2 ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่เนื่องจากในการคำนวณสามารถที่จะหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบที่ใช้แทนที่สูตรอาหารแต่ละระดับได้ด้วย จึงคำนวณหาค่าดังกล่าวเป็นผลพลอยได้ โดยใช้สมการ :–

$$\text{ME } \textbf{วัตถุดิบ} = \frac{\text{ME อาหารผสมที่ระดับทดสอบ} - (\text{\% อาหารฐานที่ระดับทดสอบ} \times \text{MEอาหารฐาน})}{\textbf{\% วัตถุดิบทดสอบที่ระดับนั้น ๆ}}$$

ผลการทดลอง

ส่วนประกอบทางโภชนะต่าง ๆ ของข้าวเปลือกบดและถั่วมะแฮะบดแสดงไว้ในตารางที่ 3

Table 3. Nutrient composition of ground paddy and ground pigeon pea (% D.M. basis).

Item	Ground paddy	Ground pigeon pea
Dry matter	87.44	88.94
Crude protein	8.71	21.32
Ether extract	2.11	1.69
Crude fiber	13.12	7.39
Nitrogen free extract	69.94	65.69
Ash	6.12	3.91
Gross energy (kJ/g)	15.23	16.96

จากค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบด ในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของข้าวเปลือกบดแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบสูงขึ้น ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของสูตรอาหารนั้นจะลดลง และเมื่อนำค่าเหล่านี้ไปเข้าสมการคาดคะเนเส้นตรง (Linear regression analysis) เพื่อทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบด พบว่าค่าที่ได้จากสมการดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า ค่าพลังงาน ใช้ประโยชน์ ที่ได้ จากการ ให้ไก่ ทดลองกิน แต่ ข้าวเปลือกบด อย่าง เดียว (8.779 เปรียบเทียบกับ 10.593 กิโลจูล/กรัมตามลำดับ) ซึ่งสมการคาดคะเนเส้นตรงของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในข้าวเปลือกที่คำนวณได้คือ

$$Y = 12.079 - 0.033\ X$$

$$(r = -0.95 \text{ at } 14 \text{ d.f.})$$

เมื่อ Y = ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบด (กิโลจูล/กรัม, kJ/g)

X = ระดับการใช้ข้าวเปลือกบด (%)

พลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบด ที่ใช้แทนที่ส่วนอาหาร เปรียบเทียบแต่ละระดับ (15, 30 และ 45%) จะมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคาดคะเนด้วยสมการเส้นตรงคือเฉลี่ย 8.498 ± 0.440 เปรียบเทียบกับ 8.779 กิโลจูล/กรัมตามลำดับ และน้อยกว่าค่าที่ได้จากการใช้ข้าวเปลือกล้วน ๆ เลี้ยงไก่

ถั่วมะแฮะบด: ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของสูตรอาหารผสมถั่วมะแฮะมีค่าลดลง (ตารางที่ 4) เมื่อสัดส่วนของถั่วมะแฮะในสูตรอาหารสูงขึ้น อย่างไรก็ดีพบว่าพลังงานใช้ประโยชน์ของถั่วมะแฮะที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการคาดคะเนเส้นตรง มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการให้ไก่ทดลองกินแต่ถั่วมะแฮะอย่างเดียว (7.805 และ 5.725 กิโลจูล/กรัม ตามลำดับ) สมการคาดคะเนเส้นตรงของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในถั่วมะแฮะที่คำนวณได้คือ

$$Y = 13.205 - 0.054\ X$$

$$(r = -0.95 \text{ at } 14 \text{ d.f.})$$

เมื่อ Y = ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของถั่วมะแฮะบด (กิโลจูล/กรัม kJ/g)

X = ระดับการใช้ถั่วมะแฮะ (%)

Table 4. ME values of ground paddy or ground pigeon pea at different levels of replacemeat in basal diet and the estimated values obtained by linear regression analysis in poultry diets.

Level of ground paddy or pigeon pea in diets (%)	Ground paddy		Ground pigeon pea	
	ME of diet	ME of ground paddy at single level[3]	ME of diet	ME of pigeon pea at single level[3]
	kJ/g			
0	12.126	–	13.081	–
15	11.506	7.993	12.461	8.948
30	11.129	8.803	11.796	8.798
45	10.583	8.697	10.579	7.521
$\overline{X}$	–	8.498±0.440	–	8.422±0.784
100	8.779[1]	–	7.805[1]	–
100	10.593[2]	–	5.725[2]	–

[1] Value from regression method

[2] Value from single feeding method

[3] $$\text{ME of ingredient} = \frac{\text{ME of diet} - (\text{\% basal diet} \times \text{ME of basal diet})}{\text{\% test ingredient in diet}}$$

สำหรับค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของถั่วมะแฮะบดที่คำนวณได้จากการแทนที่ส่วนอาหารเปรียบเทียบแต่ละระดับ (15, 30 และ 45%) จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าที่ได้จากการคาดคะเนด้วยสมการเส้นตรงเล็กน้อย (8.422±0.784 เปรียบเทียบกับ 7.805 กิโลจูล/กรัม ตามลำดับ) แต่ก็ยังใกล้เคียงกันมากกว่าค่าที่ได้จากการใช้ถั่วมะแฮะล้วน ๆ เลี้ยงไก่

เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการใช้วัตถุดิบ (ข้าวเปลือก หรือ ถั่วมะแฮะ) ผสมในสูตรอาหารเลี้ยงไก่ เปรียบเทียบกับการใช้วัตถุดิบชนิดนั้น ๆ แต่เพียงชนิดเดียว พบว่าค่าที่ได้โดยวิธีแรกมีแนวโน้มต่ำกว่าวิธีหลัง (ในกรณีของข้าวเปลือก) และสูงกว่า (ในกรณีของถั่วมะแฮะ) แสดงว่าเกิด Associative effect ขึ้น โดยมีค่าเป็น – 20.7% และ + 26.6% ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบดและถั่วมะแฮะบดโดยการแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบระดับ 0, 15, 30 และ 45% นั้น ผลปรากฏว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของสูตรอาหารลดลง ตามระดับการเพิ่มของวัตถุดิบ ซึ่งการลดลงในกรณีของข้าวเปลือกบด อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. ข้าวเปลือกบดมีค่า ME ต่ำกว่าสูตรอาหารควบคุม (ตาราง 4 ที่ระดับข้าวเปลือก 0%)

2. ข้าวเปลือกบดมีเยื่อใยสูง 13.12% เมื่อนำไปแทนที่อาหารเปรียบเทียบที่มีเยื่อใยต่ำเพียง 3.99% ทำให้อาหารทดลองมีเยื่อใยสูงตามไปด้วย จำนวนเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นนี้นอกจากจะไม่ถูกย่อยในร่างกายแล้วยังไปขัดขวางการย่อยได้ของโภชนะอื่นในสูตรอาหารด้วย จึงทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ลดน้อยลง ดังเช่นในกรณีของการเพิ่มเซลลูโลส (Cellulose) ในอาหารไก่ระยะเติบโต (Anderson et al. 1959) หรือการเพิ่มระดับของอัลฟ่าเซลลูโลส ($\mathcal{L}$ – Cellulose) ในอาหารลูกไก่ (Potter et al. 1960) เป็นต้น

อย่างไรก็ดีพบว่าเมื่อใช้ข้าวเปลือกบดเป็นอาหารเดี่ยวเลี้ยงไก่ กลับมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์สูงกว่าเมื่อใช้แทนที่ในสูตรอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้าวเปลือกมีซิลิก้าเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร เมื่อจำนวนข้าวเปลือกเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้จำนวนซิลิก้าเพิ่มตามไปด้วย เปลือกข้าวและซิลิก้าเหล่านี้เมื่อเข้าไปอยู่ในกระเพาะบด (Gizzard) ของไก่ในจำนวนที่มากพอ อาจมีส่วนช่วยทำให้ประสิทธิภาพของการบดอาหารในบริเวณนั้นดีขึ้น เป็นผลให้เมื่อใช้ข้าวเปลือกบดแต่เพียงชนิดเดียวเป็นอาหารไก่ แล้วมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ลดลงไม่มากนัก เพราะส่วนที่ลดลงเนื่องจากระดับเยื่อใยที่เพิ่มขึ้น ได้รับการชดเชยจากประสิทธิภาพการย่อยที่ดีขึ้นอันเนื่องมาจากซิลิก้าในกระเพาะบด

สำหรับในกรณีของถั่วมะแฮะบด แม้ว่าถั่วมะแฮะจะมีโปรตีนค่อนข้างสูง (21.3%) และเยื่อใยน้อย (7.39%) แต่เนื่องจากมันมีสารยับยั้งการนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ อันได้แก่สารยับยั้งทริพซิน (Trypsin inhibitor ; Visitpanich et al. 1985) และสารยับยั้งไคโมทริพซิน (Chymotrypsin inhibitor ; Jambunathan and Singh, 1980) จึงทำให้การใช้ประโยชน์ของโปรตีนจากถั่วมะแฮะลดลง ซึ่งอาจมีผลทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของถั่วมะแฮะลดน้อยลงตามระดับการใช้ถั่วมะแฮะแทนที่ในอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับ 45% และผลนี้จะยิ่งเห็นชัดขึ้นเมื่อให้ถั่วมะแฮะแต่เพียงอย่างเดียว (100%) เลี้ยงไก่ ด้วยเหตุนี้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของถั่วมะแฮะที่ได้จากการแทนที่ในสูตรอาหารเปรียบเทียบหลายระดับ (Regression method) จึงใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการแทนที่ที่ระดับใดระดับหนึ่ง และสูงกว่าการใช้เป็นอาหารเดี่ยวมาก มีผลให้ค่า Associative effect เป็นบวก

ความแตกต่างของค่าพลังงาน ใช้ประโยชน์ที่ ปรากฏจากวิธีการ ให้อาหารไก่สองวิธีนี้ทำให้พิจารณาได้ว่า ในกรณีของข้าวเปลือกบด ถ้านำค่าที่ได้จากวิธีการให้สัตว์ทดลองได้รับแต่อาหารทดสอบเพียงชนิดเดียว (Single feeding method) มาคำนวณสูตรอาหารเลี้ยงไก่ จะมีผลทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ไก่ได้รับต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เพราะข้าวเปลือกมีค่า Associative effect เป็นลบนั่นเอง ดังนั้นการใช้ค่าดังกล่าวไปคำนวณสูตรอาหาร จึงอาจมีผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพการให้ผลผลิต ตลอดจนอัตราการเปลี่ยนอาหารเลวลงได้ ในทางตรงกันข้ามจากกรณีของ Associative effect ของถั่วมะแฮะที่มีค่าเป็นบวก เมื่อนำค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ได้จากวิธีการใช้ถั่วมะแฮะอย่างเดียวเลี้ยงไก่ ไปใช้ในการคำนวณสูตรอาหารสำหรับไก่แล้ว จะทำให้สัตว์ได้รับพลังงานมากเกินความต้องการที่แท้จริง หรือไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการเลี้ยงดูซึ่งอาจทำให้เกิดผลเสียได้ เช่น กรณีที่ต้องการจำกัดพลังงานในอาหารไก่พ่อแม่พันธุ์หรือปู่ย่าพันธุ์และไก่สาวก่อนไข่ เพื่อไม่ให้ไก่ได้รับพลังงานมากเกินไป หรืออาจทำให้สัดส่วนของพลังงานกับโปรตีน (CP–ratio) ของอาหารนั้นไม่เหมาะสมกับสัตว์ที่เลี้ยง เป็นต้น

ด้วยเหตุนี้จึงอาจกล่าวได้ว่า ในกรณีของวัตถุดิบที่ทำการศึกษาครั้งนี้ การหาพลังงานใช้ประโยชน์โดยวิธีการให้สัตว์กินวัตถุดิบนั้นแต่เพียงอย่างเดียว นับว่าไม่เหมาะสม เพราะค่าที่ได้จะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปมาก สมควรหาโดยวิธีการแทนที่สูตรอาหารระดับต่าง ๆ แล้วนำค่าที่ได้มาเข้าสมการคาดคะเนเส้นตรง (Linear regression) จะได้ค่าที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการคำนวณสูตรอาหารจริงมากกว่า หรือถ้าไม่สะดวกที่จะใช้วิธีการดังกล่าว (ซึ่งต้อง

ใช้วิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า ใช้เวลานานกว่าและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่า) อาจใช้วิธีแทนที่สูตรอาหารฐานที่ระดับใดระดับหนึ่ง เช่น ที่ระดับ 40% จะทำให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จาก Regression method มาก ดังแสดงในตารางที่ 4

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้ข้าวเปลือกบด หรือถั่วมะแฮะบด แทนที่ส่วนของ อาหารเปรียบ เทียบเป็นสัดส่วนสูงขึ้นไปจนถึงระดับสูงสุด 45% แล้วนำมาเข้าสมการ Regression จะได้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์เท่ากับ 8.779 และ 7.805 กิโลจูล/กรัม ตามลำดับ

2. การใช้ข้าวเปลือกบดหรือถั่วมะแฮะบดเป็นอาหารเลี้ยงไก่ทดลองแต่เพียงอย่างเดียว (Single feeding method) ทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์เท่ากับ 10.593 และ 5.725 กิโลจูล/กรัม ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าสูงและต่ำกว่าความเป็นจริงเมื่อนำวัตถุดิบดังกล่าวไปผสมในอาหาร จึงนับว่าการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบดังกล่าวโดยวิธีการนี้ไม่สู้จะเหมาะสมนัก

3. ถ้าไม่สะดวกที่จะหาพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบโดยวิธี Regression method อาจใช้วัตถุดิบแทนที่อาหารฐานที่ระดับประมาณ 40% เพียงระดับเดียวจะทำให้ได้ค่าใกล้เคียงกับวิธี Regression method มาก

4. ผลจากการใช้ข้าวเปลือกบดหรือถั่วมะแฮะบด ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ในสูตรอาหาร ก่อให้เกิด Associative effect ที่เป็นลบและบวก ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Dr. R. Elliott, Dr. E. S. Batterham, ดร. บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ ผศ. ธีระ วิสิทธ์พานิช ในการให้คำแนะนำต่อการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยการเกษตรระหว่างประเทศของออสเตรเลีย (ACIAR) ในการให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Anderson, D.L., Hill, F.W. and Renner, R. (1959). Studies of the metabolizable and productive energy of glucose for the growing chick. J. Nutrition 65: 561–574.

Armsby, H.P. (1917). The nutrition of farm animals. In P.J. Van Soest. (1982). Nutrition ecology of the ruminant, Oregon : O & B Books. Inc.

Campbell, G.L. , Campbell, L.D. and Blair, R. (1983). Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. Poultry Sci. 62 : 705-707.

Farrell, D J. (1978). Rapid determination of metabolizable energy of feeds using cockerels. Br. Poultry Sci. 19 : 303-308.

Jambunathan, R. and Singh, U. (1980). Grain quality of pigeon pea. In Proceeding internation workshop on pigeon peas. ICRISAT, Patancheru, India. Vol. 1, pp 351-356.

McIntosh, J.I., Slinger, S.J. Sibbald, I.R. and Ashton, G.C. (1962). Factors affecting the metabolizable energy and grit feeding on the availability of the energy of wheat, corn, oats and barley. 8. A study on the effect of dietary balance. Poultry Sci. 41 : 445-456.

Miller, W.S. (1974). In Energy requirements of poultry, p. 91. Eds. T.R. Morris and B.M. Freeman. Edinburgh : British Poultry Science.

Potter, L.M., Matterson, L.D. Arnold, A.W., Pudelkiewicz, W.J. and Singsen, E.P. (1960). Studies in evaluating energy content of feeds for the chick. I. The evaluation of the metabolizable energy and productive energy of alpha cellulose. Poultry Sci. 39 : 1166-1178.

Pryor, W.J. and Conner, J.K. (1966). In Recent advances in animal nutrition-1979 (Studies in the agricultural and food sciences) pp 38-39. Eds. W. Haresign and D. Lewis. London : Butterworths.

Sibbald, I.R., Summers, J.D. and Slinger, S.J. (1960). Factors affecting the metabolizable energy centent of poultry feeds. Poultry Sci. 39 : 544-556.

Sibbald, I.R. (1975). The effect of level of feed intake on metabolizable energy values measured with adult roosters. Poultry Sci. 54 : 1990-1997.

Sibbald, I.R. (1979). Metabolizable energy evaluation of poultry diets. In W. Haresign and D. Lewis. Recent advances in animal nutrition. (1979). (Studies in the agricultural and food sciences) London. Butterworths.

Vistipanich, T., Batterham, E.S. and Norton, B.W. (1985). Nutritional value of chickpea *(Cicer arietinum)* and pigeon pea *(Cajanus cajan)* meals for growing pigs and rats. I. Energy content and protein quality. Aust. J. Agric. Res. 36 : 327-335.

วารสารเกษตร 4,2 122-132(2531)
Journal of Agriculture 4,2:122-132(1988)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวแดงโดย Monascus purpureus

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล เมธินี เหว่ซึ่งเจริญ และ เรณู ปิ่นทอง

FACTORS AFFECTING RED RICE PRODUCTION BY Monascus purpureus

Aran H-Kittikun, Methinee V-Charern and Renu Pinthong

ABSTRACT: The factors that affected red rice production by *Monascus purpureus* were investigated. *M. purpureus* CMU-KU was the best strain for pigment production from the nine strains tested. The ratio of rice and water of 1:1 and 3:4 were suitable for pigment production by this strain. Non-glutinous rice vareity Leung 148 was the best variety for pigmentation. Method of milling also had an effect on pigment production. Rice polished for 3 minutes gave highest pigment with the concentration of 5.40 units (OD 500). Addition of some nutrient such as yeast extract, peptone, glutamate or ammonium sulfate did not stimulate pigment production. Neither did addition of iron, manganese or zinc ($10^{-2} - 10^{-3}$ M). The optimum cultural conditions for pigmentation by this strain were incubation temperature of 30-35 °C with higher than 74% relative humidity.

บทคัดย่อ: การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตข้าวแดงโดย *Monascus purpureus* จากการทดสอบ *M. purpureus* 9 สายพันธุ์ พบว่า *M. purpureus* CMU-KU เป็นสายพันธุ์ที่สร้างสีแดงดีที่สุด อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำเป็น 1 : 1 และ 3 : 4 คืออัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสร้างสี และข้าวสารเจ้าพันธุ์ที่ดีที่สุดคือ เหลือง 148 วิธีการสีข้าวก็มีผลต่อการสร้างสีโดยข้าวที่ขัด 3 นาที จะให้สีได้ดีที่สุด มีค่าความเข้มข้นเป็น 5.40 หน่วย (OD 500) การเติมสารอาหารบางชนิดเช่น ยีสต์เอกซแตรก เปปโทน กลูตาเมท หรือ แอมโมเนี่ยมซัลเฟตไม่ได้ช่วยกระตุ้นการสร้างสี การเติมเหล็ก แมงกานีส หรือสังกะสี ($10^{-2} - 10^{-3}$ M) ก็ไม่ช่วยให้การสร้างสีเพิ่มขึ้น สภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการสร้างสีคือ อุณหภูมิ 30–35 °ซ และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 74%

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002
Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

คำนำ

สีธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักใช้ผสมอาหารมานานนับร้อย ๆ ปี คือ สีแดงที่ได้จากการเจริญของเชื้อรา *Monascus purpureus* เพาะเลี้ยงบนข้าว เรียกว่า ข้าวแดง นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออก โดยมีต้นกำเนิดจากประเทศจีน อาหารที่ใช้ข้าวแดงผสมมี ไวน์ข้าว เต้าหู้ยี้ อาหารหมักพวกปลาและ เนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวแดงมีสรรพคุณในทางรักษาโรคบางชนิดด้วย (Wong and Koehler, 1981) ประเทศไทยจัดเป็นแหล่งผลิตข้าวที่ใหญ่แห่งหนึ่งของโลก ควรพิจารณาถึงการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น หากมีการส่งเสริมการผลิตและการใช้ข้าวแดงอย่างจริงจัง นอกจากจะช่วยให้ข้าวมีราคาเพิ่มขึ้นแล้วยังก่อเกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภคอาหารเจือสีด้วย

ข้าวแดงได้จากการเจริญของเชื้อรา *M. purpureus* Went, *M. anka* หรือ *M. kaoliang* บนข้าว เชื้อราในกลุ่มนี้ยังสามารถเจริญและสร้างสีในวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ขนมปัง และหมั่นโถ (Lin and Lizuka, 1982) หรือมันสำปะหลัง (ยงสมิทธิ์ และ ทาบโลกา, 2523) Lin (1973) ทดลองใช้อาหารเหลวซึ่งมี ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเหนียวและข้าวเจ้า เป็นวัตถุดิบพบว่า การเพาะเลี้ยง *Monascus* sp. F-2 ในข้าวเจ้าจะให้ปริมาณสีสูงสุด Shepherd (1977) ศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์ *Mcnascus* มากกว่า 40 สายพันธุ์พบว่า *M. purpureus* ATCC 16427 สามารถเจริญและสร้างสีได้ดีในอาหารเหลวที่มีกลูโคส (Glucose) เป็นแหล่งคาร์บอน และโซเดียมไนเตรท (Sodium nitrate) เป็นแหล่งไนโตรเจน เชี่ยวธีรกุลและคณะ (2519) พบว่า *M. purpureus* K 001 สร้างสีได้ดีกว่าเชื้อราอีกสามสายพันธุ์ที่ทดสอบ เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้น 6 ชนิด พบว่า *M. purpureus* K 001 เจริญบนอาหาร Yeast malt ager หรือ Glucose starch agar ให้สีดีที่สุด McHan and Johnson (1970) ศึกษาการใช้อาหารเหลวเพาะเลี้ยง *M. purpureus* พบว่าเชื้อนี้เจริญดีที่สุดในอาหาร Glucose peptone yeast extract broth และพบว่าอาหารสังเคราะห์ที่มีสังกะสี ร่วมกับกรดอะมิโนไกลซิน (Glycine) ลิวซีน (Leucine) และทริปโตเฟน (Tryptophan) ช่วยเร่งการเจริญ Lin (1973) ศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการสร้างสารสีแดงโดย *Monuscus* sp. F-2 พบว่า อาหารที่ประกอบด้วยแป้ง 3.5% และเกลือไนเตรทของ โซเดียมหรือโปแตสเซียม 0.5% ที่ pH 6.0 จะผลิตสีได้ดีที่สุด Carels and Shepherd (1977) พบว่าระหว่างการเพาะเลี้ยง *Monascus* ในอาหารต่าง ๆ กัน อาหารจะมี pH ไม่เท่ากัน และทำให้สร้างสีได้ต่างกัน เมื่อเจริญในอาหารที่มียีสต์เอกซแตรก (Yeast ex-

tract) หรือไนเตรท อาหารจะมี pH ประมาณ 2.5 และเชื้อจะสร้างสีส้ม Bau and Wong (1979) ศึกษาพบว่า สังกะสีที่ความเข้มข้น 2×10^{-3} M และ 3×10^{-3} M ยับยั้งการเจริญและการสร้างสีของ *M. purpureus* ในอาหารเหลว แต่ถ้าเป็นอาหารแข็งที่มีสังกะสีในปริมาณเท่ากัน เชื้อยังคงเจริญและสร้างสีได้ดี

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการผลิตข้าวแดงโดย *M. purpureus* เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตข้าวแดงในระดับกึ่งอุตสาหกรรมในสภาพแวดล้อมของประเทศไทยในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. จุลินทรีย์ *Monascus purpureus* TISTR 3002, TIRTS 3003, TISTR 3006, TISTR 3090, TISTR 3111, TISTR 3177 และ TISTR 3179 ได้รับความเอื้อเฟื้อจากศูนย์เก็บรวบรวมพันธุ์จุลินทรีย์ Bangkok MIRCENS. สำหรับอีก 2 สายพันธุ์ คือ CMU–KU และ CMU–FST เป็นสายพันธุ์ที่มีอยู่ในภาควิชาชีววิทย และภาควิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เก็บเชื้อทั้งหมดในหลอดวุ้นเอียงของอาหาร PDA เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 °ซ 7 วัน แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น การเตรียมเชื้อเริ่มต้นใช้เชื้อจากหลอดวุ้นเอียงเพาะเลี้ยงในจานอาหาร PDA 10 วันแล้วจึงนำไปทดลอง

2. การเตรียมข้าว ข้าวที่ใช้ในการทดลอง มีข้าวสารเจ้าสายพันธุ์ กข 7, กข 23, กข 25, ข้าวดอกมะลิ 105 และเหลืองใหญ่ 148 ได้รับความเอื้อเฟื้อจากสถานีทดลองข้าวสันป่าตอง และข้าวสารเจ้าพิจิตรซึ่งซื้อจากท้องตลาด การทดลองช่วงแรกใช้ข้าวต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 นึ่งข้าวในรังถึงนาน 20 นาที แล้วชั่งข้าวสุก 50 กรัมใส่ฟลาสก์ (Flask) ขนาด 500 มล. นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 15 นาที เพื่อทดสอบผลของความชื้นใช้ข้าวสารเจ้า 15 กรัม ใส่น้ำในอัตราส่วนต่าง ๆกัน นึ่งในขวดแยมขนาด 285 กรัม แล้วจึงนำข้าวสารจากขวดใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มล. เกลี่ยข้าวให้กระจายทั่วฟลาสก์ก่อนนำไปฆ่าเชื้อ

3. การเติมเชื้อและการเพาะเลี้ยง ใช้ลูป (Loop) ตัดเฉพาะบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อ *M. purpureus* ที่เจริญในจานอาหาร PDA ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร นำไปวางในฟลาสก์ข้าวที่จะทดสอบแล้วนำฟลาสก์ทั้งหมดไปบ่มที่ 30 °ซ เขย่าฟลาสก์เมื่อครบ 2 วัน และ 4 วัน สังเกตการเจริญของเส้นใย และวัดปริมาณสีเมื่อครบ 14 วัน

4. การวัดปริมาณสี ชั่งข้าวแดง 0.1 กรัม ใส่หลอดฝาเกลียว ใช้แท่งแก้วคนบดข้าวแดงให้มีขนาดเล็กลง แล้วเติมสารสกัด 10 มล. ประกอบด้วย เกลือแกง 1% และแอลกอฮอล์ 95% ในอัตราส่วน 1 : 1 ปิดฝาหลอด เขย่าอย่างแรง 5 นาที นำไปปั่นด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำเอาเฉพาะส่วนใสไปวัดการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 500 นาโนเมตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของสายพันธุ์ *M. purpureus* ต่อการสร้างสี

การทดลองเพาะเลี้ยง *M. purpureus* 9 สายพันธุ์ ในข้าวพันธุ์พิจิตร เป็น เวลา 14 วัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นว่า *M. purpureus* TISTR 3006 เจริญได้ดีที่สุดแต่ให้ปริมาณสีต่ำมาก และลักษณะสีที่ได้ออกสีน้ำตาลเหลือง ขณะที่ *M. purpureus* TISTR 3090 ให้ปริมาณสีมากที่สุดในกลุ่มสายพันธุ์จาก TISTR แต่ข้าวแดงที่ ได้มี ลักษณะ ออก สี เหลือง ส้ม สำหรับสายพันธุ์ *M purpureus* CMU–KU เป็นสารพันธุ์ที่ให้ปริมาณสีสูงสุด และข้าวแดงที่ได้

Table 1. Pigment production by *M. purpureus* in variety Pijit rice after 14 days of incubation at 30 °C.

Strain of *M.purpureus*	Amount of rice without color (gm)*	Amount of red pigment (unit OD 500)
TISTR 3002	13.1	0.83
TISTR 3003	6.3	0.47
TISTR 3006	0	0.67
TISTR 3090	7.7	1.85
TISTR 3111	14.6	0.67
TISTR 3177	11.0	0.82
TISTR 3179	5.6	1.60
CMU-KU	7.7	2.70
CMU-FST	9.5	1.70

*Initial steamed rice 50 g.

มีสีแดงเข้มจนเกือบเป็นสีม่วง

จากการทดลองนี้จะเห็นว่า สายพันธุ์ของ *M. purpureus* ที่ใช้ผลิตข้าวแดงมีผลต่อการสร้างสี โดยสายพันธุ์ต่างชนิดกันมีความสามารถในการสร้างสี และให้ข้าวแดงที่ได้ลักษณะต่างกัน ศรีวิบูลย์ (2531) ได้ทดสอบความสามารถในการสร้างสีจากสายพันธุ์ *M. purpureus* ของ TISTR พบว่าสายพันธุ์ TISTR 3090 สร้างสีได้ดีที่สุดเช่นกัน แต่เนื่องจากสายพันธุ์ CMU-KU ให้ปริมาณสีสูงกว่าสายพันธุ์ TISTR 3090 ถึง 50% ในการทดลองต่อไปจึงใช้เฉพาะสายพันธุ์ CMU-KU

2. ผลของความชื้นต่อการสร้างสีโดย *M. purpureus*

การทดลองนี้ใช้ข้าวสารเจ้าพันธุ์พิจิตร 15 กรัม และใช้น้ำในอัตราส่วนต่างๆ กัน โดยมีอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำตั้งแต่ 2 : 1 ถึง 3 : 8 แล้วเพาะเลี้ยง *M. purpureus* CMU-KU ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อใช้อัตราส่วนของข้าวมากกว่าน้ำ (2 : 1) ข้าวที่ได้แข็งมาก เชื้อราเจริญไม่ดีและไม่สม่ำเสมอ ปริมาณสีที่ได้ต่ำ หากใช้อัตราส่วนของน้ำมากเชื้อราเจริญได้ดี แต่ลักษณะของข้าวแดงที่ได้นิ่มและเละ อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่เหมาะสมคือ 1 : 1 และ 3 : 4 ให้ปริมาณสีที่ได้สูงที่สุด และข้าวแดงที่ได้แยกเป็นเมล็ดมีสีแดงเข้มสม่ำเสมอเมื่อหักเมล็ดข้าวก็จะ

Table 2 . Effect of moisture on pigment production by *M. purpureus* CMU-KU.

Ratio of rice to water* .	Amount of red pigment (unit OD 500)
2 : 1	0.20
3 : 2	0.63
1 : 1	3.3
3 : 4	3.25
3 : 5	2.03
1 : 2	2.15
3 : 7	1.68
3 : 8	1.73

*Vareity Pijit rice 14 g.

พบว่าเชื้อราเจริญและสร้างสีแดงจนถึงภายใน โดยเชื้อราเจริญทั่วเมล็ดข้าวภายใน 7 วัน

การทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า ความชื้นของข้าวสุกมีความสำคัญต่อการเจริญของ *M. purpureus* และมีผลต่อลักษณะของข้าวแดงที่ได้

3. ผลของสายพันธุ์ข้าวต่อการสร้างสี โดย *M. purpureus*

การทดลองเพาะเลี้ยง *M. purpureus* CMU-KU ในข้าวสารเจ้า 5 สายพันธุ์ คือ กข 7, กข 23, กข 25 ขาวดอกมะลิ 105 และเหลือง 148 พบว่า เชื้อรานี้เจริญและสร้างสีได้ดีที่สุดในข้าวพันธุ์เหลือง 148 และสร้างสีได้ดีรองลงมาในข้าวพันธุ์ กข 23 และ กข 25 ขณะที่สร้างสีได้ต่ำสุดในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบอมัยโลส (Amylose) ของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอมัยโลสต่ำ (น้อยกว่า 20%) ข้าวพันธุ์ กข 7 มีปริมาณอมัยโลสปานกลาง (20-24%) แต่ข้าวพันธุ์ กข 23, กข 25 และเหลือง 148 มีปริมาณอมัยโลสสูง (มากกว่า 24% : ข้อมูลจากสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตรบางเขน : ติดต่อส่วนตัว) จะเห็นว่าพันธุ์ข้าวที่เหมาะต่อการผลิตข้าวแดงโดยเชื้อ *M. purpureus* CMU-KU คือข้าวที่มีองค์ประกอบอมัยโลสอยู่สูง ศรีวิบูลย์ (2531) ทดลองใช้ *M. purpureus* TISTR 3090 เพาะเลี้ยงในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ก็พบว่า ข้าวพันธุ์ กข. 23 และ 25 ให้สีแดงดีที่สุด

Table 3. Effect of rice variety on pigment production by *M. purpureus* CMU-KU.

Rice variety	Amylose content*	Amount of red pigment (unit OD 500)
RD 7	intermediate	3.40
RD 23	high	4.00
RD 25	high	3.90
KDML 105	low	1.27
Luang Yai 148	high	4.60

*low < 20 % intermediate 20-24 % and high > 24 % (data from Rice Research Institute : personal contact)

4. ผลของการสีข้าวต่อการสร้างสี โดย *M. purpureus*

การทดลองนี้ใช้ข้าวพันธุ์เหลือง 148 และพันธุ์ กข 7 โดยทดลองสีและขัดข้าวเองด้วยเครื่องสีและขัดข้าวขนาดเล็ก (Satake Testing Husker THU 35 A & Testing Mill TM05) ขัดข้าวเป็นเวลา 0, 3 และ 5 นาที เมื่อนำไปเพาะเลี้ยง *M. purpureus* CMU–KU พบว่าเชื้อราเจริญได้รวดเร็วมากในข้าวที่ไม่ได้ขัด โดยเจริญทั่วข้าวภายใน 5 วัน ในขณะที่การเจริญในข้าวที่ขัด 3 นาทีและ 5 นาที จะเจริญทั่วข้าวภายใน 7 วัน สำหรับการสร้างสีพบว่าเมื่อเชื้อราเจริญในข้าวขัด 3 นาทีให้ปริมาณสีสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของข้าวที่ไม่ได้ขัดเปรียบเทียบกับข้าวที่ขัด พบว่าข้าวที่ไม่ขัดมีธาตุอาหารต่าง ๆ รวมทั้งโปรตีนซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนอยู่มากกว่าข้าวที่ขัด การที่มีธาตุอาหารต่าง ๆ สูงย่อมช่วยกระตุ้นการเจริญของรา แต่อาจมีผลยับยั้งการสร้างสี จึงทำให้เชื้อราสร้างสีได้ต่ำในข้าวที่ไม่ได้ขัด ขณะเดียวกันการขัดข้าวนานเกินไป ก็ทำให้ข้าวสูญเสียธาตุอาหารบางอย่างที่จำเป็นต่อการเจริญและสร้างสีโดยเชื้อรา

Table 4. Effect of milling on pigment production by *M. purpureus* CMU-KU.

Polishing time		Amount of red pigment (unit OD 500)
RD 7	0 min	2.90
	3 min	4.55
	5 min	3.40
Luang Yai 148	0 min	3.30
	3 min	5.40
	5 min	4.40

5. ผลของการเติมธาตุอาหารบางชนิดต่อการสร้างสี โดย *M. purpureus*

การทดลองนี้ใช้ข้าวพันธุ์เหลือง 148 เติมธาตุอาหารที่เป็นแหล่งไนโตรเจนต่างกัน 4 ชนิดคือ ยีสต์เอกซแตรก (Yeast extract) เปปโทน (Peptone) กลูตาเมท (Glutamate) และแอมโมเนียมซัลเฟท (Ammonium sulfate) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 เมื่อ *M. purpureus* เจริญในข้าวที่มี ยีสต์เอกซแตรก หรือเปปโทน จะให้สีแดงเข้ม ขณะที่เจริญในข้าวที่มีแอมโม-

เนียมซัลเฟทจะให้สีส้ม เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้เติมแหล่งไนโตรเจน พบว่าปริมาณสีที่ผลิตได้ไม่ได้เพิ่มขึ้น การเติมเปปโทนกลับทำให้การผลิตสีลดลง สำหรับข้าวที่เติมกลูตาเมทนั้นเชื้อราเจริญได้น้อยและให้ข้าวมีสีส้มและปริมาณสีต่ำมาก

ผลจากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวแดงโดยเติมแหล่งไนโตรเจนที่ใช้ทดลองไม่ได้ช่วยให้ *M. purpureus* CMU–KU สร้างสีได้มากขึ้น แต่มีผลให้เกิดการสร้างสีได้ต่างชนิดกัน โดยปริมาณไนโตรเจนที่มีในข้าวพอเพียงต่อการเจริญและการสร้างสี

การเติมโลหะ สังกะสี เหล็กและแมงกานีส ในรูปเกลือซัลเฟท ในปริมาณ 10^{-2}–10^{-3} M ลงในน้ำที่ใช้นึ่งข้าวก็ไม่ช่วยให้เชื้อราสร้างสีได้เพิ่มขึ้น ผลดังแสดงในตารางที่ 5 แต่ที่น่าสังเกตคือ การเติม สังกะสี หรือ แมงกานีส จะช่วยให้ *M. purpureus* สร้างสีได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวควบคุม โดยข้าวจะมีสีแดงทั่วภายใน 5 วันแทนที่จะเป็น 7 วัน

Table 5. Effects of nutrients and trace elements on pigment production by *M. purpureus* CMU-KU.

Type of nutrient and trace element		Amount of red pigment (unit OD 500)
Yeast extract 1%		4.20
Peptone 1%		3.50
Monosodium glutamate 1%		2.10
Ammonium sulfate 0.1%		4.50
$ZnSO_4$	10^{-3}M	3,40
	10^{-2}M	3.60
$MnSO_4$	10^{-3}M	4.20
	10^{-2}M	3.80
$FeSO_4$	10^{-3}M	3.80
Control (Luang Yai 148)		4.40

6. ผลของอุณหภูมิและ pH **ต่อการสร้างสีโดย** *M. purpureus*

การเพาะเลี้ยง *M. purpureus* CMU–KU ในข้าวพันธุ์เหลือง 148 โดยใช้ข้าวต่อน้ำ

ในอัตราส่วน 1 : 1 เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25°, 30° และ 35° ซ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6 ที่อุณหภูมิ 25° ซ เชื้อราเจริญได้น้อยและผลิตสีออกมาในปริมาณต่ำ ที่อุณหภูมิ 30° ซ และ 35° ซ เชื้อราเจริญและสร้างสีได้ดีพอๆ กัน

Table 6. Effects of temperature and pH on pigment production by *M. purpureus* CMU-KU.

Temperature	Amount of red pigment (unit OD 500)
25°C	3.30
30°C	4.40
35°C	4.30
Initial pH (Phosphate buffer 0.2 M)	
5.0	1.20
6.0	1.10
7.0	0.85
8.0	0.40
Control (Luang Yai 148) pH 5.6	4.30

เมื่อเพาะเลี้ยง *M. purpureus* CMU–KU ในข้าวพันธุ์เหลือง 148 ในฟอสเฟทบัฟเฟอร์ (Phosphate buffer) ความเข้มข้น 0.2 M ที่มี pH ต่างๆ กัน โดยใช้ข้าวต่อบัฟเฟอร์ในอัตราส่วน 1 : 1 พบว่า ข้าวที่ใช้บัฟเฟอร์ pH 5–8 นั้นเชื้อราเจริญและสร้างสีได้น้อยกว่าข้าวควบคุมมาก ผลดังแสดงในตารางที่ 6 ในข้าวที่เติมบัฟเฟอร์ pH 5 และ 6 เชื้อราเจริญเป็นสีชมพูอ่อนและเริ่มมีสีแดงเล็กน้อยเมื่อครบ 14 วัน หากใช้ข้าวที่เติมบัฟเฟอร์ pH 7 และ 8 เชื้อราเจริญและสร้างสีแดงเข้ม โดยที่ pH 7 ข้าวจะแดงทั่วภายใน 7 วัน เหมือนข้าวควบคุม แต่ที่ pH 8 เชื้อราจะเจริญช้ากว่า เมื่อวัด pH ของข้าวแดงที่เพาะเลี้ยงเชื้อราได้ 14 วัน พบว่า ข้าวที่เติมบัฟเฟอร์ pH 5, 6, 7 และ 8 มี pH สุดท้ายเป็น 4.7, 4.9, 5.9 และ 6.0 ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มข้นของบัฟเฟอร์ที่ใช้ยังไม่เข้มข้นพอที่จะรักษาให้ pH ของข้าวคงที่ได้ตามที่ต้องการ และการที่เชื้อราสร้างสีได้น้อย น่าจะมีผลมาจากความเข้มข้นของธาตุโปแตส-

เซียมหรือฟอสฟอรัส ที่มีอยู่ในบัฟเฟอร์มากกว่าที่จะเป็นผลของ pH อย่างเดียว ซึ่งเป็นเรื่องน่าสนใจที่จะศึกษาต่อไป

เมื่อใช้ข้าวต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 ใส่ฟลาสก์ แล้วเพาะเลี้ยงเชื้อในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30° ซ แล้ววัดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัด (Jenway Humidity Meter 5070) พบว่าในฟลาสก์และตู้บ่มมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 และ 74% ตามลำดับ แต่ถ้าในตู้บ่มมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 65% แม้จะใช้ข้าวต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 เมื่อเพาะเลี้ยงไประยะหนึ่งความชื้นในฟลาสก์ก็จะลดลงต่ำกว่า 70% เป็นผลให้เชื้อราเจริญช้าและสร้างสีได้น้อยลงด้วย

สรุปผลการทดลอง

การผลิตข้าวแดงโดยเชื้อรา *Monascus purpureus* CMU–KU สามารถทำได้ภายใต้สภาพแวดล้อมของประเทศไทย โดยไม่ต้องเติมธาตุอาหารใด ๆ แต่ต้องควบคุมความชื้นโดยใช้ข้าวต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 หรือ 3 : 4 ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 30–35° ซ และควรให้มีความชื้นของบรรยากาศสูงกว่า 74%

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้เงินอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2530 เพื่อใช้ในการวิจัยเรื่องนี้

เอกสารอ้างอิง

เชี่ยวธีรกุล, เชิดชัย., แซ่ลี้, ประสิทธิ์., และ แซ่อึ้ง, ปนัดดา (2519). สีแดงจากข้าว (อั้งคัก) วารสารอาหาร 8 : 51–55.

ยงสมิทธ์, บุษบา และ ทาบโลกา, วรรณภา (2528). สีผสมอาหารจากมันสำปะหลังโดยเชื้อราโมแนสคัส วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทยา) 19 : 45-50.

ศรีวิบูลย์, รัตนาภรณ์ (2531). การคัดเลือกสายพันธุ์ *Monascus purpureus* ที่เหมาะสมในการผลิตสี วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bau, Y and Wong, H. (1979). Zinc effects on growth, pigmentation and antibacterial activity of *Monascus purpureus*. Physiol, Plant. 49 : 63-67.

Carels, M. and Shepherd, D. (1977). The effect of different nitrogen sources on pigment production and sporulation of *Monascus* species in submerged shaken culture. Can J. Microbiol. 23 : 1360-1372.

Lin, C. (1973). Isolation and cultural conditions of *Monacus* sp. for the production of pigment in a submerged culture. J. Ferment. Technol 51 : 407-414.

Lin, C. and Iizuka, H. (1982). Production of extracellular pigment by a mutant of *Monascus kaoliang* sp. nov. Appl. Environ. Microbiol. 43 : 671-676.

McHan, F. and Johnson, G. (1970). Zinc and amino acids: Important components of a medium Promoting growth of *Monascus purpureus*. Mycologia 62 : 1018-1031.

Shepherd, D. (1977). The relationships between pigment production and sporulation in *Monascus*. in Biotechnology and fungal differentiation (FEMS Symposium No. 4) edited by J. Meyrath and J.D. BuLock, Academic Press, London. p. 103-118.

Wong, H. and Kochler, P. (1981). Production and isolation of an antibiotic from *Monascus purpureus* and its relationship to pigment production. J. Food Sci, 46 : 589-592.

วารสารเกษตร 4.2 133-146(2531)
Journal of Agriculture 4,2:133-146(1988)

ผลกระทบของการไถดานต่อถั่วลิสงที่กระทบแล้ง ในช่วงเวลาต่าง ๆ

สมชาย องค์ประเสริฐ

EFFECTS OF SUBSOILING ON PEANUT SUBJECTED TO WATER SHORTAGE AT DIFFERENT GROWTH STAGES

Somchai Ongprasert

ABSTRACT: Though most of the low land paddies in Chiang Mai - Lamphun Valley are irrigable land, croppings after rice during the dry season in the area are prone to water shortage, especially in March and April.

The water shortage should be more severe insoil with a plow pan. This experiment was aimed at evaluation of the results of subsoiling in lessening the adverse effects of water shortages at different growth stages of peanut. Water shortages were induced by witholding irrigation.

Results of the experiment on soil moisture content and peanut growth and yield did not show any effect of pan breaking. This might be due to the timing of pan breaking in early December, pan layer was too wet for effective shattering.

The water shortage during vegetative stage had relatively less effects in yield compressing to those at flowering and pod forming stages. Water shortage during the flowering stage caused 35% yield reduction when compared with well irrigated treatment. Water shortage during pod forming stage resulted in the delay of pod maturity for at least 10 days.

However, there were heavy rains during harvesting time, Thus, the soil in the root zone was completely wet. Harvesting of the peanut, subjected to the late water shortage was postponed for 10 days. The peanut yield in this treatment was slightly higher than that was subjected to water shortage during flowering stage.

The yields of peanuts subjected to water shortage at various growth stages were highly correlated with the amount of irrigation water.

ภาควิชาดินและปุ๋ย สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290.
Dept. Soils and Fertilizers, Mae Jo Inst. Agri Tech,. Mae Jo, Chiang Mai 50290.

บทคัดย่อ : แม้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในที่ราบลุ่มเชียงใหม่–ลำพูนอยู่ในเขตชลประทานก็ตาม การปลูกพืชตามหลังข้าวในหน้าแล้งก็มีโอกาสขาดแคลนน้ำได้ โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ภาวะการขาดแคลนน้ำที่เกิดกับพืชนี้น่าจะรุนแรงมากขึ้น ถ้าปลูกในพื้นที่นาที่มีชั้นดาน การทดลองนี้กระทำเพื่อศึกษาบทบาทของการไถดานในการลดความรุนแรงของ ผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำในช่วงอายุต่าง ๆ ของถั่วลิสงที่ปลูกในนาที่มีชั้นดาน ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทดลองประกอบด้วย 1) การไถทำลายดาน 2) ภาวะแล้งในระยะต่าง ๆ ของการเติบโต ซึ่งกระทำโดยการงดให้น้ำชลประทาน และ 3) ปริมาณน้ำชลประทาน.

ข้อมูลทั้งด้านความชื้นของดินและพืช ไม่แสดงถึงผลกระทบของการไถทำลายดาน อาจเป็นเพราะว่าการไถทำลายดานเมื่อหลังเก็บเกี่ยวข้าวในเดือนธันวาคม เป็นการไถเมื่อดินชั้นดานยังชื้นเกินไป

ภาวะแล้งช่วงการเติบโตของต้นมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตถั่วลิสงลดลงเพียงเล็กน้อย ขณะที่ภาวะแล้งช่วงการออกดอกมีผลให้ผลผลิตลดลงมากที่สุดถึง 35% เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่กระทบแล้ง ภาวะแล้งช่วงการเติบโตของฝักทำให้ถั่วแก่ช้าไปอย่างน้อย 10 วัน และน่าจะมีผลทำให้ผลผลิตลดลงเท่ากับ หรือรุนแรงกว่าภาวะแล้งช่วงการออกดอก แต่เนื่องจากเมื่อใกล้สิ้นสุดการทดลองมีฝนตกหนักจนดินมีความชื้นพอเพียง และได้ยืดเวลาเก็บเกี่ยวถั่วที่กระทบแล้งช่วงนี้ออกไป ผลผลิตของถั่วจากแปลงนี้ จึงมีแนวโน้มสูงกว่าที่กระทบแล้งช่วงการออกดอกเล็กน้อย ผลผลิตของถั่วมีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำชลประทานที่ได้รับอย่างมีนัยสำคัญ.

คำนำ

ระบบชลประทานในที่ราบลุ่มเชียงใหม่–ลำพูน ในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังเป็นระบบฝายน้ำล้น ซึ่งโดยปกติอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายมีค่าต่ำที่สุดในเดือนมีนาคมและเมษายน ดังนั้นจึงมีโอกาสเป็นไปได้มากที่พืชที่ปลูกตามหลังข้าวนาปีจะขาดแคลนน้ำในเวลาดังกล่าว

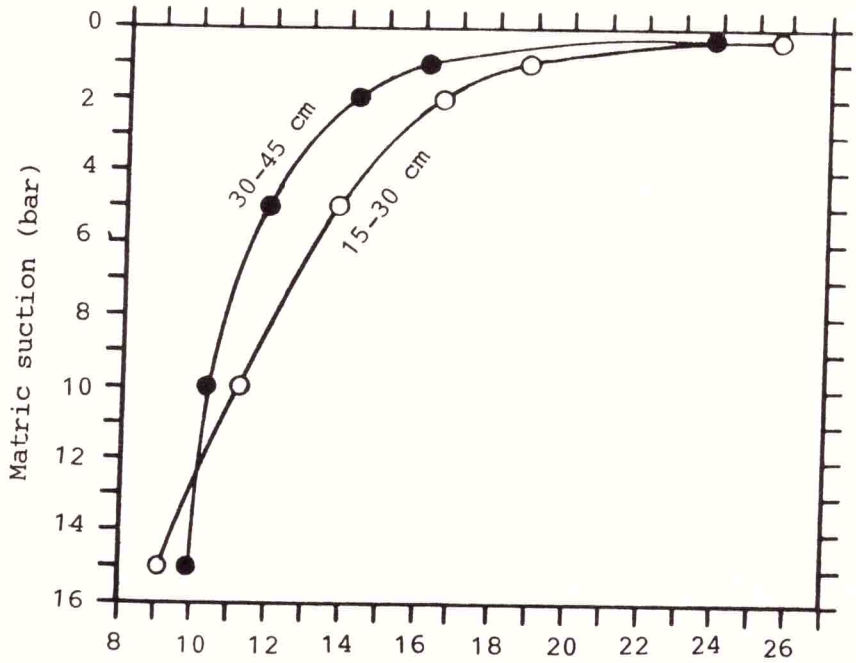
ในนาข้าวที่มีดินเนื้อที่ปานกลางมักมีชั้นดานอยู่ใต้ผิวดินที่ระดับความลึกตั้งแต่ 20-40 ซม. (องค์ประเสริฐและปูระณะพงษ์, 2529) ชั้นดานนี้เป็นตัวการสำคัญที่จำกัดการแพร่กระจายของรากพืชและการซาบซึมของน้ำลงดินชั้นล่าง การไถทำลายชั้นดานเพื่อส่งเสริมการแพร่กระจายของรากพืชและน้ำลงสู่ดินชั้นล่างจึงอาจมีผลช่วยลดความรุนแรงของการขาดแคลนน้ำต่อพืชได้.

การทดลองครั้งนี้กระทำเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการขาดแคลนน้ำ ในช่วงเวลาต่าง ๆ ต่อการเติบโต และการให้ผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในนาที่มีดาน ขณะเดียวกันก็เพื่อศึกษาถึงบทบาทของการไถทำลายดาน ในการลดความรุนแรงของผลกระทบของการขาดแคลนน้ำต่อถั่วลิสงด้วย.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สมบัติดินที่ใช้ทดลอง

การทดลองนี้กระทำที่โครงการศูนย์วิจัย เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรมหาวิทยาลัย-เชียงใหม่ ระหว่างเดือนธันวาคม 2523–พฤษภาคม 2524 ก่อนดำเนินการทดลองได้ขุดหลุมเพื่อวัดแรงต้านทานเชิงกล (Mechanical resistance) ของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดย Pocket penetrometer และเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1



Soil moisture content (% by volume)

Figure 1. Soil moisture release curves.

Table 1. Some chemical and physical properties of the soil in the experimental plots.

Soil depth	Bulk density	Mechanical resistance	Organic matter	Avai. phosporus	Avai. potassium	pH
cm	g/cm^3	kg/cm^2	%	ppm	ppm	
6	1.56	0.3 - 2.1				
8	1.59	0.8 - 2.9				
10	1.69	0.8 - 3.1	0.90	106	39	6.0
12	1.72	1.8 - 4.5				
14	1.78	3.0 - 4.5 +				
16	1.	3.0 - 4.5 +				
18	1.80	2.0 - 4.5 +				
20	1.73	2.4 - 4.5 +	0.43	44	46	6.2
22	1.71	1.8 - 3.9				
24	1.72	1.4 - 3.4				

แผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ประกอบด้วยปัจจัย (Factors) ต่าง ๆ 3 ปัจจัยซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

<u>ปัจจัย A</u> การไถทำลายดาน (Subsoiling) ประกอบด้วย

A 1 มีการไถทำลายดาน (With subsoiling) ถึงระดับความลึก 30 ซม. เป็นแนวทุกระยะ 40 ซม. ก่อนการพรวนด้วยจอบหมุน เพื่อเตรียมดินตามปกติ.

A 2 เตรียมดินด้วยจอบหมุนตามปกติ (Without subsoiling)

<u>ปัจจัย B</u> ช่วงเวลาเกิดภาวะแล้ง (Water shortage periods) กระทำโดยการหยุดให้น้ำชลประทานเป็นเวลา 5–6 สัปดาห์ติดต่อกัน ประกอบด้วย

B 1 " ไม่มีภาวะแล้ง " (No water shortage) คือ ให้น้ำชลประทานทุกสัปดาห์ตลอดฤดูปลูก.

B 2 "ภาวะแล้งช่วงต้น" (Water shortage at vegetative stage) หยุดให้น้ำชลประทานในช่วงกำลังเติบโตด้านลำต้นและใบ ในเดือนมกราคม ระหว่างสัปดาห์ที่ 3–7 หลังจากงอก.

B 3 "ภาวะแล้งช่วงดอก" (Water shortage at flowering stage) หยุดให้น้ำชลประทานในช่วงกำลังออกดอกและแทงเข็ม ตั้งแต่ต้นเดือนกุมภาพันธ์ จนถึงกลางเดือนมีนาคม, ระหว่างสัปดาห์ที่ 8–13 หลังจากงอก.

B 4 "ภาวะแล้งช่วงฝัก" (Water shortage at pod formig stage) หยุดให้น้ำชลประทานช่วงการเติบโตของฝักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 14 จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (สัปดาห์ที่ 20) ตั้งแต่กลางเดือนมีนาคมจนถึงปลายเดือนเมษายน.

<u>ปัจจัย C</u> ปริมาณน้ำชลประทาน (Irrigation doses) ให้น้ำชลประทานทุกสัปดาห์ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันดังนี้

C1 ให้น้ำชลประทานเท่ากับ 1.2 ETc ของแต่ละสัปดาห์ที่ผ่านไป

C2 ให้น้ำชลประทานเท่ากับ 1.0 ETc ของแต่ละสัปดาห์ที่ผ่านไป

C3 ให้น้ำชลประทานเท่ากับ 0.8 ETc ของแต่ละสัปดาห์ที่ผ่านไป

C4 ให้น้ำชลประทานเท่ากับ 0.6 ETc ของแต่ละสัปดาห์ที่ผ่านไป

การทดลองนี้จัดแผนการทดลองแบบ 2 × 4 × 4 แฟคตอเรียลใน Randomized complete block

การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืช (Crop evapotranspiration, ETc)

ETc คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$ETc = Kc \times ETo$$

เมื่อ Kc คือสัมประสิทธิ์ของพืช (Crop coefficience)

ETo คือ potential evapotranspiration ซึ่งคำนวณได้จาก

$$ETo = Kp \times Epan$$

เมื่อ Kp คือสัมประสิทธิ์ของถาด (Pan coefficience)

Epan คือ การระเหยน้ำจากถาดระเหยน้ำ (American class A evaporation pan) ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรของโครงการฯ ในที่นี้ใช้ Kp = 0.85 ตลอดฤดูปลูกและได้

คำนวณค่า Kc ตามวิธีการของ Doorenbos and Pruitt (1977)

เนื่องจากเป็นการให้น้ำในแปลงขนาดเล็ก ๆ (4 × 4 เมตร) และแต่ละแปลงมีคันดินอยู่โดยรอบ จึงกำหนดให้ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application efficiency) เท่ากับ 1 นั่น คือ ปริมาณน้ำที่แท้จริงเท่ากับปริมาณที่คำนวณได้จาก ETc. ให้น้ำโดยวิธีให้น้ำไหลตามร่อง วัดปริมาณน้ำโดยมาตรวัดน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว

ผลการทดลอง

ระดับความชื้นของดิน

ระดับความชื้นโดยเฉลี่ยเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ไถทำลายดานและไม่ไถ ขณะสิ้นภาวะแล้งแต่ละช่วง (เก็บดินวัดความชื้นเมื่อ 1-2 วันก่อนกำหนดให้น้ำประจำสัปดาห์) แสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลปรากฏว่า ระดับความชื้นของดินที่ชั้นดาน (15-30 ซม.) และใต้ชั้นดาน (30–45 ซม.) ของแปลงที่ถูกไถดาน และไม่ถูกไถดาน ไม่แสดงความแตกต่างอันแสดงถึงอิทธิพลของการไถทำลายดาน

ระดับความชื้นที่ชั้นดาน (15–30 ซม.) ขณะสิ้นภาวะแล้งแต่ละช่วงของแปลงทดลองต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นถึงปฏิกริยาร่วม (Interaction) ระหว่างภาวะแล้งกับปริมาณน้ำชลประทานในแปลงที่กระทบแล้งแต่ละช่วง ส่วนแปลงที่ไม่กระทบแล้งไม่มีปฏิกริยาร่วมดังกล่าว เมื่อไม่กระทบแล้ง ระดับความชื้นของดินมากน้อยแตกต่างกันตามปริมาณน้ำชลประทานที่ได้รับ แต่เมื่อกระทบแล้งระดับความชื้นของดินในแปลงที่เคยได้รับน้ำชลประทานปริมาณตั้งแต่ 0.6 ถึง 1.2 ETC ต่างลดลงเหลือใกล้เคียงกันที่ระดับจุดเหี่ยวถาวร (9.1%) หรือต่ำกว่า

Table 2 . Average soil moisture content at the end of each water shortage periods.

	Vegetative		Flowering		Pod forming	
	15-30 cm	30-45 cm	15-30 cm	30-45 cm	15-30 cm	30-45 cm
	% by volume					
With subsoilling	11.05	10.26	11.58	17.40	10.05	12.24
Without subsoiling	11.20	989	15.48	14.28	8.63	10.35

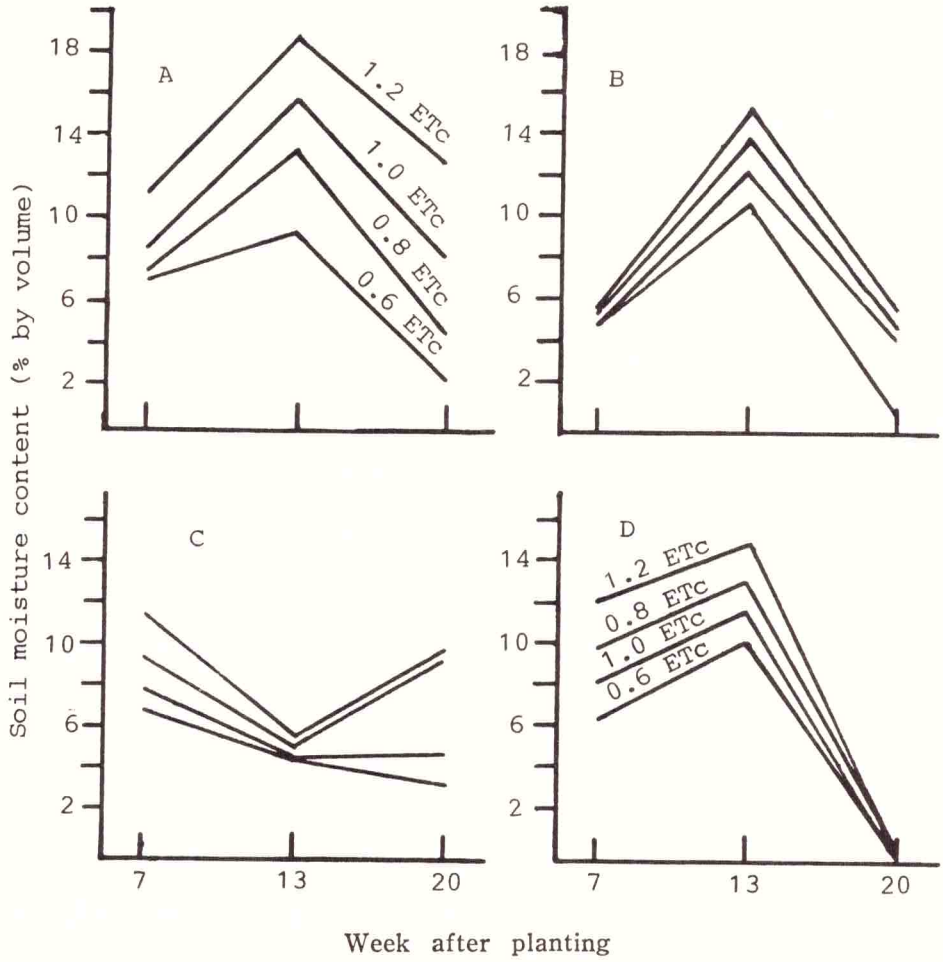


Figure 2. Moisture content of the soil between 15-30 cm at the end of different water shortage periods.

(A = No shortage, B = Vegetative shortage,

C = Flowering shortage, D = Pod forming shortage)

การเติบโตของส่วนเหนือดิน

น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน (ต้นและใบ) เมื่อสิ้นภาวะแล้งแต่ละช่วงแสดงไว้ในตาราง ที่ 3 จากข้อมูลของปัจจัยการไถดาน แสดงแนวโน้มว่าถั่วที่ปลูกในแปลงที่ไถดานมีน้ำหนักแห้งเมื่อสิ้นภาวะแล้งช่วงต้นมากกว่าถั่วที่ปลูกในแปลงที่ไม่ไถดาน แต่เมื่อสิ้นภาวะแล้งช่วงดอกและช่วงฝักของแปลงที่ไม่ไถดานกลับมีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งมากกว่า อย่างไรก็ตามความแตกต่างนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Table 3 . Dry matter of the above-ground plant parts at the end of different water shortage periods.

Factors		Vegetative	Flowering	Pod forming
		kg/rai		
Subsoiling	With	320	477	466
	Without	253	515	494
Water shortage periods	No	320[a1]	509	499
	Vegetative	233[b]	507	453
	Flowering	291[a]	456	493
	Pod forming	313[a]	496	475
	1.2 ETc	317[a]	557[a]	547[a]
Irrigation doses	1.0 ETc	342[a]	562[a]	509[a]
	0,8 ETc	286[a]	491[a]	458[b]
	0.6 ETc	254[b]	374[b]	408[b]

[1] Within each group, means with different subscripts differ at least 5 % level

เมื่อสิ้นภาวะแล้งช่วงต้น ถั่วที่กระทบแล้งช่วงต้นมีน้ำหนักต้นต่ำกว่าที่ไม่กระทบแล้งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมื่อสิ้นภาวะแล้งช่วงต้นกับช่วงดอก เห็นได้ว่าถั่วที่กระทบแล้งช่วงต้นและได้รับน้ำปกติช่วงดอก สามารถสร้างน้ำหนักต้นเพิ่มอย่างรวดเร็วจนมีน้ำหนักแห้งเท่ากับถั่วที่ไม่กระทบแล้ง ส่วนถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกเพิ่มน้ำหนักแห้งได้น้อยกว่าถั่วที่ได้รับน้ำปกติ แต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสิ้นภาวะแล้งช่วงดอกกับช่วงฝัก (สิ้นสุดการทดลอง) พบว่าน้ำหนักแห้งของต้นถั่วที่กระทบแล้งและไม่กระทบแล้งช่วงฝักไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกและกลับได้รับน้ำปกติในช่วงฝักนี้ มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งของต้นถั่วที่กระทบแล้งต่าง ๆ และไม่กระทบแล้ง เมื่อสิ้นการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ถั่วที่ได้รับน้ำชลประทานเท่ากับและมากกว่าการคายระเหยน้ำ (1.0 ETc กับ 1.2

ETc ตามลำดับ) มีน้ำหนักแห้งเมื่อสิ้นแล้งแต่ละช่วงไม่ต่างกัน และมากกว่าถั่วที่ได้รับน้ำน้อยกว่าการคายระเหยน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตรา 0.6 ETc การเติบโตของฝักและผลผลิต

ข้อมูลในตารางที่ 4 แสดงการเติบโตของฝักเมื่อสิ้นสุดภาวะแล้งช่วงต่าง ๆ รวมทั้งผลผลิตฝักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง.

Table 4. Number of pegs and immature pod dry matter to the end of water shortage periods.

Factors		No.of pegs	Immature pod dry matter (kg/rai)
Subsoiling	With	20.1	118
	Without	22.5	125
	No	23.7	171a[1]
Water shortage stages	Vegetative	24.0	154a
	Flowering	19.2	45b
	Pod forming	23.4	165[b]
Irrigation doses	1.2 ETc	21.4	163[a]
	1.0 ETc	20.7	131[ab]
	0.8 ETc	25.3	107[bc]
	0.6 ETc	22.1	88[c]

[1]Within each group, means with different subscript differ at least 5 % level.

การไถดานไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของฝักถั่ว เมื่อสิ้นสุดภาวะแล้งช่วงต่าง ๆ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แตกต่างจากการไม่ไถดาน

ภาวะแล้งช่วงต้นไม่ทำให้จำนวนเข็ม (Pegs) ต่อหลุม เมื่อถั่วอายุ 7 สัปดาห์ แตกต่างจากถั่วที่ไม่กระทบแล้ง ภาวะแล้งช่วงดอกทำให้น้ำหนักแห้งของฝักอ่อนเมื่อสิ้นสุดภาวะแล้ง (อายุ 13 สัปดาห์) ลดลงจนต่ำกว่า 1 ใน 3 ของถั่วที่ไม่กระทบแล้ง และมีผลต่อเนื่องให้น้ำหนักแห้งของฝักถั่วทั้งหมดเมื่อเก็บเกี่ยว (ผลผลิต) ลดลงเหลือเพียงประมาณ 65 % ของถั่วที่ไม่กระ-

Table 5 . Yield, yield components and harvest index of peanut.

Factors		Yield pod (kg/rai)	Shelling percentage	No. of pods/ hill	No. of seeds/ pod	100 seed weight (gm)	Harvest Index
Subsoiling	With	413	26.5	18.6	1.68	37.5	0.30
	Without	453	26.9	16.8	1.71	36.2	0.29
Water	No	512^{a}	26.1^{a_1}	21.2^{a}	1.70	36.7^{a}	0.33
shortage	Vegetative	499^{a}	25.5^{a}	19.0^{ab}	1.69	39.2^{a}	0.36
	Flowering	334^{b}	29.6^{b}	17.0^{ab}	1.67	32.9^{b}	0.24
	Pod forming	386^{b}	25.7^{a}	14.0^{b}	1.72	38.7^{a}	0.26
Irrigation	1.2 ETc	520^{a}	25.4	18.6^{a}	1.78	38.3	0.32
doses	1.0 ETc	462^{ab}	26.1	20.8^{a}	1.70	36.6	0.33
	0.8 ETc	400^{bc}	26.9	17.8^{a}	1.69	37.3	0.24
	0.6 ETc	350^{c}	28.4	14.0^{b}	1.62	35.3	0.26

Within each group, means with different subscripts differ at least 5% level.

ทบแล้ง

เมื่อฝักถั่วในแปลงอื่นแก่พอเก็บเกี่ยวได้ (อายุ 134 วัน) ฝักถั่วในแปลงที่กระทบแล้งช่วงฝักยังไม่แก่พอ จึงต้องยืดเวลาเก็บเกี่ยวเฉพาะแปลงนี้ออกไป อีก 10 วัน (ในระหว่างนี้มีฝนตกหนักจนดินขึ้นตลอดระดับรากพืช) น้ำหนักแห้งของฝักถั่วจากแปลงนี้มีแนวโน้มมากกว่าถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณน้ำชลประทานตั้งแต่อัตรา 0.6 ETc จนถึง 1.2 ETc ไม่ทำให้จำนวนเข็มและฝักอ่อนของถั่วเมื่ออายุ 7 สัปดาห์แตกต่างกัน แต่มีผลให้น้ำหนักฝักอ่อนเมื่ออายุ 13 สัปดาห์และเมื่อสิ้นสุดการทดลองลดลงเรียงลำดับตามปริมาณน้ำชลประทาน.

องค์ประกอบผลผลิตและดัชนีผลผลิต

องค์ประกอบของผลผลิตและดัชนีผลผลิตของถั่วแสดงในตารางที่ 5 ผลปรากฏว่าองค์ประกอบผลผลิตและดัชนีผลผลิตของถั่วที่ปลูกในแปลงที่ไถดานและไม่ไถดาน ไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด.

ภาวะแล้งทุกช่วงมีผลให้จำนวนฝักต่อหลุมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วที่ไม่ทระทบแล้ง โดยภาวะแล้งช่วงต้นมีผลให้ลดลงน้อยที่สุด และภาวะแล้งช่วงฝักมีผลให้ลดลงมากที่สุด ถั่วที่กระทบแล้งช่วงอื่น ๆ ยกเว้นที่กระทบแล้งช่วงดอก มีน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่ต่างกันเองและไม่ต่างจากถั่วที่ไม่กระทบแล้ง

ถั่วที่ไม่กระทบแล้งและกระทบแล้งช่วงต้นมีดัชนีผลผลิตเท่ากันคือ 0.33 ซึ่งมากกว่าดัชนีผลผลิตของถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกและฝัก ถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกและฝักมีดัชนีผลผลิตเท่ากับ 0.24 และ 0.26 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ภาวะแล้งไม่มีผลกระทบต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก แต่ภาวะแล้งช่วงดอกมีผลให้เปอร์เซนต์เปลือกมากขึ้นกว่าภาวะแล้งอื่น.

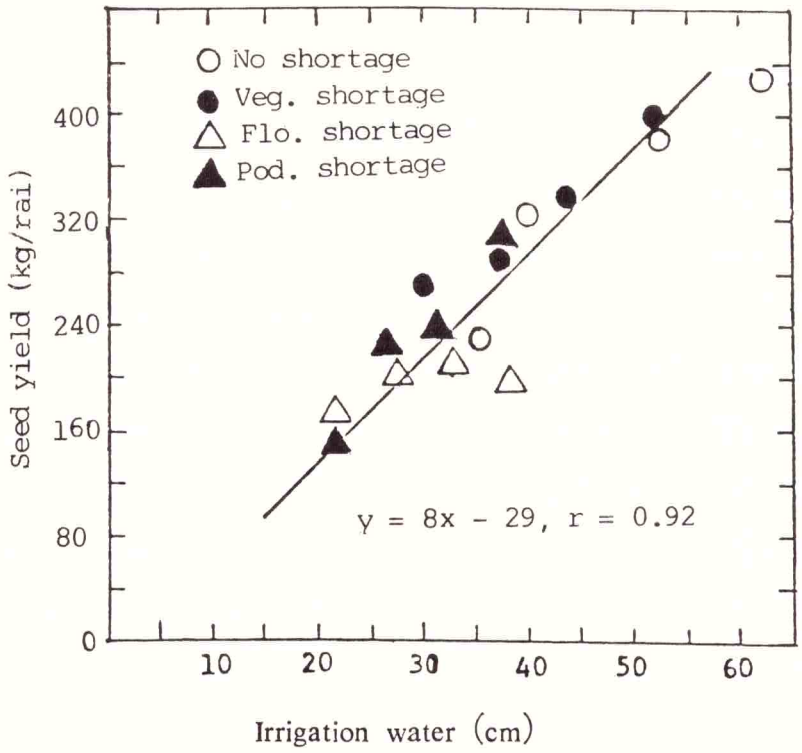


Figure 3. Relationship between yield and amount of irrigation water.

ปริมาณน้ำชลประทานตั้งแต่ 0.6–1.2 ETc ไม่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตต่าง ๆ ยกเว้นจำนวนฝักต่อหลุม, โดยปริมาณน้ำชลประทาน 0.6 ETc ให้จำนวนฝักต่อหลุมต่ำสุด และแตกต่างจากปริมาณน้ำชลประทานอื่นซึ่งไม่แตกต่างกันเอง.

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณน้ำถั่วที่ได้รับ

ผลผลิตเฉลี่ยของถั่วที่กระทบแล้งในช่วงเวลาและได้รับน้ำชลประทานอัตราต่างๆ มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณน้ำที่ถั่วได้รับอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังภาพที่ 3

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลกระทบของการไถทำลายดาน

ข้อมูลทั้งด้านความชื้นของดินและพืชไม่แสดงถึงผลกระทบของการทำลายดาน การไถทำลายดานหลังเก็บเกี่ยวข้าวในเดือนธันวาคม น่าจะเป็นการไถขณะที่ความชื้นของดินชั้นดานยังสูงเกินไป การไถเมื่อดินชั้นดานยังมีความชื้นสูงเกินไปมีผลให้ดานแตกแยกน้อย เนื่องจากความอาจดัดได้ (Plasticity) ของดินสูงเกินไป (Bowen, 1981)

ปริมาณน้ำชลประทาน

ได้กำหนดจากการ คำนวณปริมาณ น้ำชลประทานว่า ในวันก่อนให้น้ำ ในแต่ ละสัปดาห์ของดินแปลงที่ไม่กระทบแล้ง และได้รับน้ำชลประทานเท่ากับการคายระเหย (1.0 ETc) ควรมีระดับความชื้นที่ความลึกดิน 15–30 ซม. ประมาณ 17 % โดยปริมาตร หรือมีความชื้นที่เป็นประโยชน์เหลือในดิน 50 % ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ แต่ที่วัดได้เมื่อสิ้นภาวะแล้งช่วงต้นและช่วงฝักจริงกลับมีเพียง 8.55 และ 8.03 % โดยปริมาตรตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำที่กำหนดให้ในสองช่วงดังกล่าวนั้น น้อยกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งน่าจะเนื่องจากกำหนดค่า Kc สำหรับการคำนวณ ETc ของระยะดังกล่าวต่ำเกินไป ตรงกับที่ Ahmed (1978) รายงานจากการทดลองที่จังหวัดปทุมธานีไว้ว่า การคาดคะเนการคายระเหยของข้าวโพดตามวิธีการที่ใช้ในการทดลองนี้ ((Doorenbos and Pruitt, 1977) ได้ค่าต่ำกว่าที่เป็นจริง อนึ่งผลผลิตจากถั่วที่ไม่เคยกระทบแล้งของแปลงที่ได้รับน้ำอัตรา 1.2 ETc มีผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ได้รับน้ำ 1.0 ETc ประมาณ 13 % นี่คือเหตุผลอีกข้อหนึ่งที่น่าจะสนับสนุนว่า ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้นี้ต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะถ้าการคำนวณปริมาณน้ำถูกต้อง แปลงที่ได้รับน้ำ 1.2 ETc น่าจะมีปัญหาการได้รับน้ำมากเกินไปจนทำให้ผลผลิตต่ำกว่าแปลงที่ได้รับน้ำ 1.0 ETc.

ผลกระทบภาวะแล้งช่วงต่าง ๆ

ภาวะแล้งช่วงต้นไม่มีผลต่อการออกดอกและแทงเข็ม (จำนวนเข็มและฝักอ่อน) ภาวะแล้งช่วงดอกมีผลอย่างรุนแรงต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของฝักอ่อน และมีผลตกค้างต่อเนื่องไปจนถึงน้ำหนักผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว ภาวะแล้งช่วงฝักมีผลให้ฝักถั่วแก่ช้ากว่าแปลงอื่น และน่าจะมีผลให้ผลผลิตฝักลดลงมากกว่า หรือเท่ากับถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกถ้าเก็บผลผลิตพร้อมกัน ในการทดลองนี้ได้เลื่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วที่กระทบแล้งช่วงฝักไปอีก 10 วัน, ซึ่งในระยะ 10 วันนี้มีฝนตกหนักถึง 30 มม. จนทำให้ดินมีความชื้นอย่างเพียงพอ ผลผลิตจากฝักของถั่วที่กระทบแล้งช่วงฝักจึงมีแนวโน้มสูงกว่าที่กระทบแล้งช่วงดอก ผิดกับที่ Pallas Jr. et at. (1979) ได้รายงานไว้ อย่างไรก็ตามก็แสดงให้เห็นว่า ความรุนแรงของภาวะแล้งช่วงฝักอาจทำให้ลดลงได้ ถ้ามีน้ำให้หรือมีฝนตกเมื่อใกล้เวลาเก็บเกี่ยวและเลื่อนเวลาเก็บเกี่ยวออกไป

ผลผลิตที่ต่ำลงของถั่วที่กระทบแล้งช่วงดอกนั้นเป็นเพราะน้ำหนัก 100 เมล็ดลดลง ในขณะที่ถั่วที่กระทบแล้งช่วงฝักมีผลผลิตลดลง เพราะจำนวนฝักต่อหลุมลดลง

ภาวะแล้งช่วงดอกและช่วงฝักมีผลรวบยอดให้ดัชนีผลผลิตลดลง เช่นเดียวกันกับอัตราการให้น้ำที่ 0.8 และ 0.6 ETc. Boote (1983) สรุปจากรายงานของนักวิจัยหลายท่านว่า ทั้งภาวะที่ได้รับน้ำมากเกินไป และภาวะขาดแคลนน้ำ ต่างมีผลให้ดัชนีผลผลิตลดต่ำลงจากเมื่อถั่วได้รับน้ำปริมาณเหมาะสม.

สรุปผลการทดลอง

1. การไถทำลายดาน ตามวิธีและช่วงเวลาทดลองนี้ไม่ได้รับผลตอบสนอง ซึ่งน่าจะเป็นเพราะว่าดินมีระดับความชื้นสูงเกินไป ถ้าจะมีการทดลองลักษณะนี้อีก ควรตรวจสอบระดับความชื้นของดินก่อนทำการไถทำลายดาน วิธีที่ดีที่สุดที่จะตรวจสอบว่าการไถทำลายดานได้ผลเพียงไรคือ การขุดหลุมตรวจสอบรอยไถดานโดยตรง (Bowen, 1981).
2. การคำนวณปริมาณน้ำชลประทานจากข้อมูลการระเหยจากถาดระเหยน้ำ (American class A evaporations pan) ตามวิธีการที่ทำการทดลองนี้ยังไม่ได้ค่าปริมาณน้ำชลประทานที่เหมาะสม ควรใช้ Kc สำหรับช่วงการเติบโตของต้นและฝักที่มากกว่าการทดลองนี้
3. การขาดแคลนน้ำช่วงการออกดอกมีผลให้ผลผลิตลดลงมากที่สุด การขาดแคลนน้ำช่วงการเติบโตของฝักมีผลให้ฝักถั่วแก่ช้าไปถึง 10 วัน เป็นอย่างน้อย และน่าจะมีผลกระทบต่อผลผลิตเท่ากับหรือรุนแรงกว่าช่วงการออกดอก แต่ถ้ามีฝนตกหรือให้น้ำชลประทานเมื่อใกล้

เวลาเก็บเกี่ยวและยืดเวลาเก็บเกี่ยวออกไป ก็สามารถลดความรุนแรงของผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำช่วงนี้ได้.

เอกสารอ้างอิง

1. องค์ประเสริฐ, สมชาย และปูระณะพงษ์, นงลักษณ์ 2529. การศึกษาสมบัติฟิสิกส์บางประการของดินนาลุ่มภายใต้ระบบการปลูกพืชต่าง ๆ รายงานการสัมมนา ระบบการทำฟาร์มครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. Ahmed, Mesbaudin. (1978). Effect of irrigation and phosphorus fertilization on growth and yield of maize on acid sulphate soil. M. Eng. Thesis, AIT, Bangkok.
3. Boote, K.J. (1983). Peanut. in : Crop-water Relations. ed. Teare, I.D., John Wiley and Sons, New York. p 255-286
4. Bowen. H.D. (1981). Alleviating mechanical impedance. in : Modifying the root environment to reduce crop stress. ed. Arkin, G.F. and Taylor, H.M. ASAE Monogroph No. 4, ASAE St. Joseph, Michigan. P 21-60
5. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977). Crop water requirement, FAO irrigation and drainage paper no. 24. FAO, Rome.
6. Pallas Jr., J.E., Stansell, J.R. and Koske, T.J. (1979). Effects of drought on florunner peanuts. Agronomy Journal 71 : 853-858.

วารสารเกษตร 4.2 147-156(2531)
Journal of Agriculture 4,2:147-156(1988)

การศึกษาพฤติกรรมของปากใบกาแฟอะราบิก้า
1. อิทธิพลของฤดูกาล

วรวิทย์ ประภาวิทย์ และ พิทยา สรวมศิริ

STUDIES ON STOMATAL BEHAVIOUR OF ARABICA COFFEE
1. INFLUENCE OF THE SEASONS

Voravit Prabhavit and Pittaya Sruamsiri

ABSTRACT : Studies on stomatal behaviour of arabica coffee as affected by seasons were carried out on five coffee cultivars : Catimor LC 1662, Red Catuai, Mundo Novo, Icatu and Red Caturra. The plants were grown at Chang Kian Experimental Station, Chiang Mai; 1,200 m a.s.l.. Variation of air temperature, light intensity and air humidity in each season would change the leaf to air water vapour deficit, which consequently influenced the stomatal behaviour.

The leaf to air water vapour deficit was higher in summer than in winter and in rainy season respectively. To minimize water loss from leaves, plants control stomatal aperture in such a way that the stomatal conductance was lowest in summer. The widest stomatal opening was measured in rainy season.

บทคัดย่อ : การศึกษาพฤติกรรมปากใบกาแฟอะราบิก้า เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ได้กระทำกับกาแฟ 5 พันธุ์ คือ Catimor LC 1662, Red Catuai, Mundo Novo, Icatu และ Red Caturra ซึ่งปลูกอยู่ในแปลงทดลองของสถานีทดลองขุนช่างเคี่ยน จ. เชียงใหม่ ที่มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,200 ม. พบว่าการผันแปรของปัจจัยหลายชนิดทั้งอุณหภูมิของอากาศ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพันธ์ในแต่ละฤดูจะมีผลร่วมกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศ ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมของปากใบด้วย กล่าวคือ ในฤดูร้อนค่าผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบ และอากาศจะสูงกว่าในฤดูหนาวและฤดูฝน ตามลำดับ ทำให้ปากใบกาแฟเปิดน้อยที่สุดในฤดูร้อน เพื่อลดปริมาณการสูญเสียน้ำจากใบ ในขณะที่ปากใบจะเปิดมากที่สุดในฤดูฝน

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002
Department of Horticulture, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เพราะให้ผลผลิตที่นำมาเป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดกาแฟอะราบิก้า ซึ่งมีคุณภาพดีกว่ากาแฟโรบัสต้า และกาแฟอะราบิก้าสามารถปลูกได้ในแถบที่สูงของหลายจังหวัดในภาคเหนือ ปัจจุบันการผลิต กาแฟอะราบิก้า ของประเทศไทย ยังไม่เพียงพอ แก่ความต้องการ ของตลาด ภายในประเทศ ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากยังขาดข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการเพื่อให้ได้ผลผลิตดี ดังนั้น การศึกษาในด้านสรีรวิทยาของกาแฟจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก โดยเฉพาะการศึกษาสรีรวิทยาของปากใบ ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นกาแฟด้วย

ในการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของปากใบนี้ได้กระทำในหลายหัวข้อคือ อิทธิพลของฤดูกาล อิทธิพลของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา พฤติกรรมของปากใบภายใต้สภาวะการติดผลและพฤติกรรมของปากใบภายใต้สภาวะการขาดน้ำ ในชั้นนี้เป็นผลของการวิจัยในหัวข้อ พฤติกรรมของปากใบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลเพียงหัวข้อเดียว ซึ่งในหัวข้ออื่น ๆ จะได้รายงานต่อไป

จากการศึกษาในพืชหลายชนิดพบว่า ความผันแปรของสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล ทั้งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง มีอิทธิพลอย่างสำคัญต่อการปิดเปิดของปากใบพืช (Vince-Prue, 1975) อันจะส่งผลต่อเนื่องไปยังประสิทธิภาพในการสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตด้วย (Black, 1973)

ในกาแฟ Kumar (1979) รายงานว่า ปากใบของกาแฟจะเปิดได้ดีในช่วงความเข้มแสงประมาณ 600 $\mu E.\ m^{-2}.s^{-1}$ ถ้าเกินกว่านี้ปากใบจะเปิดน้อยลง และอุณหภูมิของใบจะสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเปิดของปากใบ คือ 25-30° ซ

การทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพฤติกรรมการปิดเปิดของปากใบกาแฟในแต่ละฤดูกาลในรอบปี ข้อมูลจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปประยุกต์พัฒนาวิธีการในการเขตกรรมที่เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 Automatic Porometer MK_3 Delta-T Devices.

ใช้วัดค่า Stomatal resistance และอุณหภูมิของใบพืช ซึ่งอาศัยหลักการตรวจ

วัดระยะเวลาที่ใช้ในการระเหยของน้ำจากภายในใบออกมายังอากาศแห้งภายในClamp ที่หนีบอยู่ที่ใบพืช จนกระทั่งความชื้นของอากาศนั้นเพิ่มขึ้นถึงจุดที่กำหนด ระยะเวลาที่ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดการเปิดของปากใบ จากนั้นนำค่าของระยะเวลาที่ใช้ไปคำนวณหาค่า Resistance โดยเปรียบเทียบกับคา Count number ที่ได้จาก Calibration plate ที่ติดมากับเครื่องมือและคำนวณการเปิดของปากใบ (Stomatal conductance) โดยใช้สมการ

$$\text{Stomatal conductance} = \frac{1}{\text{Stomatal resistance}}$$

1.2 Pressure bomb

ใช้วัดค่าศักย์ของน้ำภายในใบ หรือ Leaf water potential (ψ leaf) Pressure bomb ประกอบด้วย ส่วน Chamber, หน้าปัทม์บอกค่าความดันเป็น bar และถังกาซไนโตรเจน วิธีการก็คือ ตัดใบกาแฟที่ต้องการหาค่าศักย์ของน้ำภายในใบ ใส่ลงใน Pressure Chamber ที่ปิดสนิท โดยให้ก้านใบโผล่ออกจาก Chamber ปล่อยกาซไนโตรเจนภายใต้ความดันที่ทราบ โดยดูจากหน้าปัทม์บอกความดันเข้าไปใน Chamber อย่างช้า ๆ เมื่อความดันของกาซมากพอจนทำให้ Sap ของใบพืชไหลกลับมาจนถึงรอยตัดที่ก้านใบจนสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ค่าความดัน ณ จุดนั้น ถือเป็นจุดของ Leaf water potential ของใบพืช มีหน่วยเป็น MPa (MPa = 10 bar)

1.3 Photometer Li-cor, Inc ; Li-188 B.

ใช้วัดความเข้มแสงที่ตกกระทบบนระนาบผิวใบ ประกอบด้วยตัวเครื่องและ Quantum sensor ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้รับแสงตกกระทบ ซึ่งจะนำไปวัดบนระนาบผิวใบที่รับแสง ค่าที่อ่านได้เป็น Photon flux density มีหน่วยเป็น $\mu E.\ m^{-2}.\ s^{-1}$.

1.4 Assman's Psychrometer.

ใช้วัดความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ (Relative humidity) ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ของกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก วิธีการวัดคือ แขวน Assman's Psychrometer สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร จากนั้นอ่านค่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก แล้วนำผลต่างระหว่าง อุณหภูมิของกระเปาะทั้งสองมาเทียบกับตารางมาตรฐาน (Aspiration Psychrometer's Table) ก็จะทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้นมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ (%)

2. วิธีการทดลอง

ในการศึกษาการตอบสนองของปากใบต่อฤดูกาล ทดลองกับต้นกาแฟอะราบิก้าอายุ 3 ปี จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ Catimor LC. 1662, Red Catuai, Mundo Novo, Icatu และ Red Caturra ณ สถานีทดลองขุนช่างเคี่ยน จ. เชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่มีความสูงระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 1,200 ม. ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในช่วงกลางของ 3 ฤดูคือ ฤดูร้อนในเดือนเมษายน และ พฤษภาคม ฤดูฝนเดือนกรกฎาคม และฤดูหนาวเดือนธันวาคม หาค่าเฉลี่ยของแต่ละฤดูมาเปรียบเทียบกัน

ในการตรวจวัดแต่ละครั้งได้กระทำเป็น 5 ซ้ำ และตรวจวัดทั้งวัน ตั้งแต่ 6.00 ถึง 18.00 น. โดยเว้นช่วงห่างของการวัดแต่ละครั้งประมาณ 2 ชั่วโมง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความผันแปรของอุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ ในแต่ฤดูกาล

ในภาพที่ 1–3 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ในแต่ละฤดูทั้งในฤดูร้อน ฤดูฝน และ ฤดูหนาว อุณหภูมิของอากาศในแต่ละวันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดในช่วงเวลา 12.00– 14.00 น. หลังจากนั้นจึงค่อยๆ ลดลง อุณหภูมิสูงสุดของวันจะอยู่ประมาณ 28° ซ. สำหรับฤดูร้อน 24° ซ. สำหรับฤดูฝน และ 20° ซ. สำหรับฤดูหนาว

สำหรับความเข้มแสงพบว่ามีความผันแปรคล้ายกับอุณหภูมิของอากาศ คือความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อพระอาทิตย์เริ่มขึ้น และถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 12.00 น. ต่อมาจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลา 14.00 น. และลดลงอย่างรวดเร็วไปจนถึง 18.00 น. สถานีทดลองขุนช่างเคี่ยนตั้งอยู่บนฝั่งตะวันออกของภูเขา ทำให้แปลงทดลองได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่เฉพาะช่วงเช้าถึงเวลาประมาณ 14.00 น. หลังจากนั้นพระอาทิตย์จะลับเหลี่ยมเขาไป จึงทำให้ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในแต่ละวันลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง 14.00 น. ในฤดูร้อนความเข้มแสงจะสูงที่สุดคือประมาณ 2,000 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$. ในขณะที่ฤดูฝนและฤดูหนาวรองลงมาคือ 1,700 และ 1,400 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$. ตามลำดับ ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในฤดูฝนและฤดูหนาวอาจจะผิดจากค่าปกติที่ควรจะเป็น กล่าวคือ ฝนความเข้มแสงควรจะต่ำกว่าฤดูหนาว เพราะในฤดูฝนสภาพภูมิอากาศมักจะมีเมฆมาก และมีความชื้นในอากาศสูงจนถึงมีหมอก ซึ่งจะมีผลทำให้ความเข้มแสงถูกกรองให้ลดลงได้ในขณะที่ในฤดูหนาวท้องฟ้าจะโปร่งใสและความชื้นในอากาศต่ำ สภาพผิดปกติที่ตรวจวัดได้

ดังกล่าวข้างต้น อาจเนื่องจากลักษณะการลาดเอียงของแปลงทดลองที่เอียงไปทางทิศเหนือ และสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับลักษณะการเคลื่อนที่อ้อมทางทิศใต้ของดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความเข้มแสงที่ตกกระทบใบกาแฟในฤดูหนาวต่ำกว่าในฤดูอื่น

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อน และสูงที่สุดในฤดูฝน ในทุกฤดูความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะผันแปรคล้ายกัน กล่าวคือ ความชื้นจะเริ่มลดลงเมื่อดวงอาทิตย์เริ่มขึ้น (6.00 น.) และลดลงถึงจุดต่ำสุดเมื่อเวลาประมาณ 14.00 น. หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยเป็นปฏิภาคผกผันกับการลดลงของความเข้มแสง และอุณหภูมิ-อากาศ

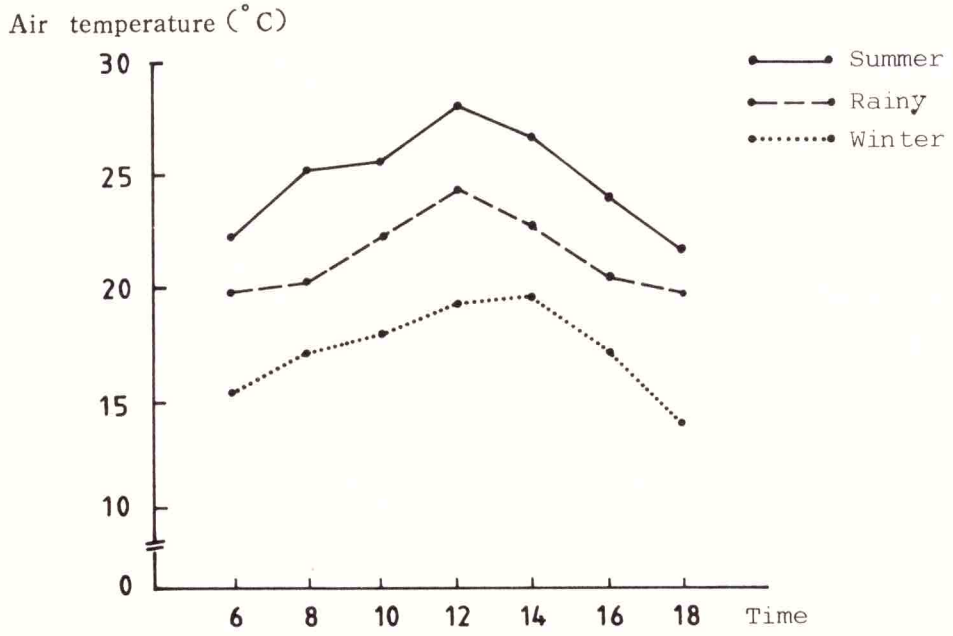


Figure 1. Diurnal change of air temperature in summer, rainy season and wintter.

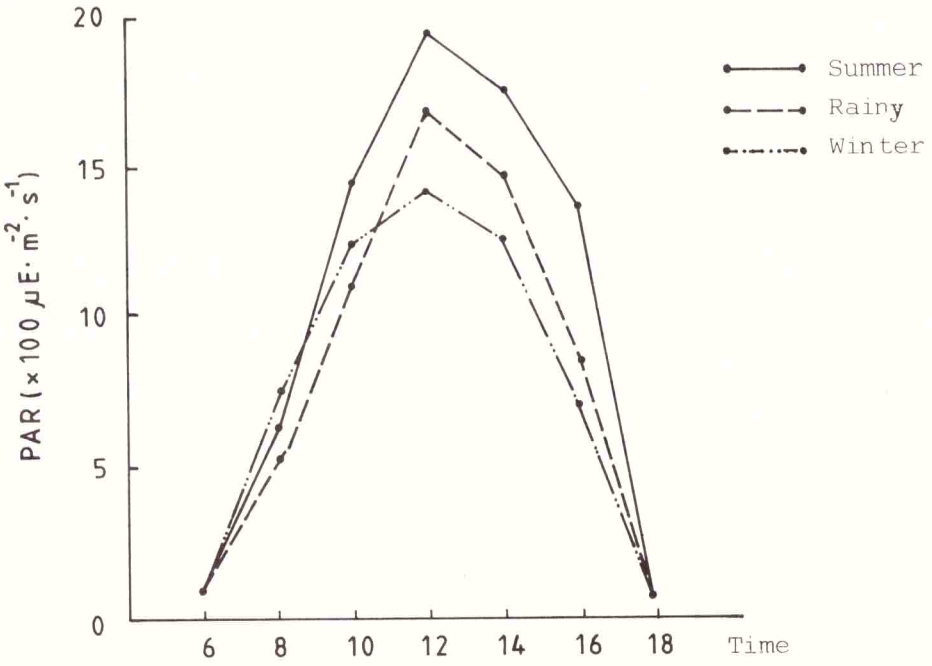


Figure 2. Diurnal change of light intensity in summer, rainy season and winter.

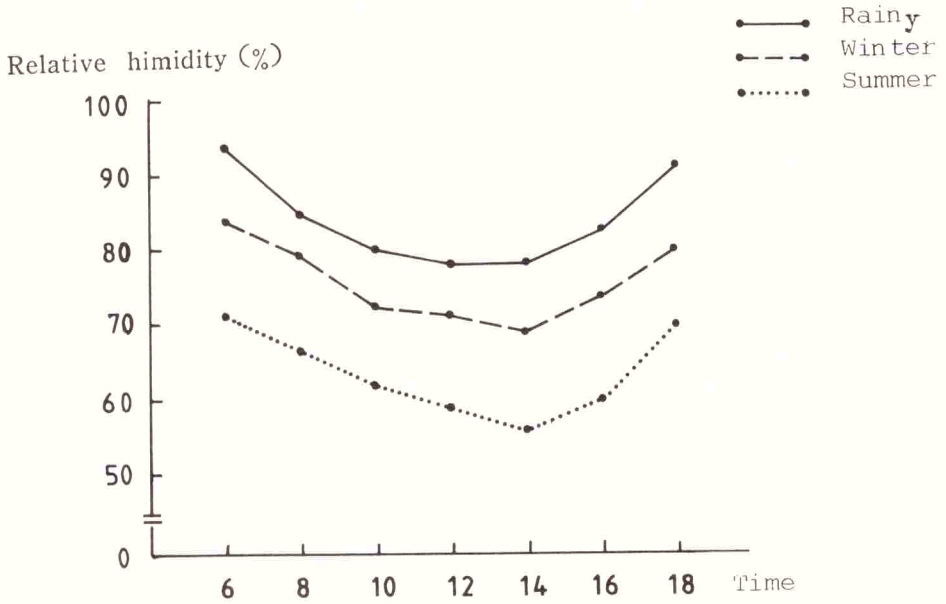


Figure 3. Diurnal change of air humidity in summer, rainy season and winter.

2. อิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศ

การสูญเสียน้ำจากใบพืชเป็นลักษณะของการระเหยน้ำผ่านทางรูปากใบเป็นส่วนใหญ่และผ่านทางรอยแตกของคิวติเคิล (Cuticle) เล็กน้อย (Byott and Sheriff, 1976) ในกรณีที่ปากใบเปิดเท่ากัน อัตราการระเหยน้ำจะมีมากขึ้น ถ้าความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศสูงขึ้น

จากผลการคำนวณที่แสดงไว้ในภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าในฤดูร้อนค่าผลต่างความดันไอน้ำจะสูงสุด และมีค่าสูงสุดของวัน (37.18–37.28 mbar) อยู่ในช่วงเวลา 12.00–14.00 น. ในฤดูฝนและฤดูหนาวค่าผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศจะใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าในฤดูร้อน คือประมาณ 18.25 และ 19.99 mbar เมื่อเวลา 14.00 น. ตามลำดับ นั่นหมายถึงว่าถ้าปากใบเปิดเท่าๆ กัน โอกาสที่พืชจะสูญเสียน้ำจากใบจะสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อน ขณะที่ฤดูฝน และฤดูหนาวจะใกล้เคียงกัน

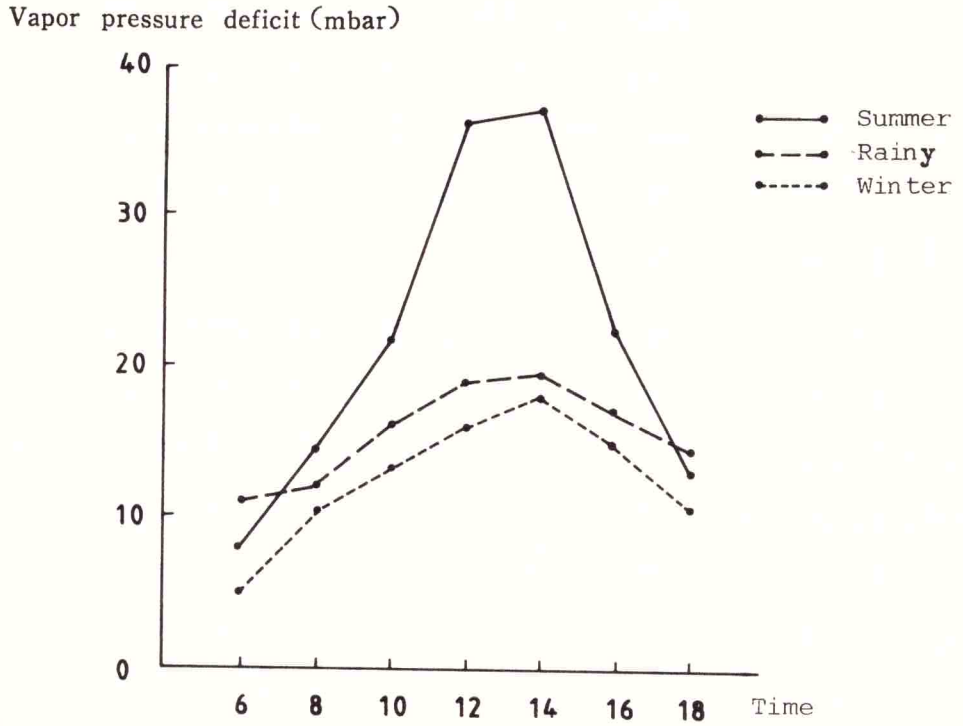


Figure 4. Diurnal change of leaf to air water vapour deficit in summer, rainy season and winter

3. การเปิดปากของปากใบในช่วงวัน

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการตรวจสอบการปิดเปิดของปากใบโดยวิธีการวัดความต้าน-ทานของปากใบ แล้วคำนวณกลับเป็นค่าการเปิดของปากใบ (Stomatal conductance) จากผลการทดลองในภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าปากใบกาแฟทั้ง 5 พันธุ์จะมีลักษณะของการเปิดปากใบคล้าย ๆ กันคือ จะเริ่มเปิดเมื่อเวลา 6.00 น. และเปิดมากที่สุดเมื่อ 12.00–14.00 น. และลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งปิดเมื่อเวลา 18.00 น. ในฤดูร้อนปากใบจะเปิดน้อยกว่าในฤดูหนาว และฤดูฝน กล่าวคือ ในฤดูร้อนค่าการเปิดปิดของปากใบมากที่สุดประมาณ 0.3-0.4 cm/sec ในฤดูหนาว 0.4-0.45 cm/sec และในฤดูฝน 0.35-0.5 cm/sec ตามลำดับ ทั้งนี้อาจจะเป็นการปรับตัวของปากใบ เพื่อไม่ให้มีการสูญเสียน้ำมากเกินไปในฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูร้อนมีค่าแตกต่างความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศสูงที่สุด (ภาพที่ 4)

ส่วนกาแฟพันธุ์ Icatu และ Red Caturra นั้น ในช่วงฤดูหนาวมีการเปิดของปากใบมากกว่าในฤดูอื่น ๆ ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากว่าในฤดูหนาวเป็นช่วงที่กาแฟติดผล ใกล้ถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว และกาแฟ 2 พันธุ์นี้มีการติดผลดกมาก ทำให้มีการใช้อาหารเพื่อเลี้ยงผลมาก จึงมีผลต่อพฤติกรรมของปากใบซึ่งจะต้องเปิดมากขึ้นเพื่อให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นด้วย ข้อ-มูลจากการทดลองนี้เป็นการบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการให้น้ำกับต้นกาแฟระยะผลใกล้สุก ซึ่งจะตรงกับฤดูแล้งพอดี ทั้งนี้เพื่อให้ปากใบเปิดได้เต็มที่ และมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น อันจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของผลกาแฟที่ได้

จากการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ในทุกฤดูการปิดเปิดของปากในกาแฟทุกพันธุ์ที่ทดลองจะไม่มีลักษณะที่เรียกว่า "Mid-day close" (ปากใบปิดชั่วคราวตอนเที่ยงวัน) ต่างจากผลการทดลองของ Kumar (1977) ที่พบว่าปกติปากใบกาแฟจะเริ่มเปิดมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเช้าและเปิดมากที่สุดจนถึง 11.00 น. หรือถึง 15.00 น. หลังจากนั้นปากใบจะเริ่มเปิดน้อยลงและปิดเมื่อหมดแสงอาทิตย์ แต่ถ้าดินปลูกมีความชื้น 45% หรือ 55% Field capacity ปากใบจะมี Mid-day close ในช่วง 13.00 น. ในระหว่างการทดลองครั้งนี้ มีฝนตกกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ แม้แต่ในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีฝนตกในปริมาณค่อนข้างมากเมื่อ 2 วันก่อน ทำการวัดในช่วงฤดูร้อน ความชื้นในดินของแปลงทดลองยังสูงอยู่ในช่วงที่ทำการตรวจวัดค่าปิดเปิดของปากใบ จึงทำให้ลักษณะการปิดเปิดปากใบกาแฟทุกพันธุ์ มีลักษณะคล้ายกับผลการทดลองของ Kumar (1977) ที่ได้จากกาแฟเมื่อปลูกในที่มีความชื้นในดิน 90–100% Field capacity

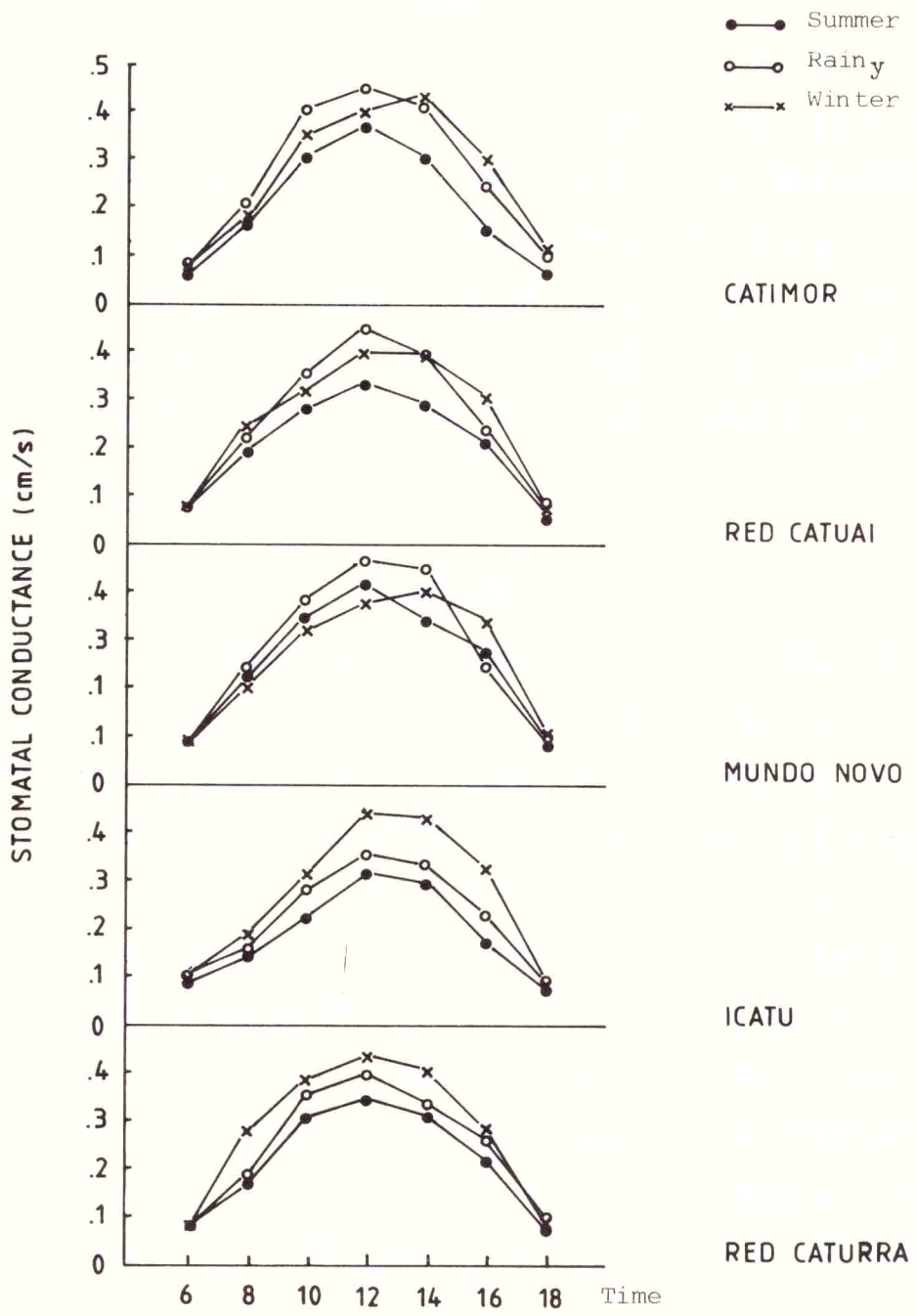


Figure 5. Diurnal change of stomatal conductance of coffee cultivars in summer, rainy season and winter.

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา พฤติกรรม ของการ เปิดปาก ใบกาแฟเนื่องจาก อิทธิพลฤดูกาล นั้นพบว่า ความผันแปรของอุณหภูมิของอากาศ ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ ในแต่ละฤดูจะมีผลร่วมกันต่อผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศ อันจะส่งผลต่อพฤติกรรมของปากใบ

ในฤดูร้อนค่าผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศสูงกว่า ในฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ ทำให้ปากใบเปิดน้อยที่สุดในฤดูร้อน เป็นการปรับตัวมิให้สูญเสียน้ำมากเกินไป โดยที่ในแต่ละฤดูปากใบจะเริ่มเปิดในตอนเช้า (6.00 น.) และเปิดมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่ง 12.00–14.00 น หลังจากนั้นปากใบจะเริ่มเปิดน้อยลง และปิดเมื่อหมดแสงพระอาทิตย์

เอกสารอ้างอิง

Black, C.C. (1973). Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO_2 uptake. Ann. Rev. Plant Physiol. 24, 253 - 286.

Byott, G. S. and Sheriff. D. W. (1976). Water movement into and through *Tradescantia virginiana* L. leaves. II. Liquid flow pathways and evaporative sites. J. Exp. Bot. 27, 634 - 9.

Kumar, D. (1977). Diurnal changes in leaf water potential and stomatal conductance in relation to atmospheric and soil moisture changes. Ann. Rep. Coffee Res. Stn, Ruiru 1975/1976; 108 - 109.

Rumer, D. (1979). Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L.A Review. Kenya Coffee. 44. 519, 9 - 40.

Vince - Prue, D. (1975). Photoperiodism in Plant. McGraw-Hill Book Co. London.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน (ในขณะนี้) ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่รับตีพิมพ์

   1.1 ผลงานวิจัย

   1.2 บทความรีวิวปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

   2.1 ต้นฉบับ : พิมพ์ดีดเว้นบรรทัดห่างและพิมพ์หน้าเดียว หากเตรียมต้นฉบับด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 65 ตัวอักษรและหน้าละ 23 บรรทัด

   2.2 ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษล้วน พิมพ์แยกไว้ต่างหาก จากเนื้อเรื่อง แต่ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏในเนื้อเรื่องอย่างชัดเจน

   2.3 ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏ ในเนื้อเรื่อง อย่างชัดเจน ภาพถ่าย (ขาวดำ) มีขนาด 9.00×13.5 ซม. ภาพเขียนและกราฟ ใช้หมึกสีดำเขียนบนกระดาษอาร์ตหนา หรือกระดาษเขียนแบบ

   2.4 เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

   2.4.1 ในเนื้อเรื่อง : การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องใช้ระบบนามสกุลและปี (พ.ศ.) เช่น สิทธิพรชัย (2526) รายงานว่า ..... หรือ ....(สิทธิพรชัย 2526) ในกรณีที่เป็นภาษาอังกฤษ ก็เช่นเดียวกัน ใช้นามสกุลและปี (ค.ศ.) เช่น Jone and Smith (1980) ในกรณีที่มีผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้และคณะ หรือ et al. ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงใส่ชื่อหมดทุกคน

   2.4.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่

   1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้ :-
   ผู้แต่ง (ชื่อสกุล,ชื่อต้น) ปี (พ.ศ. แต่ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ ค.ศ.) ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร(ย่อถ้ามี) ปีที่ : หน้า

   ตัวอย่าง : เชงสวัสดิ์, วิเชียร (2524). การบริหารศัตรูพืชกับระบบการปลูกพืชหลายชนิด ว.วิทย.กษ. (14)4 : 193-196

   2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้ :-
   ชื่อผู้แต่ง (ชื่อสกุล,ชื่อต้น) ปี (พ.ศ. หรือ ค.ศ.สำหรับวารสารภาษาอังกฤษ) ชื่อหนังสือ เมืองที่พิมพ์ สำนักพิมพ์

   ตัวอย่าง : แซมเพชร, เฉลิมพล (2527) หลักการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์.ท่าแพการพิมพ์, เชียงใหม่

3. การเสนอเรื่อง

เรื่องลงพิมพ์ส่งได้ตลอดเวลาถึง

บรรณาธิการ

วารสารเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002

JOURNAL OF AGRICULTURE

VOLUME 4 NO. 2 MAY 1988

ISSN 0857-0841