วารสารเกษตร

ปีที่ 8 เล่มที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2535

บทบรรณาธิการ

ISSN 0857-0841

วารสารเกษตร
Journal of Agriculture
ISSN : 0857-0841

เจ้าของ

คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002
โทร. (053)221828 หรือ (053)221699
ต่อ 4009, 4013
แฟกซ์ (053)210000

Publisher

Faculty of Agriculture
Chiang Mai University
Chiang Mai 50002, THAILAND
Tel. (053)221828 or (053) 221699
ext. 4009, 4013
Fax (053)210000

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

กำหนดออก เดือนมกราคม พฤษภาคม และกันยายน ปีละ 3 เล่ม

แจ้งรับวารสาร ถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ

คุณวิไลพร ธรรมตา
งานบริการงานวิจัยและพัฒนา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002

พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์ออฟเซ็ท สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002 โทร. (053) 221699 ต่อ 4016

บทบรรณาธิการ

จากการเจรจาเกี่ยวกับข้อตกลงทั่วไปว่าด้วยการค้า และพิกัดอัตราภาษีศุลกากร (The General Agreement on Tariffs and Trades, GATT) หรือ แกทท์ เกี่ยวกับการค้าสินค้าเกษตรของประชาคมโลก ที่เริ่มมาตั้งแต่การประชุมที่เรียกว่ารอบโตเกียว (2522) จนกระทั่งรอบอุรุกวัย (2529) ซึ่งต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน และเป็นที่ทราบกันดีว่าในการค้าสินค้าการเกษตร มีผลประโยชน์ที่ขัดแย้งกันระหว่างกลุ่มผู้ส่งออกสินค้าเกษตรที่เรียกว่า เครนส์ (Cairns) และกลุ่มประเทศที่ปกป้องการนำเข้าสินค้าเกษตร คือกลุ่มประเทศประชาคมยุโรป (European Community, EC) หรือ อีซี กับประเทศญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยที่น่าสนใจคือ การที่ญี่ปุ่นถูกบีบให้เปิดตลาดสำหรับข้าว ซึ่งญี่ปุ่นได้ใช้ระบบที่เรียกว่า Food Control System เป็นเครื่องมือสำหรับป้องกันการนำเข้า ข้าวจากต่างประเทศตลอดมา แรงต่อต้านนี้ได้อ่อนลงเรื่อยๆ เช่นการยอมให้มีการนำเข้าข้าวคุณภาพต่ำ 6.5 เปอร์เซนต์ของปริมาณข้าวที่ผลิตได้ (650,000 ตัน) เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ และทำกาว (กรุงเทพธุรกิจ, 19 ตุลาคม 2533) หรือบทความของคุณ Hisahiko Okazaki ที่ตีพิมพ์ในหนังสือพิมพ์ The Yomiuri Shimbun (อ้างอิงโดย The Nation, 8 มีนาคม 2536, หน้า A6) ที่ชี้ให้เห็นว่าถ้าญี่ปุ่นยังคงยืนกรานที่จะไม่ยอมให้มีการนำเข้าข้าว อาจทำให้ญี่ปุ่นเสียผลประโยชน์ ถ้ากลุ่มอีซีกับสหรัฐอเมริกาสามารถรอมชอมกันได้ จากแนวโน้มนี้วารสารเกษตรใคร่ขอเชิญชวนส่งเรื่องเกี่ยวกับข้าวญี่ปุ่น *(Oryza japonica)* ในแง่มุมต่างๆ ทางการเกษตร หวังว่าคงจะได้รับความกรุณาจากสมาชิก และผู้อ่านเช่นเคย

อนึ่งเพื่อความสะดวกในการเตรียมต้นฉบับวารสารเกษตร ใคร่ขอเพิ่มเติมวิธีการส่งต้นฉบับตามรายละเอียดในหน้าถัดไป สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ทุกท่านที่ได้ส่งเรื่องมาลงพิมพ์อย่างต่อเนื่องเสมอมา.

บรรณาธิการ

คำแนะนำการส่งต้นฉบับด้วยแผ่นจานข้อมูล (Diskette)

เนื่องจากวารสารเกษตรใช้วิธีการเตรียมต้นฉบับเพื่อส่งพิมพ์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้น หากเป็นไปได้ ใคร่ขอให้ท่านที่ประสงค์จะส่งบทความมาตีพิมพ์ในวารสาร ส่งต้นฉบับมาในแผ่นจานข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้สามารถออกวารสารได้เร็วขึ้น พร้อมทั้งลดความผิดพลาดจากการพิมพ์ใหม่ ทำให้บทความของท่านถูกต้องยิ่งขึ้น ท่านที่จะส่งต้นฉบับด้วยจานข้อมูล โปรดดำเนินการดังนี้ :

ก. ต้นฉบับภาษาไทยปนภาษาอังกฤษ

1. ให้ใช้แผ่นข้อมูลขนาดความจุ 360 KB (2S-DD) หรือ 1.2 MB (2S-HD)
2. ให้พิมพ์ด้วยโปรแกรมราชวิถี WORD PC
3. ในกรณีที่มีรูปประกอบ ไม่ต้องเว้นที่ว่างเท่าขนาดรูปไว้ในบทความ แต่ให้วงเล็บไว้แทนดังตัวอย่าง

[รูปที่ 1]

โปรดส่งต้นฉบับพิมพ์มาพร้อมกับแผ่นข้อมูลด้วยทุกครั้ง เพราะถ้ามีปัญหากับแผ่นข้อมูล จะได้ใช้ต้นฉบับพิมพ์แทน อนึ่งการส่งแผ่นข้อมูล ให้ใช้กระดาษแข็งตัดเท่าขนาดแผ่นประกบหน้า-หลัง ก่อนผนึกซองส่งไปรษณีย์ เพื่อป้องกันการบิดงอระหว่างการขนส่ง

ข. ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษล้วน

ท่านจะใช้โปรแกรมราชวิถีในการพิพม์ต้นฉบับก็ได้ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในข้อ ก. แต่หากท่านต้องการใช้ความสามารถในการตรวจสะกดคำของโปรแกรม ขอแนะนำให้ใช้โปรแกรมประมวลคำที่เป็นภาษาอังกฤษล้วน (ดูคำแนะนำในภาษาอังกฤษ)

SUBMISSION OF PAPER ON A DISKETTE

Since submission of paper on diskette will accelerate publishing process significantly, the author(s) are requested to submit their paper on a diskette if possible. The following recommendation are given for author(s) who want to send their work on a diskette:

1. Use a 5.25" diskette with 360 KB or 1.2 MB capacity as appropriated.
2. The submitted file must be saved in ASCII format for submission. Thus any text editor program capable of saving file in this format may be used.
3. Location for inserting figure in the paper (if any) should be mark as follows

[Figure 1]

The diskette must always be accompanied by a printed manuscript, in case that the diskette contains some defection the manuscript will be used instead.

วารสารเกษตร 8(2) : 115-126 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 115-126 (1992)

การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก 1. นกกระทาไข่ และไก่สาว

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ [1] *และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล* [1]

UTILIZATION OF FULL FAT SOYBEAN IN POULTRY DIETS. 1. JAPANESE LAYING QUAILS AND REPLACEMENT PULLETS.

Suchon Tangtaweewipat [1] *and Boonlom Cheva-Isarakul* [1]

ABSTRACT : Extruded full fat soybean meal (FFSB) which contained 40% crude protein (CP) and 20% ether extract was substituted to 0, 50 and 100% of soybean meal (SBM) in poultry diets. The diets containing 22% CP were fed to 150 heads of Japanese laying quails while those of 15.5 and 13.5% CP were fed to 300 heads of replacement pullets during 6-12 and 13-20 week of age, respectively.

There was no significant difference among groups regardless of the use of FFSB on egg production and feed efficiency of Japanese quails or growth rate, feed intake and age at 5% egg production of pullets. However the higher price of FFSB, compared to SBM, caused higher production cost of both poultry types.

บทคัดย่อ : การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมัน แต่ผ่านความร้อนแบบเอ็กซ์ทรูด (Extrude; Full fat soybean, FFSB) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนและไขมันค่อนข้างสูง (40 และ 20% ตามลำดับ) ไปทดแทนกากถั่วเหลืองระดับ 0, 50 และ 100% ในสูตรอาหารนกกระทาไข่ และไก่ไข่รุ่น จำนวน 150 และ 300 ตัว เป็นเวลา 84 และ 98 วัน ตามลำดับ โดยอาหารนกกระทาไข่มีโปรตีนระดับ 22% ส่วนอาหารไก่ไข่รุ่นในช่วงอายุ 6-12 สัปดาห์ มีโปรตีน 15.5% และช่วงอายุ 13-20 สัปดาห์ มีโปรตีน 13.5% เท่ากันทุกกลุ่ม ยกเว้นค่าพลังงานใช้ประโยชน์และไขมันปล่อยให้สูงขึ้นตามการใช้ FFSB ในอาหาร ผลปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิตทั้งของนกระทาไข่ (ผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหาร) และไก่รุ่น (อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอายุเมื่อไข่ครบ 5% ของฝูง) ของกลุ่มที่ได้รับ FFSB แทนที่กากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่งหรือทั้งหมด ให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม (0% FFSB) แต่ความสม่ำเสมอของฝูงไก่เมื่ออายุ 20 สัปดาห์สูงขึ้นตามระดับการใช้ FFSB ในอาหาร (81 vs 86 และ 91%) ตามลำดับ.

อย่างไรก็ดีพบว่าการใช้ FFSB แทนที่กากถั่วเหลือง มีผลทำให้ราคาอาหารสูงขึ้น เป็นเหตุให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่นกและค่าตัวไก่สาวมีราคาสูงขึ้น.

---

[1] ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

[1] Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

คำนำ

การขาดแคลนกากถั่วเหลืองเป็นปัญหาที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ขณะที่การจำหน่ายถั่วเหลืองได้ในราคาต่ำ ก็เป็นปัญหาอีกด้านหนึ่งที่รัฐบาลจะต้องแก้ไข การนำเข้าเมล็ดหรือกากถั่วเหลืองจากต่างประเทศซึ่งมีราคาถูกกว่า มีผลให้ถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองในประเทศยิ่งมีราคาต่ำลง ในทางตรงกันข้ามการห้ามนำเข้าเมล็ดหรือกากถั่วเหลือง หรือการกำหนดถั่วเหลืองภายในให้มีราคาสูงๆ มีผลให้ต้นทุนค่าอาหารสัตว์สูงขึ้น ซึ่งเป็นภาระต่อผู้ผลิตสัตว์ และยังส่งผลต่อเนื่องไปถึงผู้เลี้ยงสัตว์รายย่อยที่จะต้องล้มเลิกกิจการ เพราะทนแบกรับการขาดทุนไม่ได้.

การแสวงหาแหล่งโปรตีนจากพืชชนิดใหม่ๆ มาทดแทนกากถั่วเหลือง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้วงการเลี้ยงสัตว์มีต้นทุนการผลิตต่ำลง แต่ไม่สามารถช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองให้จำหน่ายถั่วเหลืองในราคาสูงๆ ได้ เพราะโรงงานสกัดน้ำมันจะรับซื้อเมล็ดถั่วเหลืองในราคาที่ต่ำ เนื่องจากการจำหน่ายผลพลอยได้คือกากถั่วเหลืองลดลง การศึกษาถึงการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านขบวนการให้ความร้อนเพื่อทำลายสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหาร (Antinutritive factors) โดยไม่ต้องนำไปสกัดน้ำมันออกก่อน เพื่อเพิ่มโอกาสการเลือกใช้วัตถุดิบให้แก่วงการอาหารสัตว์ และช่วยกระจายการรับซื้อเมล็ดถั่วเหลืองให้กว้างขึ้นทั้งจากโรงงานสกัดน้ำมัน โรงงานอาหารสัตว์ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทั่วไป และผู้เลี้ยงสัตว์รายย่อยในท้องถิ่น มีรายงานผลมากมาย แต่อย่างไรก็ดีกระบวนการดังกล่าว จำเป็นต้องใช้ความร้อนที่พอเหมาะเพราะถ้าให้ความร้อนน้อยไป (Underprocessing) จะคงเหลือสารยับยั้งทริพซิน (Trypsin inhibitor activity, TIA) สูง แต่ถ้ามากไป (Overprocessing) การใช้ประโยชน์ของสารอาหารโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น เมทไธโอนีน (Methionine), ไลซีน (Lysine) จะใช้ได้น้อยลง (Hayward *et al.,* 1936; Renner *et al.,* 1953).

McNaughton *et al.* (1981) ได้นำกากถั่วเหลืองที่มี TIA 12 μg/mg โปรตีน ไปนึ่ง (Autoclave) ด้วยเวลาต่างๆ กัน พบว่าการนึ่ง 10 นาที จะทำให้ TIA ลดเหลือ 1.7 μg/mg โปรตีน และ Urease index เท่ากับ 0.02 เมื่อนำไปเลี้ยงไก่เนื้อทำให้การเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความชื้นเข้าไปในระหว่างการนึ่ง จะช่วยให้ความร้อนทำลาย TIA และ Urease ได้เร็วขึ้น (McNaughton and Reece, 1980; McNaughton *et al.,* 1981) นอกจากนี้ประสิทธิภาพการทำลาย TIA ยังขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง (pH) อีกด้วย เช่น การนึ่งเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 99 °C ที่ pH 6.6 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง TIA จะลดเหลือ 7.6% เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพโปรตีน พบว่า มีค่า Protein efficiency ratio (PER) สูงที่สุด แต่ถ้าเพิ่ม pH เป็น 9.5 จะใช้เวลาในการนึ่งเพียง 2.5 นาทีเท่านั้น โดยได้คุณภาพโปรตีนคงเดิม (Johnson *et al.,* 1980).

สำหรับกรรมวิธีการปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองที่ทำกันในเมืองไทยมีหลายวิธี เช่น การต้มหรือนึ่ง การย่อยด้วยเอนไซม์เปปซิน (Pepsin) การหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ การแช่กรดหรือด่าง การบดก่อนหรือหลังการต้มหรือนึ่ง และการแช่น้ำค้างคืนก่อนต้มหรือบดเมล็ด เป็นต้น ซึ่งจากการทดลองใช้เมล็ดถั่วเหลืองบดก่อนต้ม หรือการต้มแล้วแช่ด่าง เป็นอาหารสุกรระยะก่อนหย่านม พบว่าสามารถใช้ได้ผลดีและยังประหยัดต้นทุนค่าอาหาร (อื้อเชี่ยวชาญกิจ, 2518; ภูวดลไพโรจน์, 2525) ส่วนการย่อยด้วยเปปซิน และหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ยังไม่เหมาะกับการนำไปใช้ (เศรษฐภักดี, 2520) สำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก มีรายงานของ ธรรมบุตร และคณะ (2525) ที่ใช้เมล็ดถั่วเหลืองต้มนาน 10-20 นาที เลี้ยงไก่กระทงที่ระดับ 27 และ 33% ทั้งเสริมและไม่เสริมเมทไธโอนีน พบว่าให้การเจริญเติบโตดีกว่าใช้กากถั่วเหลือง ซึ่งอาจเนื่องจากถั่วเหลืองต้มมีพลังงานสูงกว่า แต่ถ้าเอาไขมันออก แล้วนำไปใช้แทนที่กากถั่วเหลืองพร้อมกับเสริมเมทไธโอนีนระดับ 0.3% ไก่จะเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับใช้กากถั่วเหลืองที่ไม่เสริมเมทไธโอนีน (Bajjalich *et al.*, 1980) ผลจากการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า การใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว ไม่จำเป็นต้องสกัดเอาน้ำมันออก แต่จำเป็นต้องผ่านขบวนการทำลายสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารเสียก่อน ในปัจจุบันมีผู้ผลิตถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านขบวนการสกัดน้ำมัน (Full fat soybean, FFSB) ออกมาจำหน่ายในท้องตลาดค่อนข้างมาก โดยไม่ทราบว่าเป็นขบวนการที่มีคุณภาพมากน้อยเพียงใด จึงเห็นควรทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของ FFSB ที่นิยมใช้กันมากในท้องตลาด เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานทดแทนกากถั่วเหลืองและข้าวโพดในสูตรอาหารนกกระทาไข่ และไก่สาวที่เตรียมทดแทนฝูงไก่ไข่ต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้ใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ได้สกัดน้ำมัน แต่ผ่านความร้อนโดยขบวนการเอ็กซ์ทรูด (Extrude) เพื่อช่วยให้การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารดีขึ้น ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านขบวนการดังกล่าว มีขายเป็นการค้า โดยใช้ชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น ถั่วเหลืองอบ ถั่วเหลืองผง หรือถั่วเหลืองอุดมด้วยไขมัน (Full fat soybean, FFSB) เป็นต้น ในที่นี้จะใช้ชื่อเรียกรวมๆ ว่า FFSB โดยมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.

การทดลองที่ 1 : นกกระทาไข่

ใช้นกระทาไข่ญี่ปุ่น (Japanese quail; *Coturnix coturnix japonica*) จำนวน 150 ตัว อายุเริ่มทดลอง 80 วัน (ไข่เฉลี่ยในฝูง 50%) แบ่งนกออกตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ รวม 50 ตัว/กลุ่ม นกไข่ในแต่ละซ้ำเลี้ยงบนกรงเป็นชั้นๆ แบบขังรวมขนาด 35 x 50 x 20 ซม. มีรางอาหารอยู่ด้านหน้า

Table 1. Chemical composition (% w/w air dry basis) of full fat soybean (FFSB) compared to soybean meal (SBM).

	FFSB		SBM
	TGANP[1]	NRC (1984)	(NRC, 1984)
Dry matter	92.3	90.0	89.0
Crude protein	39.9	37.0	44.0
Ether extract	20.1	18.0	0.8
Crude fiber	5.5	5.5	7.3
Ash	6.4	5.0	7.8
Metabolizable energy (kcal/g)	NA	3.3	2.2
Essential amino acids			
Lysine	NA	2.40	2.93
Methionine	NA	0.51	0.65
Cystine	NA	0.64	0.69
Threonine	NA	1.50	1.81
Tryptophan	NA	0.55	0.62
Isoluecine	NA	2.00	2.39
Luecine	NA	2.80	3.52
Histidine	NA	0.89	1.15
Phenylalanine	NA	1.80	2.27
Tyrosine	NA	1.20	1.28
Valine	NA	1.80	2.34

NA = Data not available

[1] The values investigated in this experiment; Thai-German Animal Nutrition Project, Chiang Mai University.

เฉพาะของแต่ละกรง ส่วนรางน้ำยาวติดต่อกันตลอดอยู่ด้านหลังของกรง ซึ่งใช้ร่วมกัน 4 กรง นกมีน้ำและอาหารกินตลอดเวลา อาหารทดลองที่นกได้รับเป็นอาหารแบบผง (Mash form) มีส่วนผสมของ FFSB แทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0,50 และ 100% หรือเทียบเท่ากับใช้ในสูตรอาหารที่มีโปรตีน 22% ระดับ 0,13 และ 26% ตามลำดับ สูตรอาหารดังกล่าวมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) สูงขึ้นตามระดับการใช้ FFSB ในอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยค่า ME ของ FFSB ที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารใช้ค่า 3,300 กิโลแคลอรี่/กก. (NRC, 1984) ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารนกกระทาไข่ แสดงไว้ในตารางที่ 2.

Table 2. Composition and nutrient content of the Japanese laying quail diets.

Ingredients	In ration Substitute SBM	% FFSB 0 0	13 50	26 100
Yellow corn (8.9%CP)		50.76	48.80	46.81
Rice bran (12.0%CP)		10.00	10.00	10.00
Soybean meal, SBM (44.0%CP)		22.01	11.00	-
Full fat soybean, FFSB (39.9%CP)		-	13.00	26.00
Fish meal (55.0%CP)		12.00	12.00	12.00
Oyster shell		4.60	4.60	4.60
DL-Methionine		0.09	0.09	0.09
L-Lysine		0.04	0.01	-
Salt		0.20	0.20	0.20
Premix (MB Mix-2)[1]		0.30	0.30	0.30
Total		100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition, (% Air dry basis):				
Crude protein		22.00	22.17	22.34
Metabolizable energy, ME (kcal/kg)		2820	2950	3050
Crude fiber		4.92	4.62	4.32
Ether extract		4.14	6.34	8.54
Calcium		2.75	2.76	2.76
Available phosphorus		0.57	0.57	0.57
Methionine		0.50	0.50	0.50
Lysine		1.15	1.15	1.15

[1] Vitamin and mineral premix, May and Baker products.

การทดลองที่ 2. ไก่ไข่รุ่น

ใช้ไก่ไข่รุ่นเพศเมียพันธุ์โกลเด้นฮับบาร์ด (Golden Hubbard) จำนวน 300 ตัว อายุเริ่มทดลอง 6 สัปดาห์ แบ่งไก่โดยสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 ซ้ำ (รวม 100 ตัว/กลุ่ม) โดยแต่ละซ้ำแยกเลี้ยงอยู่คนละโรงเรือน ซึ่งมีระยะทางห่างกันประมาณ 2 กิโลเมตร วางแผนการทดลองแบบ Rondomized block design แต่ละซ้ำเลี้ยงแบบปล่อยพื้นในคอกย่อยขนาดคอกละ 4

x 4 ตารางเมตร มีอาหารและน้ำให้กินตลอดเวลา อาหารที่ไก่ได้รับเป็นอาหารที่มีส่วนผสมของ FFSB ดังแสดงคุณค่าไว้ในตารางที่ 1 โดยใช้แทนที่กากถั่วเหลืองในระดับ 0, 50 และ 100% หรือเทียบเท่ากับใช้ในสูตรอาหารระดับ 0, 6 และ 12% และ 0, 5 และ 11% ในอาหารไก่รุ่น 1 และไก่รุ่น 2 ซึ่งอาหารทุกกลุ่มมีโปรตีนระดับ 15.5 และ 13.5% ในช่วงไก่อายุ 6-12 สัปดาห์ (ไก่รุ่น 1) และ 13-20 สัปดาห์ (ไก่รุ่น 2) ตามลำดับ โดยมีค่า ME และไขมันสูงขึ้นตามระดับ FFSB ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไก่รุ่น 1 และไก่รุ่น 2 แสดงไว้ในตารางที่ 3.

Table 3. Composition and nutrient content of the replacement pullet diets in Phase 1 (age 6-12 wk) and Phase 2 (age 13-20 wk).

Ingredients	% FFSB					
	Phase 1			Phase 2		
In ration	0	6	12	0	5	11
Substitute SBM	0	50	100	0	50	100
Yellow corn	77.31	76.31	75.31	86.19	85.48	84.53
Rice bran	5.00	5.00	5.00	-	-	-
Soybean meal, SBM	10.00	5.00	-	9.20	4.60	-
Full fat soybean, FFSB	-	6.00	12.00	-	5.31	10.86
Fish meal	6.60	6.60	6.60	3.00	3.00	3.00
Dicalcium phosphate	0.50	0.50	0.50			
Oyster shell	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
DL-Methionine	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix (MB Mix-2)[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition, (% Air dry basis):						
Crude protein	15.51	15.61	15.72	13.37	13.40	13.51
ME (kcal/kg)	3150	3200	3250	3190	3240	3290
Crude fiber	4.20	4.07	3.93	3.81	3.68	3.50
Ether extract	3.92	4.91	5.91	3.31	4.20	5.12
Calcium	0.75	0.75	0.75	0.60	0.59	0.59
Avai. phosphorus	0.35	0.35	0.35	0.31	0.31	0.31
Methionine	0.34	0.33	0.33	0.30	0.30	0.30
Lysine	0.65	0.66	0.67	0.50	0.51	0.52

[1] Vitamin and mineral premix, May and Baker products.

งานทดลองกระทำที่ฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยการทดลองนกกระทาไข่ใช้เวลาทั้งสิ้น 3 ช่วงการทดลอง (Periods) ช่วงละ 28 วัน รวม 84 วัน ส่วนการทดลองไก่ไข่รุ่นใช้เวลา 14 สัปดาห์ คือ เริ่มตั้งแต่ไก่อายุ 6 สัปดาห์ จนถึง 20 สัปดาห์ ทั้งสองการทดลองเริ่มในระยะเวลาใกล้เคียงกัน คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2533 ถึงพฤษภาคม 2534 การบันทึกข้อมูลด้านผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่นกกระทากิน ใช้ค่าเฉลี่ยจากแต่ละช่วงการทดลอง น้ำหนักไข่บันทึกจากจำนวนไข่ทุกฟองที่มีใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง (วันที่ 26, 27 และ 28) ส่วนข้อมูลด้านอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินของไก่รุ่น บันทึกเมื่อมีการเปลี่ยนสูตรอาหาร (ไก่อายุ 12 และ 20 สัปดาห์) โดยน้ำหนักไก่ชั่งแบบรายตัว เพื่อนำไปคำนวณหาความสม่ำเสมอของฝูงไก่ สำหรับอัตราการตายของทั้งสองการทดลองบันทึกทุกครั้งที่มีการตายเกิดขึ้น แล้วคำนวณเป็นร้อยละของแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งบ่งโดยจันทลักขณา (2523).

ผลการทดลองและวิจารณ์

นกกระทาไข่

จากการใช้ FFSB เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในสูตรอาหารระดับ 0, 13 และ 26% หรือเทียบเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 50 และ 100% ตามลำดับ เลี้ยงนกกระทาไข่ในช่วงให้ไข่สูงสุดเป็นเวลา 3 เดือน ผลแสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตของนกที่ไม่ได้รับหรือได้รับอาหารที่มี FFSB ระดับต่างๆ ให้ผลไม่แตกต่างในทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีผลผลิตไข่เฉลี่ยตลอดระยะการทดลองอยู่ระหว่าง 73-76% ซึ่งให้ผลต่ำกว่าการเลี้ยงในเชิงการค้า ทั้งนี้เนื่องจากตัวนกที่ใช้ในการทดลองได้รับการคัดเลือกน้อย อาจมีการผสมแบบเลือดชิดบ้าง ต่างจากการเลี้ยงในเชิงการค้าที่มีการคัดเลือกอย่างเข้มงวด.

การที่สมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่, ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการตาย) ของนกกระทาไข่เมื่อได้รับ FFSB แทนที่กากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่งหรือทั้งหมดให้ผลไม่ต่างจากการใช้กากถั่วเหลือง (กลุ่มควบคุม) เป็นการแสดงให้เห็นว่าสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารที่มีใน FFSB ถูกทำลายไปหมด หรือเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยไม่ถึงกับเป็นอันตรายต่อตัวนก สอดคล้องกับการศึกษาของ Rogler and Carrick (1964) ที่ใช้เมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านความร้อนแบบ Steam-jacketed cylinder ที่ 240°F นาน 45 นาที เลี้ยงไก่เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ แต่กลับมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าการใช้กากถั่วเหลืองเล็กน้อย นอกจากนี้ยังทำให้ไข่แดงและไข่ขาวของแม่ไก่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวกลิโนเลอิค (Linoleic acid) และลิโนเลนิค (Linolenic acid) สะสมอยู่สูงกว่าด้วย แต่สำหรับในการศึกษา

Table 4. Production performance of Japanese laying quails and replacement pullets fed diets containing varying levels of full fat soybean (FFSB)

	%FFSB Substitute Soybean meal		
	0	50	100
Japanese laying quail experiment[1] :			
Egg production (%)	73.42	76.14	73.22
Feed intake (g/bird/day)	20.93	20.97	20.42
Feed used (kg) per :			
100 eggs produced	2.93	2.79	2.89
1 kg egg produced	2.64	2.49	2.60
Egg weight average	11.16	11.19	11.16
Mortality (%)	2.0	0	4.0
Replacement pullet experiment (age 6-20wk) :			
Body weight (kg)[1]			
6 wk	0.45	0.45	0.45
12 wk	1.05	1.07	1.03
20 wk	1.67	1.71	1.71
Feed intake (g/bird/day)[1]			
6-12 wk	51.34	51.65	51.03
13-20 wk	69.69	67.97	67.78
6-20 wk	61.82	60.97	60.62
Body uniformity within the flock (%)[2]			
12 wk[1]	84.0	88.0	90.9
20 wk[3]	81.5[b]	86.0[ab]	90.8[a]
Age at 5% egg production (days)[1]	135	139	136
Mortality (%)[1]	3.0	0	3.0

[1] No significant difference

[2] Uniformity = $\frac{\text{No of birds within} \pm 10\% \text{ of the mean sampling weight}}{\text{No of sampling birds}} \times 100$

[3] Values within a row with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

ครั้งนี้ไม่มีการศึกษาถึงกรดไขมันที่สะสมในไข่หรือซากของนก ส่วนปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 100 ฟอง หรือ 1 กก. ของกลุ่มที่ใช้ FFSB มีแนวโน้มดีกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ FFSB แทนที่กากถั่วเหลือง 50% ทั้งนี้ระดับการใช้ FFSB ดังกล่าวอาจเป็นระดับที่ทำให้

ME ในสูตรอาหารเพียงพอกับความต้องการของตัวนก ในขณะที่การใช้ FFSB แทนที่กากถั่วเหลืองทั้งหมด ทำให้ ME ของสูตรอาหารสูงขึ้นจนทำให้นกกินอาหารได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ (20.4 vs 20.9 และ 21.0 กรัม/ตัว/วัน).

ไก่ไข่รุ่น

การเจริญเติบโตของไก่ในช่วงอายุระหว่าง 6-20 สัปดาห์ เมื่อให้ได้รับอาหารผสมที่มี FFSB ทดแทนกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ (0-100%) โดยไก่แต่ละกลุ่มมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเท่ากัน (เฉลี่ย 0.45 กก) เมื่อเลี้ยงไปถึงอายุ 20 สัปดาห์ ไก่แต่ละกลุ่มมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 1.67-1.71 กก ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณพลังงานที่ไก่ทุกกลุ่มได้รับอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน กล่าวคือ อาหารผสม FFSB แม้ว่าจะมีพลังงานสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย แต่ไก่ก็กินอาหารในปริมาณที่น้อยกว่า จึงมีอัตราการเจริญเติบโตไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาในไก่ไข่ของ Rogler and Carrick (1964) และในไก่เนื้อของ Featherston and Rogler (1966) ที่ปรากฏว่า อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักของไก่กลุ่มที่ได้รับ FFSB ให้ผลไม่ต่างจากการใช้กากถั่วเหลือง อย่างไรก็ดีพบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับ FFSB มีความสม่ำเสมอในฝูงมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อายุ 20 สัปดาห์ แต่อัตราการตาย และอายุไก่เมื่อไข่ได้ 5% ของฝูงไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะใช้หรือไม่ใช้ FFSB ในสูตรอาหารก็ตาม (ตารางที่ 4).

การนำเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้สกัดน้ำมันออก ไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ แล้วนำไปเลี้ยงไก่ ปรากฏว่า ให้ผลด้อยกว่ากลุ่มเปรียบเทียบก็มี เช่น Porter and Britton (1974) ใช้เมล็ดถั่วเหลืองผ่านเครื่องเอ็กทรูดที่มีอุณหภูมิสุดท้าย 133° C เลี้ยงไก่เนื้อเพศผู้ที่อายุ 80 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าการใช้กากถั่วเหลืองเสริมไขวัวให้มี ME เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่ใช้ยังไม่สามารถทำลายสารยับยั้งการเจริญเติบโตได้ และ/หรือยังไม่ทำให้น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองถูกปลดปล่อยออกมาใช้ประโยชน์ (Carew et al., 1961) ด้วยเหตุนี้ จึงอาจกล่าวได้ว่า FFSB ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขายเป็นการค้าโดยทั่วไป ได้ผ่านขบวนการเอ็กซ์ทรูดที่มีความร้อนเหมาะสม จนสามารถทำลายสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารได้ อีกทั้งความร้อนดังกล่าวยังอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากจนทำลายการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน โดยเฉพาะเมทไธโอนีน และไลซีน ซึ่งไม่มีการเสริมในการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 2 และ 3).

สำหรับผลของโรงเรือนที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตนั้น ไม่พบว่ามีความแตกต่างในทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาพการจัดการเลี้ยงดูและสภาพแวดล้อมต่างๆ ระหว่างทั้งสองโรงเรือนไม่ต่างกัน.

ต้นทุนการผลิตไข่นกและมูลค่าตัวไก่สาว

การพิจารณาต้นทุนการผลิตไข่นกและไก่สาว ภายหลังจากที่ให้อาหารที่มีส่วนผสมของ FFSB ทดแทนกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ (0-100%) เป็นเวลา 84 และ 98 วัน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเฉพาะค่าอาหารอย่างเดียว โดยกำหนดราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยของท้องตลาด คือ FFSB เท่ากับ 11.50 บาท/กก. ในขณะที่กากถั่วเหลืองมีราคา 9.00 บาท/กก. ผลแสดงไว้ในตารางที่ 5 ปรากฏว่า อาหารนกและอาหารไก่มีราคาต่อกิโลกรัมสูงขึ้นเมื่อมี FFSB ผสมอยู่ เป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิตไข่นกและไก่สาวที่เลี้ยงในช่วงอายุ 6-20 สัปดาห์ แพงขึ้น โดยผลผลิตไข่ของนก และน้ำหนักตัวไก่สาว ไม่ได้ดีขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม ด้วยเหตุนี้ จึงไม่แนะนำให้ใช้ FFSB ทดแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมด นอกจากราคาของ FFSB จะใกล้เคียงหรือสูงกว่าราคาของกากถั่วเหลืองเล็กน้อย ผลจากการทดลองนี้น่าจะใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรรายย่อย นำเมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านความร้อนในระดับที่สามารถทำลายสาร TIA ได้ด้วยเครื่องมือง่ายๆ ที่ไม่ใช่เครื่องเอ็กทรูดที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ เช่น การต้ม การแช่กรดหรือด่าง เป็นต้น ก็จะทำให้ประหยัดต้นทุนได้.

Table 5. Performance and cost of production of Japanese laying quails and replacement pullets fed diets containing varying levels of full fat soybean (FFSB).

	% FFSB 0	Substitute 50	Soybean meal 100
Japanese laying quails			
Egg production (%)	73.42	76.14	73.22
Feed used (kg)/100 eggs	2.93	2.79	2.89
Cost of feed per :			
kg feed (Bt)[1]	5.97	6.38	6.81
100 eggs (Bt)	17.49	17.80	19.68
Replacement pullets (age 6-20 wk)			
Weight of bird at 20 wk(kg)	1.67	1.71	1.71
Feed intake (kg/bird)	5.57	5.50	5.47
Cost of feed per:			
kg feed (Bt)[1, 2]	4.60 (4.14)	4.81 (4.32)	5.02 (4.51)
bird (Bt)	24.06	24.82	25.75

[1] Ingredient prices (Bt/kg) : yellow corn 3.10, rice bran 3.50, soybean meal 9.00, fish meal 14.00, oyster shell 1.50, DL-Methionine 100, L-Lysine 100; salt 2.00, premix 60, and full fat soybean 11.50.

[2] Values in parenthesis are the prices of phase 2 (age of chick 13-20 wk)

สรุปผลการทดลอง

จากการใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมัน แต่ผ่านความร้อนแบบเอ็กซ์ทรูด (FFSB) ที่มีขายเป็นการค้าแทนที่กากถั่วเหลืองระดับต่างๆ (0-100%) ในอาหารนกกระทาไข่ที่มีโปรตีนระดับ 22% เลี้ยงเป็นเวลา 84 วัน หรือใช้ผสมในอาหารไก่ไข่รุ่นที่มีโปรตีนระดับ 15.5% ในช่วงไก่อายุ 6-12 สัปดาห์ และระดับ 13.5% ในช่วงไก่อายุ 13-20 สัปดาห์ สรุปผลได้ดังนี้ :

1. การใช้ FFSB แทนที่กากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่งหรือทั้งหมด ไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของนกกระทาไข่และไก่ไข่รุ่นต่างไปจากกลุ่มควบคุม (0% FFSB) แต่มีผลทำให้ความสม่ำเสมอของฝูงไก่สาวที่อายุ 20 สัปดาห์ ดีขึ้น.

2. ต้นทุนการผลิตไข่นกและค่าตัวไก่สาว เมื่อคำนวณให้ FFSB มีราคาสูงกว่ากากถั่วเหลือง 28% (11.50 vs 9.00 บาท/กก. ตามลำดับ) จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามระดับการใช้ FFSB ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ FFSB แทนที่กากถั่วเหลืองทั้งหมด ยกเว้น FFSB จะมีราคาใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยฯ ขอขอบคุณ สถาบันวิจัย และพัฒนา วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหา วิท ยา ลัย เชียงใหม่ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้.

เอกสารอ้างอิง

จันทลักขณา, จรัญ. (2523). สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.

ธรรมบุตร, สวัสดิ์. (2525). การใช้ถั่วเหลืองไม่อัดน้ำมันเป็นอาหารไก่กระทง ไก่รุ่น. รายงานผลวิจัยสาขาสัตวศาสตร์, กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.

ภูวดลไพโรจน์, ศิริลักษณ์. (2525). กรรมวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงลูกสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เศรษฐภักดี, วิมลรัตน์. (2520). ผลของการใช้จุลินทรีย์ เอนไซม์ และสารละลายต่างช่วยปรับปรุงคุณภาพของถั่วเหลืองเพื่อเลี้ยงลูกสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อึ้อเชี่ยวชาญกิจ, กษิดิศ. (2518). ผลของการแช่ถั่วเหลืองนึ่งและกากถั่วเหลืองลงในสารละลายกรดหรือด่างเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bajjalieh, N., Orf, J.H., Hymowitz, T. and Jensen, A.H. (1980). Response of young chicks to raw, defatted, Kunitz trypsin inhibitor variant soybeans as sources of dietary protein. Poultry Sci. 59: 328-332.

Carew, L.B., Jr., Hill, F.W. and Nesheim, M.C. (1961). The comparative value of ground unextracted soybeans and heated dehulled soybean flakes as a source of soybean oil and energy for the chick. J. Am. Oil Chem. Soc. 38: 249-253.

Featherston, W.R. and Rogler, J.C. (1966). A comparison of processing conditions of unextracted soybeans for utilization by the chick. Poultry Sci. 45: 330-336.

Hayward, J.W., Steenbock, H. and Bohstedt, G. (1936). The effect of heat as used in the extraction of soybean oil upon the nutritive value of the protein. J. Nutr. 11: 219-234.

Johnson, L.A., Deyoe, C.W., Hoover, W. J. and Schwenke, J.R. (1980). Inactivation of trypsin inhibitor in aqueous soybean extracts by direct steam infusion. Cereal Chem. 57(6):376.

McNaughton, J.L. and Reece, F.N. (1980). Effect of moisture content and cooking time on soybean meal, urease index, trypsin inhibitor content, and broiler growth. Poultry Sci. 59: 2300-2306.

McNaughton, J.L., Reece, F.N. and Deaton,J.W. (1981). Relationships between color, trypsin inhibitor contents, and urease index of soybean meal and effects on broiler performance. Poultry Sci. 60: 393-400.

National Research Council (NRC). (1984). Nutrient requirements of poultry, 8th ed. National Academy Press, Washington, DC.

Porter, P.J. and Britton, W.M. (1974). Fatty acid composition of chicks fed full fat soybeans. Poultry Sci. 53: 1137-1141.

Renner, R., Clandinin, D.R. and Robblee, A.R. (1953). Action of moisture on damage done during overheating of soybean oil meal. Poultry Sci. 32: 582-585.

Rogler, J.C. and Carrick, C.W. (1964). Studies on raw and heated unextracted soybeans for layers. Poultry Sci. 43: 605-612.

วารสารเกษตร 8(2) : 127-138 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 127-138 (1992)

การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์
4. คุณค่าทางโภชนาการของใบถั่วมะแฮะในไก่เนื้อ

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, [1] *บุญล้อม ชีวะอิสระกุล* [1] *และไพฑูรย์ พาสพิบูลย์* [1]

THE USE OF PIGEON PEA AS ANIMAL FEED
4. NUTRITIVE VALUE OF PIGEON PEA LEAVES FOR BROILERS

Suchon Tangtaweewipat [1], *Boonlom Cheva-Isarakul* [1] *and Paitoon Paspitsanu* [1]

ABSTRACT : The nutritive value of dry pigeon pea leaves (PPL) was determined in hybrid strain, cultivated at the Department of Animal Husbandry, Chiang Mai University. The leaves contained on a dry matter basis : 87.7% organic matter (OM), 24.6% crude protein (CP), 5.9% ether extract (EE), 31.0% crude fiber (CF), 26.1% nitrogen free extract (NFE), 5.187 kcal gross energy (GE) /g and 7.0 mg trypsin inhibitor (TI)/g. Metabolizable energy (ME) and digestibility of nutrients in the leaves were determined by the substitution of the leaves to basal diets at 0, 5, 10 and 15%. The diets were fed to 4 mature broilers in 4x4 Latin square design. The result revealed that dry PPL contained 1.37 kcal ME/g DM. The digestibility of DM, OM, CP, EE, CF and NFE, averaging from 2 methods, viz. by difference and by regression, amounted to 1.2, 9.2, 4.1, 27.7, -15.9 and 44.5%, respectively.

บทคัดย่อ : คุณค่าทางโภชนาการของใบถั่วมะแฮะ ได้ทำการศึกษากับถั่วมะแฮะสายพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีปริมาณสารยับยั้งทริพซิน 7.0 mg TI/g. โดยปลูกเองที่บริเวณฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลอง ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปรากฏว่า มีปริมาณสารอินทรีย์ (OM), โปรตีน (CP), ไขมัน (EE), เยื่อใย (CF) และคาร์โบไฮเดรทที่ละลายง่าย (NFE) คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 87.7, 24.6, 5.9, 31.0 และ 26.1% ตามลำดับ เมื่อนำไปแทนที่อาหารฐานระดับต่างๆ (0-15%) เพื่อใช้เลี้ยงไก่เนื้อที่โตเต็มวัย จำนวน 4 ตัว ด้วยแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin square design) ปรากฏว่า ใบถั่วมะแฮะมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ 1.370 กิโลแคลอรี่/กรัมวัตถุแห้ง ในขณะที่พลังงานรวมมีค่า 5.187 กิโลแคลอรี่/กรัมวัตถุแห้ง และการย่อยได้ของ DM, OM, CP, EE, CF และ NFE ซึ่งเฉลี่ยจากการหาโดยวิธีผลต่าง และสมการถดถอย มีค่าเท่ากับ 1.2, 9.2, 4.1, 27.7, -15.9 และ 44.5 % ตามลำดับ.

---

[1] ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

[1] Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

คำนำ

การที่จะนำวัตถุดิบชนิดใหม่ๆ ไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ สิ่งหนึ่งที่ผู้ใช้ควรจะต้องทราบก่อน คือ คุณค่าทางโภชนาการ รวมทั้งชนิดและปริมาณของสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารที่มีในวัตถุดิบชนิดนั้นๆ นอกจากนี้ยังควรทราบถึงความสามารถของสัตว์ที่จะนำสารอาหารจากวัตถุดิบชนิดนั้นไปใช้ประโยชน์อีกด้วย ใบถั่วมะแฮะ (Pigeon pea leaves) เป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งที่ควรจะนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีน และสารสีในอาหารสัตว์ปีกได้ นอกเหนือจากการใช้เป็นอาหารเสริมเลี้ยงโค กระบือ ในฤดูแล้งที่ขาดแคลนอาหารตามธรรมชาติ และปล่อยให้ร่วงหล่นเป็นปุ๋ยในดิน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ ชีวะอิสระกุล (2534) ได้ทำการศึกษาในเบื้องต้นจนทราบได้ว่า ใบถั่วมะแฮะ สามารถใช้เป็นอาหารไก่เนื้อได้ในระดับ 5% ต่ำกว่าการใช้เป็นอาหารไก่ไข่เล็กน้อย (7.5%; Udedibie and Igwe, 1989) แต่อย่างไรก็ดีเนื่องจากการใช้ใบถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ปีก ช่วยทำให้ความเข้มของสีไข่แดง สีแข้ง และสีผิวหนังของตัวไก่เพิ่มขึ้น จึงน่าจะนำไปทดแทนใบกระถิน ซึ่งโดยปกติก็ใช้ในสูตรอาหารไก่ในระดับ 5% เช่นกัน (คันโธ, 2529) สำหรับการศึกษาเรื่องผลผลิตของใบถั่วมะแฮะ มีรายงานของ Udedibie and Igwe (1989) ที่ปลูกในไนจีเรีย เมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งจะได้ 368, 378 และ 429 กก/ไร่ เมื่อตัดใบถั่วที่อายุ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยปริมาณโปรตีนในใบลดลง ในขณะที่เยื่อใยสูงขึ้นตามอายุการตัด (โปรตีนลดจาก 24.3% เป็น 20.1% และเยื่อใยเพิ่มจาก 24.8% เป็น 27.1% ที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ) ส่วนศีตะโกเศศ และคณะ (2533) ได้ศึกษาถึงระยะปลูกและระยะการตัด พบว่า การปลูกในระยะ 50 x 50 ซม. และตัดเมื่ออายุ 90 วัน ได้ผลผลิตคิดเป็นวัตถุแห้ง และโปรตีนรวมสูงสุด เมื่อเทียบกับการตัดที่อายุ 75 และ 60 วัน (747 vs 396 และ 145 กก.วัตถุแห้ง/ไร่ และ 110 vs 59 และ 24 กก.โปรตีน/ไร่ ตามลำดับ) แต่คุณค่าทางอาหารของใบจะเป็นไปในทางตรงกันข้าม คือ มีโปรตีนลดลง (20.3 vs 18.8 และ 14.0%) ในขณะที่เยื่อใยเพิ่มขึ้น (26.3% vs 33.6 และ 35.5%) เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างการตัดจาก 60 เป็น 75 และ 90 วัน.

จากที่กล่าวมาข้างต้นยังไม่พบรายงานที่บ่งถึงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ และการย่อยได้ของใบถั่วมะแฮะเมื่อนำไปใช้เลี้ยงไก่ไข่หรือไก่เนื้อ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะรวม ด้วยเหตุนี้ จึงเห็นควรศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของใบถั่วมะแฮะในแง่มุมต่างๆ เพื่อเป็นการยืนยันถึงผลที่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก และ/หรือ สัตว์ประเภทอื่นๆ ในกลุ่มสัตว์กระเพาะเดี่ยวต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ใบถั่วมะแฮะ (Pigeon pea leaves) ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นสายพันธุ์ลูกผสมจากการปรับปรุงพันธุ์ของหน่วยงาน ICRISAT ประเทศอินเดีย โดยปลูกที่แปลงบริเวณฟาร์มเลี้ยงสัตว์

ทดลอง ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำส่วนใบจากทุกส่วนของลำต้น (ยกเว้นส่วนยอด) มาทำให้แห้งด้วยการตากแดด เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนะหยาบโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1980) ก่อนที่จะนำไปหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ และการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์เอเอ 707 (AA 707) จำนวน 4 ตัว อายุ 6 สัปดาห์ น้ำหนักเฉลี่ย 1.6 กก. เป็นสัตว์ทดลอง ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้ :

การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable Energy, ME)

ใช้ไก่เนื้อทดลองทั้ง 4 ตัวดังกล่าว มาเลี้ยงในกรงแบบขังเดี่ยว ขนาด 35 x 45 x 50 ซม. เพื่อให้ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารสูตรเปรียบเทียบ (Basal diet, ส่วนประกอบแสดงไว้ในตารางที่ 1) 4 ระดับ คือ 0, 5, 10 และ 15% ดังแสดงในตารางที่ 2 ด้วยแผนการทดลองแบบ 4 x 4 ลาตินสแควร์ (Latin square design) ไก่แต่ละตัวได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ตลอดเวลาโดยใส่ในราง ซึ่งอยู่ด้านหน้าของแต่ละกรง ใต้กรงทุกกรงมีถาดรองรับมูลที่ถ่ายออกมา แบ่งระยะเวลาทดลองออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 9 วัน โดยใน 5 วันแรกเป็นระยะปรับตัวของไก่ให้เคยชินกับอาหารทดลอง และขับถ่ายอาหารที่เคยได้รับสูตรอื่นให้ออกจากร่างกายหมดสมบูรณ์ ระยะนี้บันทึกเฉพาะปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน เพื่อสังเกตความผิดปกติของไก่แต่ละตัว ในระหว่างวันที่ 6-9 เป็นระยะเก็บข้อมูลของการทดลอง โดยบันทึกปริมาณอาหารที่กิน และมูลที่ถ่ายออกมาทุกวัน ที่เวลา 8:00 และ 15:30 น. มูลไก่ที่รวบรวมได้ในแต่ละวัน นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งทันที เมื่อเก็บรวบรวมครบ 4 วัน นำมูลออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอให้ละลาย ซึ่งใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง บันทึกน้ำหนักแห้ง และรวบรวมไว้วิเคราะห์หาพลังงาน (Gross energy, GE) ด้วยเครื่อง Adiabatic bomb calorimeter ต่อไป.

Table 1. Composition and nutrient contents of basal diet.

Ingredients		Chemical composition (% As fed basis)	Calculation	Analysis
Yellow corn (8.9% CP)	73.34	CP	17.00	17.87
Rice bran (12% CP)	5.00	GE (kcal/kg)	NA	3628
Soybean meal (44% CP)	13.24	ME (kcal/kg)	3100	NA
Fish meal (55% CP)	7.00	CF	3.42	4.92
Oyster shell	0.70	EE	4.23	4.21
DL-Methionine	0.03	Ca	0.86	NA
L-Lysine	0.19	P (avai)	0.38	NA
Salt	0.25	Meth.	0.32	NA
Premix (Embavit)[1]	0.25	Lys.	0.85	NA
Total	**100.00**			

NA = data not available
[1] Vitamin & mineral premix, May and Baker products, Rhone peulenc group, France.

Table 2. Composition of four experimental broiler diets.

	Experimental diets			
	1	2	3	4
Basal diet (%)	100	95	90	85
Pigeon pea leaves (%)	0	5	10	15
% CP (by calculation)	17.0	17.2	17.4	17.5

สำหรับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ก็ได้สุ่มตัวอย่างอาหาร เพื่อวิเคราะห์หาค่า GE และองค์ประกอบทางโภชนะอื่นๆ เช่นกัน.

การคำนวณค่า ME : คำนวณจากค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ปรากฏ (Apparent metabolizable energy, AME) ตามสูตร :

$$ME = \frac{(I \times GE_i) - (E \times GE_e)}{I}$$

เมื่อ I = ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake) คิดเป็นกรัมวัตถุแห้ง

E = ปริมาณมูลไก่ (Excreta) คิดเป็นกรัมวัตถุแห้ง

GE_i = พลังงานรวมของอาหาร (Gross energy of feed, kcal/g.DM)

GE_e = พลังงานรวมของมูล (Gross energy of excreta, Kcal/g.DM)

จากนั้นนำค่าเฉลี่ย ME ที่ได้จากอาหารทดลองแต่ละสูตรไปเข้าสมการถดถอย (Linear regression analysis) เพื่อคาดคะเนค่า ME ของใบถั่วมะแฮะล้วนๆ เปรียบเทียบกับค่า ME ของใบถั่วมะแฮะที่คำนวณได้จากการแทนที่อาหารฐานของใบถั่วมะแฮะในแต่ละระดับ โดยใช้สมการ :

$$\text{ME วัตถุดิบ} = \frac{[\text{ME อาหารผสมที่ระดับทดสอบ} - (\text{\% อาหารฐานที่ระดับทดสอบ} \times \text{ME อาหารฐาน})]}{\text{\% วัตถุดิบทดสอบที่ระดับนั้นๆ}}$$

การหาค่าการย่อยได้ (Digestibitity)

การย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะ ได้ทำการศึกษาในไก่เนื้อ โดยวิธีการเลี้ยงดู การให้อาหาร และเก็บมูล เช่นเดียวกับการหาค่า ME ดังได้กล่าวมาแล้ว สุ่มตัวอย่างอาหารและมูลแห้งที่ได้อบไว้แล้ว มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารแต่ละสูตร ซึ่งมีใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารฐานในระดับต่างๆ กัน คือ 0, 5, 10 และ 15 % โดยคำนวณจากค่าการย่อยได้ปรากฏ (Apparent digestibility) ตามสูตร :

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะในสูตรอาหาร} = \frac{(\text{ปริมาณโภชนะที่กิน} - \text{โภชนะที่ขับออกในมูล})}{\text{ปริมาณโภชนะที่กิน}} \times 100$$

ส่วนการหาค่าการย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะ คำนวณจาก 2 วิธี คือ :

ก. หาผลต่าง (Differential method) คำนวณจากการย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะที่ใช้แทนที่อาหารฐานแต่ละระดับ ด้วยสูตร :

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะ} = \frac{\left(\begin{array}{l}\text{ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ใน}\\ \text{สูตรอาหารที่ระดับทดสอบ}\end{array}\right) - \left(\begin{array}{l}\text{โภชนะนั้นที่ได้รับจากอาหารฐาน} \times\\ \text{\% การย่อยได้ของโภชนะในอาหารฐาน}\end{array}\right)}{\text{ปริมาณโภชนะที่ได้รับจากใบถั่วมะแฮะ}}$$

นำค่าการย่อยได้ของโภชนะที่ได้จากการแทนที่ใบถั่วมะแฮะแต่ละระดับมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นค่าการย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะโดยวิธีหาผลต่าง.

ข. สมการถดถอย (Regression method) คำนวณจากค่าการย่อยได้ของปริมาณโภชนะในใบถั่วมะแฮะ เมื่อใช้แทนที่อาหารฐานระดับต่างๆ เพื่อคาดคะเนการย่อยได้ของโภชนะเมื่อใช้ใบถั่วมะแฮะล้วนๆ ด้วยสูตร :

$$Y = a + bx$$

เมื่อ Y คือ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะ

X คือ ระดับการใช้ใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารฐาน (%)

a คือ intercept

b คือ slope

จากนั้น นำค่าการย่อยได้ของโภชนะในใบถั่วมะแฮะที่คำนวณจากวิธีหาผลต่าง และสมการถดถอยมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในใบถั่วมะแฮะ.

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองและใบถั่วมะแฮะ

จากการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร และใบถั่วมะแฮะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผลแสดงไว้ในตารางที่ 3.

Table 3. Nutrient composition (% DM basis) of four experimental broiler diets and pigeon pea leaves (PPL).

	PPL substituted to basal diet (%)				PPL
	0	5	10	15	
Dry matter, DM	87.06	87.73	87.95	88.04	83.61
Organic matter, OM	93.13	92.93	92.71	92.26	87.66
Crude protein, CP	20.53	20.90	22.25	23.90	24.57
Ether extract, EE	4.84	4.89	4.97	5.21	5.91
Crude fiber, CF	5.65	5.82	7.05	8.08	31.05
Nitrogen free extract, NFE	62.11	61.32	58.44	55.07	26.13
Ash	6.87	7.07	7.29	7.74	12.34
Gross energy (kcal/g)	4.167	4.308	4.382	4.434	5.187

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า คุณค่าทางโภชนะของสูตรอาหารฐาน (Basal diet, แถวที่ 1 ในแนวตั้ง) ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน เมื่อคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งเท่ากับ 20.5 ซึ่งเมื่อเทียบเป็นสภาพที่ใช้เลี้ยงไก่ (Air dry basis) ปรากฏว่า มีค่า 17.8% ในขณะที่ค่าจากการคำนวณคือ 17.0% (ตารางที่ 1).

จากการที่ใบถั่วมะแฮะมีโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย และพลังงานรวม (GE) สูงกว่าอาหารฐาน จึงทำให้อาหารผสมที่ใช้ใบถั่วมะแฮะ มีคุณค่าทางอาหารดังกล่าวสูงขึ้นตามการเพิ่มการใช้ใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารฐาน ในทางตรงกันข้ามมีผลทำให้สารอินทรีย์ และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่าย (NFE) ลดลงเล็กน้อย โดยปริมาณวัตถุแห้งของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร และใบถั่วมะแฮะแตกต่างกันไม่มาก (ตารางที่ 3).

อย่างไรก็ดี คุณค่าทางโภชนะของใบถั่วมะแฮะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อพิจารณาที่โปรตีน พบว่า มีปริมาณสูงกว่ารายงานของตั้งทวีวิพัฒน์ และ ชีวะอิสระกุล (2534) และยังสูงกว่ารายงานของ Udedibie and Igwe (1989) ที่ตัดใบถั่วมะแฮะเมื่ออายุ 8 สัปดาห์ และศีตะโกเศศ และคณะ (2533) ที่ได้รายงานส่วนใบและยอดสด แต่ถ้าตัดใบถั่วมะแฮะเมื่ออายุ 4 สัปดาห์ จะมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ (24.3 vs 24.6%; Udedibie and Igwe, 1989) นอกจากนี้ในส่วนของเยื่อใย ซึ่งมีปริมาณ 31 % ยังพบว่ามีสูงกว่ารายงานอื่นๆ ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น.

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของใบถั่วมะแฮะ

เมื่อใช้ใบถั่วมะแฮะแทนที่ส่วนอาหารฐานระดับต่างๆ (0-15%) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) ที่คำนวณได้ แสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งปรากฏว่า การเพิ่มสัดส่วนของใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารฐานขึ้น มีผลทำให้ ME ของสูตรอาหารมีแนวโน้มลดลง แต่อัตราการลดลงไม่เป็นสัดส่วนคงที่ โดย ME ของสูตรอาหารที่ใช้ใบถั่วมะแฮะระดับ 5% มีค่าใกล้เคียงกับ ME ของอาหารฐาน (3.182 vs 3.180 Kcal/g.DM) ส่วน ME ของสูตรอาหารที่มีการใช้ใบถั่วมะแฮะระดับ 5, 10 และ 15% มีค่าลดลง คือ 3.182, 3.082 และ 2.904 kcal/g.DM ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากใบถั่วมะแฮะมีเยื่อใยมาก ทำให้ปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารทดลองสูงขึ้นตามระดับการใช้ใบถั่วมะแฮะในอาหาร ไก่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และอาจประกอบกับใบถั่วมะแฮะมีสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหาร (Antinutritive factor) เช่น สารยับยั้งทริพซิน (Trypsin inhibitor, TI) ซึ่งตั้งทวีวิพัฒน์ และ ชีวะอิสระกุล (2534) บ่งว่ามี TI ปริมาณ 7.0 mg TI/g นอกจากนี้อาจเนื่องจากความไม่สมดุลย์ของกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยเฉพาะเมทไธโอนีน (Methionine) ที่มีปริมาณต่ำมากในพืชตระกูลถั่ว (Visitpanich et al., 1985) มีไม่เพียงพอกับความต้องการของไก่ เมื่อมีการใช้ใบถั่วมะแฮะในอาหารสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า ME ของสูตรอาหารต่ำลง.

เมื่อนำค่า ME ของอาหารผสมที่มีใบถั่วมะแฮะแต่ละระดับไปเข้าสมการคาดคะเนเส้นตรง เพื่อทำนายค่า ME ของใบถั่วมะแฮะ พบว่า มีค่าเท่ากับ 1.370 Kcal/g.DM) ซึ่งสมการที่ใช้คำนวณ คือ:

$$Y = 3.226 - 0.0186X \quad (r = -0.92,\ n = 4)$$

เมื่อ Y = ค่า ME ของใบถั่วมะแฮะ (kcal/g.DM)

X = ระดับการใช้ใบถั่วมะแฮะในอาหาร (%)

จากสมการดังกล่าว จะสังเกตเห็นได้ว่า ค่าสหพันธ์ (r) มีค่าสูงกว่า 90 % แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของสมการ

ME ของใบถั่วมะแฮะที่ได้จากการใช้แทนที่สูตรอาหารฐานที่ระดับใดระดับหนึ่ง (5, 10 หรือ 15%) มีค่าผันแปรมาก (ตารางที่ 4, แนวตั้งช่องสุดท้าย) โดยได้สูงกว่าค่าที่ได้จากการคาดคะเนด้วยสมการเส้นตรง ยกเว้นเมื่อใช้ใบถั่วมะแฮะ ระดับ 15% จะมีค่า ME ต่ำกว่าการคาดคะเนเพียงเล็กน้อย (1.340 vs 1.370 kcal/g.DM ตามลำดับ) การที่ ME ของใบถั่วมะแฮะเมื่อใช้แทนที่อาหารฐานระดับต่ำ (5 และ 10%) มีค่าสูงนี้อาจเนื่องจากปริมาณเยื่อใย และกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยเฉพาะเมทไธโอนีน มีไม่ต่างจากอาหารฐานมากนัก และอาจประกอบกับมีปริมาณ TI ไม่มากจนถึงกับเป็นอันตรายต่อไก่ ซึ่งต่างจากการใช้ใบถั่วมะแฮะระดับสูง (15%) ทั้งเยื่อใยและ TI ในสูตรอาหารมีปริมาณสูง ในขณะที่มีเมทไธโอนีนต่ำ จึงเป็นเหตุให้ค่า ME ลดลง แต่อย่างไรก็ดี ME ของใบถั่วมะแฮะเมื่อใช้แทนที่อาหารฐานระดับ 15% นับว่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากสมการถดถอยมากกว่าการใช้แทนที่ที่ระดับอื่นๆ.

ค่า ME ของใบถั่วมะแฮะที่คำนวณได้ในครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่า ME ของเมล็ด ซึ่งรายงานไว้โดย ตั้งทวีวิพัฒน์ และคณะ (2531) คือ 1.370 เทียบกับ 1.938 kcal/g.DM ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากใบถั่วมะแฮะมีเยื่อใยสูงกว่าส่วนเมล็ด ทำให้อาหารมีความน่ากินน้อย ไก่นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ และนอกจากนี้ยังอาจมีผลมาจากความสมดุลย์ของกรดอะมิโนในส่วนใบมีน้อยกว่าเมล็ด แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่า ME ของใบถั่วมะแฮะไปเทียบกับใบอัลฟัลฟ่า (Alfalfa meal) ที่มีเยื่อใยและโปรตีนระดับใกล้เคียงกัน พบว่าค่า ME ของใบถั่วมะแฮะต่ำกว่าเล็กน้อย (1.370 vs 1.500 kcal/g.DM ตามลำดับ; NRC, 1984).

Table 4. Metabolizable energy (ME) values of pigeon pea leaves (PPL) at different levels of replacement in basal diet and the estimated values obtained by linear regression analysis in broiler diets.

Level of PPL in diets (%)	ME of diet (kcal/g.DM)	ME of PPL at single level[2] (kcal/g.DM)
0 (basal diet)	3.180	-
5	3.182	3.220
10	3.082	2.200
15	2.904	1.340
$\bar{x} \pm$ SD	-	2.253 $\pm$ 0.941
100	1.370[1]	-

[1] Value from regression method.
[2] ME of ingredient = $\frac{\text{ME of diet} - (\text{\% basal diet x ME of basal diet})}{\text{\% test ingredient in diet}}$

การย่อยได้ของใบถั่วมะแฮะ

การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ (DM, OM, CP, EE, CF และ NFE) ในสูตรอาหารทดลองที่ใช้ใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารฐานระดับต่างๆ ผลแสดงไว้ในตารางที่ 5 ปรากฏว่า การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ลดลงตามการเพิ่มระดับการใช้ใบถั่วมะแฮะในอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องจากใบถั่วมะแฮะมีเยื่อใยสูง ทำให้อาหารทดลองมีเยื่อใยสูงขึ้นตามระดับการใช้ใบถั่วมะแฮะในอาหาร ไก่มีความสามารถในการย่อยได้ต่ำ ดังจะเห็นได้จากการย่อยได้ของเยื่อใยในสูตรอาหารฐาน (5.6% CF, ตารางที่ 3) ย่อยได้ 45.6% ในขณะที่สูตรอาหารที่ใช้ใบถั่วมะแฮะแทนที่อาหารฐานระดับ 15% (8.1% CF) ย่อยได้เพียง 20.7% นอกจากนี้อาจมีผลมาจากความไม่สมดุลย์ของกรดอะมิโนและสาร TI ที่มีอยู่ในใบถั่วมะแฮะ.

การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในใบถั่วมะแฮะ เมื่อคำนวณด้วยวิธีหาผลต่าง และวิธีสมการถดถอย (ตารางที่ 6) ปรากฏว่า การย่อยได้จากทั้งสองวิธี มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเฉพาะการย่อยได้ของ NFE ซึ่งมีค่าเกือบเท่ากัน (44.2 vs 44.8% ตามลำดับ) เมื่อเฉลี่ยการย่อยได้จากทั้งสองวิธี พบว่า เยื่อใยในใบถั่วมะแฮะ ไก่เนื้อไม่สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ (มีค่าติดลบ) ส่วน NFE และไขมันใช้ประโยชน์ได้พอสมควร (27-44%) แต่โปรตีนและสารอินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้น้อย (4-9%) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่า ย่อยได้ต่ำมากเพียง 1.2% เท่านั้น ด้วยเหตุนี้การนำใบถั่วมะแฮะไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหารไก่เนื้อ

Table 5. Digestibility of four experimental diets containing different levels of pigeon pea leaves (PPL).

	PPL substituted to basal diet (%)			
	0	5	10	15
DM	74.73	71.97	68.32	63.17
OM	76.53	74.20	71.11	66.34
CP	63.35	58.06	54.35	48.37
EE	80.08	75.01	70.58	65.14
CF	45.57	36.60	36.31	20.74
NFE	83.42	83.33	81.70	80.94

Table 6. Digestibility of pigeon pea leaves (PPL) from 2 methods (by difference and by regression).

	Methods		Average
	by difference[1]	by regression[2]	
DM	6.76	-4.45	1.16
OM	15.14	3.21	9.18
CP	-0.70	8.92	4.11
EE	30.93	24.42	27.68
CF	-25.69	-6.06	-15.88
NFE	44.25	44.81	44.53

[1] Digestibility of PPL = $\dfrac{\left(\text{Digestible nutrient at test level}\right) - \left(\text{Nutrient intake from basal diet} \times \text{\% Dig. of nutrient in basal diet}\right)}{\text{Nutrient intake from PPL}}$

[2] Linear regression equation (n = 4) of :-

DM ; Y = 75.30 - 0.80 X, r = -0.99; EE ; Y = 80.85 - 0.56 X, r = -0.99
OM ; Y = 77.12 - 0.74 X, r = -0.99; CF ; Y = 44.28 - 0.50 X, r = -0.90
CP ; Y = 62.72 - 0.54 X, r = -0.99; NFE ; Y = 83.41 - 0.39 X, r = -0.58

จึงใช้ได้ที่ระดับไม่สูงนัก โดยระดับที่แนะนำให้ใช้ คือ 5% ของสูตรอาหาร (ตั้งทวีวิพัฒน์ และชีวะอิสระกุล, 2534) ทั้งนี้เพราะไก่ไม่สามารถนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ ดังได้กล่าวมาแล้ว และอาจเป็นเพราะค่า ME ของใบถั่วมะแฮะที่คำนวณในสูตรอาหารไก่เนื้อดังกล่าวใช้ที่ 1.500

kcal/g.air dry เป็นค่าที่สูงกว่าค่า ME จริงของใบถั่วมะแฮะที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ (1.145 kcal/g.air dry).

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาคุณค่าทางโภชนาการของใบถั่วมะแฮะ ซึ่งมีปริมาณสารยับยั้งทริพซิน (Trypsin inhibitor) ปริมาณ 7.0 mg TI/g ในไก่เนื้อที่โตเต็มวัยจำนวน 4 ตัว ด้วยแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin square ได้ผลดังนี้ :

1. ใบถั่วมะแฮะมีปริมาณสารอินทรีย์ (OM), โปรตีน (CP), ไขมัน (EE), เยื่อใย (CF) และคาร์โบไฮเดรทที่ละลายง่าย (NFE) คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 87.7, 24.6, 5.9, 31.0 และ 26.1% ตามลำดับ.

2. เมื่อใช้ใบถั่วมะแฮะไปแทนที่สูตรอาหารฐานระดับ 0-15% เลี้ยงไก่เนื้อทั้ง 4 ตัว ดังกล่าว พบว่า มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ 1.370 kcal/g.DM (หรือเท่ากับ 1.145 kcal/g.air dry) และการย่อยได้ของโภชนะเป็นดังนี้ : DM 1.2%, OM 9.2%, CP 4.1%, EE 27.7%, CF -15.9% และ NFE 44.5%.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยฯ ขอขอบคุณโครงการอาหารสัตว์ไทย-เยอรมัน (TG-ANP) ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย.

เอกสารอ้างอิง

คันโธ, อุทัย. (2529). อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ตั้งทวีวิพัฒน์, สุชน., เวียงศิลป์, เทอดชัย. และชีวะอิสระกุล, บุญล้อม. (2531). การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกบดและถั่วมะแฮะบด โดยวิธีการแทนที่ส่วนของอาหารเปรียบเทียบและการใช้เป็นอาหารเดี่ยวในสัตว์ปีก. ว. เกษตร 4(2) : 108-121.

ตั้งทวีวิพัฒน์, สุชน. และชีวะอิสระกุล, บุญล้อม. (2534). การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ 1. ใบถั่วมะแฮะในอาหารไก่เนื้อ. ว.เกษตร 7(2) : 118-133.

ศิตะโกเศศ, ปราโมช., สรวมศิริ, สมปอง. และเสือภู่, กริสน์. (2533). การใช้ประโยชน์จากใบถั่วมะแฮะเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ 1. การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณค่าทางอาหาร และต้นทุนการผลิต. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 28, สาขาสัตว์ สัตวแพทย์ และประมง, หน้า 103-112. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

A.O.A.C. (1980). Association of Official Analytical Chemists, 13th ed. Washington, DC., USA.

National Research Council (NRC). (1984). Nutrient requirements of poultry, 8th ed. National Academy Press, Washington, DC., USA.

Udedibie, A.B. and Igwe, F.O. (1989). Dry matter yield and chemical composition of pigeon pea (*Cajanus cajan*) leaf meal and the nutritive value of pigeon pea leaf meal and grain meal for laying hens. Anim. Feed Sci. Technol. 24(1-2): 111-119.

Visitpanich, T., Batterham, E.S. and Norton, B.W. (1985). Nutritional value of chickpea (*Cicer arietinum*) and pigeonpea (*Cajanus cajan*) meals for growing pigs and rats. 1. Energy content and protein quality. Aust. J. Agric. Res. 36:327-335.

วารสารเกษตร 8(2) : 139-147 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 139-147 (1992)

ผลสำเร็จของการย้ายฝากตัวอ่อนโคนมพันธุ์แท้ในประเทศไทย

สัมพันธ์ สิงหจันตร์, [1] *วรรณดา สุจริต,* [2] *สมุทร ศิริเวชพันธุ์,* [2]
และ จำเนียร สัตยาพันธุ์ [2]

SUCCESS OF EMBRYO TRANSFER IN PURE BREED DAIRY CATTLE IN THAILAND

Samphan Singhajan, [1] *Vanda Sujarit,* [2] *Samutra Sirivejapanda* [2]
and Chamnean Satayapunt [2]

ABSTRACT : Superior stock of the donor is an important factor for the genetic improvement utilizing embryo transfer technology. Recently purebred cattle has become favorite to the farmer particulary the Holestien-Fresian.

Therefore, pure breed of Holestien-Fresian, compliments of the Adago Co. to His Majesty the King, at Nong - Po Dairy Cooperative was selected as a donor. Follicle stimulating homone 40 mg was administered to induce superovulation. Following the artificial insemination, embryo at the age of 7 days was collected. The collected embryos were 5 excellent, 1 fair and 1 underdeveloped embryos. Six embryos were transplanted to the warb of recipients. Two recipients were calving at October 14, 1988, sole calve, birth weight 28 kgs and the another birth at October 24, 1988, female calve, birth weight 30 kgs.

บทคัดย่อ : ขั้นตอนที่สำคัญตอนหนึ่งของเทคนิคการย้ายฝากตัวอ่อนคือ การคัดเลือกตัวให้ (Donor) จากการที่ได้ประสบความสำเร็จในการย้ายฝากตัวอ่อนในโคนมลูกผสมมาแล้ว ประกอบกับปัจจุบันเกษตรกรได้ให้ความสนใจเลี้ยงโคนมพันธุ์แท้กันมาก โดยเฉพาะโคพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยน ซึ่งมีประวัติการให้นมสูง เลี้ยงง่าย และเป็นที่นิยมของเกษตรกร จึงได้มีการศึกษาการย้ายฝากลูกอ่อนโคนมพันธุ์แท้ขึ้น.

ได้ทำการล้างเก็บลูกอ่อนจากโคพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยนเลือด 100 เปอร์เซนต์ ซึ่งบริษัทแอสโก้ จำกัด ได้น้อมเกล้าถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้สหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด เลี้ยงไว้.

---

[1] ศูนย์การผสมเทียมปทุมธานี, ต.บางกระดี่, อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000.
[2] คณะสัตวแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900.
[1] Artificial Insemination Research Center Ratchaburi, Bang-ga-dee, Muang District, Pratumtani 12000.
[2] Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900.

ใช้ฮอร์โมน Follicle Stimulating Hormone จำนวน 40 มก. กระตุ้นให้มีการสร้างไข่จำนวนมากหลังจากการผสมเทียมแล้ว ทำการล้างเก็บลูกอ่อนอายุ 7 วัน เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2531 ได้ลูกอ่อนจำนวน 7 ตัว มีคุณภาพดีเลิศ 5 ตัว คุณภาพใช้ได้ 1 ตัว และไม่เจริญ 1 ตัว ทำการฝากให้กับตัวรับจำนวน 6 ตัว มีผลการตั้งท้อง 2 ตัว ตัวรับฝากตัวหนึ่งคลอดลูกเป็นเพศผู้เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2531 น้ำหนักแรกเกิด 28 กิโลกรัม และตัวรับฝากอีกตัวหนึ่งคลอดลูกเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2531 เพศเมีย น้ำหนักแรกเกิด 30 กิโลกรัม.

คำนำ

ความก้าวหน้าทางวิชาการใหม่ๆ สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ หรือเพิ่มผลผลิตสัตว์ให้สูงขึ้นได้ เช่น การผสมเทียม ทำให้สามารถใช้พ่อพันธุ์ได้มากกว่าการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ สำหรับแม่พันธุ์ที่ดีนั้น วิธีการที่จะช่วยทำให้แม่พันธุ์สามารถขยายพันธุ์ได้มากขึ้นกว่าปกติวิธีหนึ่งคือ การถ่ายฝากตัวอ่อน โดยอาศัยหลักการง่ายๆ คือ ทำให้แม่พันธุ์มีการตกไข่ครั้งละหลายๆ ฟอง แล้วผสมพันธุ์ด้วยน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ที่ดี ล้างเก็บตัวอ่อนแล้วนำไปถ่ายฝากให้กับสัตว์เพศเมียที่พันธุ์ไม่ดี วิธีการดังกล่าวจะทำให้ได้ลูกที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีครั้งละหลายตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โค กระบือ ซึ่งปกติให้ลูกเพียงปีละตัวจะสามารถให้ลูกได้หลายตัวในปีหนึ่ง ถึงแม้จะใช้หลักการที่ไม่สลับซับซ้อน แต่ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องใช้เทคนิคและวิธีการที่รัดกุมจึงจะประสบผลสำเร็จ ในประเทศไทยได้มีการศึกษาและทดลองทำการถ่ายฝากตัวอ่อนในโคและกระบือตั้งแต่ปี พ.ศ.2524 จนถึงปัจจุบัน ปรากฏว่ามีรายงานการคลอดของโคที่เกิดจากจากถ่ายฝากตัวอ่อนแช่แข็งโดยวิธีศัลยกรรม 1 ตัว และตั้งท้องจากการถ่ายฝากตัวอ่อนสดและตัวอ่อนแช่แข็งโดยวิธีนิรศัลยกรรม 18 ตัว จะเห็นได้ว่าไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร.

ดังนั้นจึงควรที่จะทำการศึกษาเทคนิคและวิธีการถ่ายฝากตัวอ่อนให้มากขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการผลิตสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโคนมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นในอนาคต.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง : โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยน (Holstein Fresian) พันธุ์แท้, อายุประมาณ 3 ปี เคยให้ลูกแล้ว 1 ตัว จำนวน 1 ตัว เป็นโคตัวให้ (Donor). โคตัวรับ (Recipients) เป็นโคโฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยน เลือด 75 เปอร์เซนต์ ของสมาชิกศูนย์วิจัยการผสมเทียมราชบุรี จำนวน 6 ตัว อายุประมาณ 3-10 ปี เคยให้ลูกมาแล้ว.

โรงเรือน : มีลักษณะโปร่ง, หลังคามุงกระเบื้อง, พื้นซีเมนต์ แบ่งเป็นซอง ขนาด 1.2 x 1.5 เมตร เรียงกัน แต่ละซองมีโซ่ล่ามประจำ ที่ด้านหน้ามีรางอาหาร และหญ้า การดื่มน้ำเจ้าของสัตว์ตักน้ำใส่กระป๋องไว้ให้ดื่ม.

อาหารสัตว์ : อาหารหยาบเป็นหญ้าสด และต้นข้าวโพด ส่วนอาหารข้นใช้อาหารของสหกรณ์ฯ หนองโพ มีโปรตีนประมาณ 15 เปอร์เซนต์.

ฮอร์โมน : ใช้ Follicle Stimulating Hormone สะกัดจากต่อมใต้สมองสุกร (Porcine) ต่อไปนี้เรียกว่า FSH-P และ Prostaglandin $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$; Lutalyse, Upjohn).

อุปกรณ์ในการล้างและเก็บตัวอ่อน : Cervix dilator เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ยาว 50 ซม.; Rushch Foley catheter no. 18 ยาว 67.4 ซม. ปลายห่างจาก Cuff 4.8 ซม. (มีรูให้น้ำผ่านเข้าออก 4 รู); สายน้ำเกลือสำหรับเป็นท่อให้น้ำยาไหลเข้าออก; Three-way plastic connector; 3 Artery forcepts; Syringe ขนาด 1 มล. 1 อัน, ขนาด 5, 10, 20 และ 50 มล. อย่างละ 2 อัน; เข็มเบอร์ 18 หนึ่งโหล; กระบอกตวงขนาด 500 มล. 2 อัน; เข็มเบอร์ 18 หนึ่งโหล; กระบอกตวงขนาด 500 มล. 2 อัน; น้ำยา Phosphate-buffered saline (PBS) ที่มีส่วนผสม 2% Fetal calf serum (FCS) (PBS + 2% FCS); ยาชาชนิด Xylocaine HCl 2%; ย่าฆ่าเชื้อ Dettol และยาปฏิชีวนะ; ซองบังคับสัตว์; กรรไกร และถุงมือพลาสติคสำหรับผสมเทียม.

อุปกรณ์ในการตรวจหา และประเมินคุณภาพตัวอ่อน : หลอดดูดตัวอ่อน (Ministraw) ใช้หลอดพลาสติคที่เก็บน้ำเชื้อผสมเทียมแบบแช่แข็งขนาด 0.25 มล. ต่อเข้ากับเข็มเบอร์ 16 ปลายตัด และกระบอกฉีดยาทูเบอร์คิวลิน ขนาด 1 มล.; น้ำยาที่ใช้ประเมินคุณภาพและเก็บตัวอ่อนก่อนฝากคือ PBS + 20% FCS; กล้องไมโครสเตอริโอสโคป (Sterio microscope).

อุปกรณ์ในการถ่ายฝากตัวอ่อน : Cassou A.I. gun; Sterile plastic sheath; หลอดพลาสติคขนาด 0.25 มล.

วิธีการ : เหนี่ยวนำโคให้ตกไข่ครั้งละหลายฟอง และใช้โคตัวให้และโคตัวรับที่เป็นสัดพร้อมกันตามธรรมชาติ เริ่มฉีด FSH-P ในโคตัวให้วันที่ 11 หลังจากเป็นสัดในขนาด 6, 5, 4, 3, 2 มก. วันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น นาน 5 วัน ฉีด $PGF_{2\alpha}$ ให้แก่โคตัวให้ 25 มก. หลังฉีด FSH-P แล้ว 72 ชม.

ตรวจการเป็นสัดวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ผสมพันธุ์โคตัวให้ด้วยน้ำเชื้อแช่แข็งที่ตรวจคุณภาพแล้ว 2 ครั้ง ห่างกันช่วงละประมาณ 12 ชม. โดยใช้ 2, 2 โด๊ส ในการผสมครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ.

การล้างเก็บตัวอ่อน : ดัดแปลงจากวิธีของ Jillella (1983) ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ :

นำโคตัวให้เข้าซองบังคับ ให้ขาคู่หน้าสูงกว่าขาคู่หลังเล็กน้อย เพื่อความสะดวกในการล้างเก็บตัวอ่อน. ทำความสะอาดบริเวณบั้นท้ายและหางด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรคหลายๆ ครั้ง ฉีดยา

ชา (Xylocaine hydrochloride) 2% เข้าช่องไขกระดูกสันหลัง ตรวจความรู้สึกแล้วใช้เชือกมัดปลายหางไปผูกไว้กับคอโค.

ล้วงมูลโคออกจากช่องทวารหนักให้หมด นับปริมาณคอร์ปัสลูเทียม (Corpora lutea) ที่รังไข่แต่ละข้าง ใช้ Cervix dilator ถ่างขยายคอมดลูก สอด Catheter ที่มี Stilette อยู่ภายในเข้าไปยังปีกมดลูกทีละข้าง โดยใช้มือที่ล้วงผ่านทวารหนักช่วย เมื่อปลาย Catheter ถึงใกล้บริเวณ Bifurcation แล้วดึง Stilette ออกประมาณ 5-10 ซม. จากนั้นดันเข้าไปเบาๆ เพื่อให้ปลายของ Catheter สอดไปตามลักษณะของปีกมดลูกที่โค้งงอ ใช้กระบอกฉีดยาฉีดลมเข้า Cuff ประมาณ 10-15 มล. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของปีกมดลูก เพื่อตรึง Catheter ให้อยู่กับที่ Cuff จะอยู่บริเวณส่วนต้นของปีกมดลูก จากนั้นดึง Stilette ออก ปลายข้างหนึ่งของท่อน้ำยาเข้า-ออกต่อเข้ากับ Three-way plastic Connector จากนั้นต่อปลายของท่อน้ำยาเข้ากับ Catheter ปลายของท่อน้ำยาออก ใส่ไว้ในกระบอกตวง ขนาด 500 มล. ที่ว่างอยู่บนพื้นและปลายท่อใส่เข้ากับขวดน้ำยาที่เตรียมไว้ (Syphon dipping) ไล่อากาศออกจากท่อน้ำยาเข้าตอนบนให้หมดก่อนต่อเข้ากับ Catheter ฉีดน้ำยาเข้าปีกมดลูกช้าๆ ประมาณ 20-50 มล. ขณะที่ปล่อยน้ำยาเข้ามือที่อยู่ในช่องทวารหนักจะต้องช้อนใต้ปีกมดลูกข้างที่กำลังล้างเก็บตัวอ่อนและบีบบริเวณ Uterotubal junction (U.T.J.) ไว้ใช้การบังคับที่ใกล้กับ Three-way plastic Connector ด้วย Artery forcep ให้น้ำยาชะล้างไหลเข้า-ออก ลงกระบอกตวง ปล่อยน้ำยาให้ไหลเข้าและออกจากปีกมดลูกเช่นนี้หลายๆ ครั้ง ใช้น้ำยาประมาณ 500 มล. จากนั้นปล่อยลมออกจาก Cuff ดึง Catheter ออกจากปีกมดลูก ทำเช่นเดียวกันทั้ง 2 ปีกมดลูก เมื่อเสร็จจากการชำระล้างตัวอ่อนออกจากมดลูกแล้วใส่ยาปฏิชีวนะเข้ามดลูกและฉีด$PGF_{2\alpha}$ เข้ากล้าม.

การตรวจหาและประเมินคุณภาพตัวอ่อน : นำกระบอกตวงที่มีน้ำยาล้างเก็บตัวอ่อนแต่ละข้าง วางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ทำกาลักน้ำส่วนบนออกให้เหลือน้ำยาประมาณ 100 มล. แกว่งกระบอกตวงเบาๆ เทแบ่งน้ำยาใส่จานเลี้ยงเชื้อที่ขีดตารางไว้ใช้น้ำยาล้างเก็บตัวอ่อน ล้างกระบอกตวงอีกครั้งแล้วเทลงในจานเลี้ยงเชื้อนำไปตรวจหาตัวอ่อนจากจานเลี้ยงเชื้อแต่ละใบ จำนวน 3 ครั้ง ด้วยกล้องสเตรีโอสโคปกำลังขยาย 10-20 เท่า เมื่อพบตัวอ่อนแล้วแยกตัวอ่อนเก็บไว้ในจานเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำยา PBS + 20% FCS อยู่.

การประเมินคุณภาพ : ดูดตัวอ่อนใส่สไลด์หลุม นำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100-200 เท่า ตามวิธีการของ Linder and Wright (1983) จะแบ่งคุณภาพตัวอ่อนออกเป็น 4 ระดับคือ :

(1) คุณภาพดีเลิศ (Excellent) ได้แก่ ตัวอ่อนที่มีลักษณะกลม Blastomere มีลักษณะสีสม่ำเสมอ (2) คุณภาพดี (Good) ได้แก่ ตัวอ่อนที่มี Blastomere ยื่นออกมาเล็กน้อยรูปร่างไม่ค่อยสม่ำเสมอ (3) คุณภาพพอใช้ (Fair) ได้แก่ ตัวอ่อนที่มี Blastomere ยื่นออกมาเป็นถุง มีบางเซลล์ฝ่อไป (4) คุณภาพเลว (Poor) ได้แก่ ตัวอ่อนที่มี Blastomere ยื่นออกมาจำนวน

มาก บางเซลล์ฝ่อไป ขนาดของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปมาก มีถุงน้ำ (Vesicle) จำนวนมาก แต่ยังมีลักษณะ Viable appearing embryo mass อยู่. ตัวอ่อนที่ล้างเก็บได้จัดแบ่งเป็นกลุ่มตามระยะการเจริญเติบโตของตัวอ่อนของ Linder and Wright (1983) ดังนี้ :

ตัวอ่อนที่มีระยะการเจริญตรงตามอายุ ตัวอ่อนที่ล้างเก็บได้จากโคตัวให้หลังผสมพันธุ์แล้ว 7 วัน อยู่ในระยะ Morula, Compact morula และ Underdeveloped embryoเมื่อประเมินคุณภาพตัวอ่อนแล้วเก็บตัวอ่อนไว้ในน้ำยา PBS + 20% FCS จนกว่าจะถ่ายฝากให้แก่โคตัวรับต่อไป.

การเก็บข้อมูล ตรวจสภาพของโคตัวให้ตามรายละเอียดดังนี้ : จำนวนคอร์ปัสลูเทียมที่รังไข่แต่ละข้างในวันที่ล้างเก็บตัวอ่อน (ตารางที่ 1), จำนวนและคุณภาพตัวอ่อนที่ล้างเก็บไว้ (ตารางที่ 2), ปริมาณน้ำยาล้างเก็บตัวอ่อนที่ไหลกลับคืน, ระยะเวลาที่โคตัวให้แสดงอาการเป็นสัดหลังจากที่ล้างเก็บตัวอ่อน.

Table 1. Reproductive tract of donor.

Ovary		Before superovulation	After superovulation	Before flushing
Right	Size (cm)	4.0 x 2.5 x 1.5	5.0 x 4.0 x 3.5	6.0 x 4.0 x 3.5
	Number of follicle	-	6	Corpora lutea = 6
Left	Size (cm)	3.0 x 2.0 x 1.5	7.0 x 5.0 x 4.0	8.0 x 5.0 x 4.0
	Number of follicle	1	8	corpora lutea = 8

Table 2. Quality and assessment of embryo.

Stage	Quality				Total
	Excellent	Good	Fair	Poor	
Unfertilized egg	-	-	-	-	1
Morula	2	-	-	-	2
Compact Morula	3	-	1	-	4
Total	5	-	1	-	7

Table 3. Result of embryonic transfer in crossbred dairy cows in Ratchaburi province.

Name of recipients	Quality of embryo	Pregnancy diagnosis
DOG-KOON	Compact morula Fair	Non pregnant
PEN-SO-PA	Compact morula Excellent	Non pregnant
SRI-NUAN	Morula Excellent	Non pregnant
PO-TONG	Compact morula Excellent	Pregnant
GOR-RA-GA-DA	Compact morula Excellent	Non preqnant
KANG-LEG	Morula Excellent	Pregnant

การถ่ายฝากตัวอ่อนโดยวิธีนิรศัลยกรรม ตัวอ่อนอายุ 7 วัน จำนวน 6 ตัว นำไปถ่ายฝากให้แก่โคตัวรับที่มีการเป็นสัดตามธรรมชาติ สอดคล้องกับโคตัวให้ จำนวน 6 ตัว (ที่ปีกมดลูกข้างหนึ่งเพียง 1 ตัว เท่านั้น) การถ่ายฝากตัวอ่อนดัดแปลงจากวิธีของ Jillella (1983) คือ : ดูดตัวอ่อนที่ใช้ถ่ายฝากเข้าหลอดพลาสติกขนาด 0.25 มล. โดยให้ตัวอ่อนอยู่ระหว่างฟองอากาศทั้งสองข้าง. บรรจุหลอดพลาสติกที่มีตัวอ่อนอยู่เข้ากับ Cassou A.I. gun และหุ้มด้วย Sterile plastic sheath แล้วหุ้มด้วย Plastic bag ยาวอีกที ใช้กระดาษชำระเช็ดบริเวณปากช่องคลอดให้สะอาด ให้ผู้ช่วยใช้มือเปิดปากช่องคลอด สอด A.I. gun ที่มี Plastic bag ยาวหุ้มอีกที เข้าไปยังปากมดลูกแล้วดึง Plastic bag ยาวเข้าหาตัวผู้ทำเพื่อให้ A.I. gun ทะลุ Plastic bag แล้วสอด A.I. gun ผ่านปากมดลูกเข้าไปตามปีกมดลูกข้างที่มีคอร์ปัสลูเทียมอยู่ สอดให้เข้าลึกที่สุดเท่าที่จะทำได้แล้วฉีดให้ลูกอ่อนวางอยู่ในที่ที่เหมาะสม แล้วดึง A.I. gun ออก.

ตรวจการตั้งท้องในโคตัวรับ ตรวจผลการกลับสัดของโคตัวรับฝากให้เจ้าของสัตว์ช่วยดูและให้แจ้งที่ศูนย์ฯ ด้วย หากไม่แสดงอาการเป็นสัดเมื่อเลยระยะเวลาไปประมาณ 50-60 วัน หลังจากถ่ายฝากตัวอ่อนแล้วทำการตรวจท้องด้วยการล้วงตรวจทางทวารหนัก (ตารางที่ 3).

ผลและวิจารณ์

ประสิทธิภาพการล้างเก็บตัวอ่อน : จากการล้างเก็บตัวอ่อนในวันที่ 7 น้ำยาที่ชะล้างใส่เข้าไปแล้วไหลกลับออกมาประมาณ 85 เปอร์เซนต์ ส่วนจำนวนตัวอ่อนที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นปัจจัยสำคัญในการล้างเก็บตัวอ่อนได้มากหรือน้อย (Donaldson, 1984; Shelton *et al.*, 1979; Wilmut, 1980) และการนับคอร์ปัสลูเทียมโดยวิธีคลำผ่านทางทวารหนักก็อาจคลาดเคลื่อนได้ (Baker and Jillilla, 1978; Donaldson, 1984) ซึ่ง Lindsell*et al.* (1985) รายงานว่าการนับจำนวนคอร์ปัสลูเทียมในโคตัวให้โดยการคลำผ่านทวารหนักจะน้อยกว่าที่นับได้จากรังไข่เมื่อสัตว์ตายแล้วถึงสองเท่า. ระยะการเจริญของตัวลูกอ่อนที่ล้างเก็บ ตัวอ่อนที่เก็บ

ได้ตามมาตรฐานของ Linda and Wright (1983) ปรากฏว่าตัวอ่อนวันที่ 7 ตรงตามอายุ 6 ตัว และไข่ผสมไม่ติด 1 ฟอง ตรงตาม Bakes and Jillella (1978) ซึ่งรายงานว่าตัวอ่อนที่ล้างเก็บวันที่ 6-7 มีไข่ผสมไม่ติด 14-26 เปอร์เซนต์. คุณภาพของตัวอ่อนที่ได้ในวันที่ 7 จากโคตัวให้นี้มีคุณภาพดีเลิศ จำนวน 5 ตัว คุณภาพพอใช้ได้ 1 ตัว และไม่เจริญ 1 ฟอง ตรงตามที่ K i m*et al.* (1985) ที่รายงานว่าคุณภาพตัวอ่อนที่ปกติจะสูงประมาณ 79 เปอร์เซนต์ เมื่อล้างเก็บในวันที่ 7. การไหลกลับของน้ำยาที่ใช้ล้างเก็บตัวอ่อน จากที่ปฏิบัติมาโดยวิธีนิรศัลยกรรมประมาณ 90 เปอร์เซนต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chung *et al.* (1983) ส่วนน้ำยาชะล้างที่หายไป 10 เปอร์เซนต์ อาจเหลือค้างอยู่ในมดลูก, ปีกมดลูก หรือไหลผ่านท่อรังไข่ตกลงสู่ช่องท้อง. อายุตัวอ่อนที่ทำการถ่ายฝาก ใช้ตัวอ่อนอายุ 7 วัน เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่ามีคุณภาพใช้ได้ในการถ่ายฝาก จึงทำการถ่ายฝากให้กับโคตัวรับ จำนวน 6 ตัว โดยฉีดฝากตัวละ 1 ตัว (Embryo) ตัวอ่อนที่ใช้ถ่ายฝากนี้อยู่ในระยะ Morula และ Compact Morula โดยวิธีนิรศัลยกรรมปล่อยผสมตัวอ่อนตามปีกมดลูกให้ลึกที่สุดเท่าที่ทำได้ตาม Rowe *et al.* (1979) ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติจะต้องอาศัยความชำนาญ เนื่องจากการสอดหลอดฉีดเชื้อลึกเกินไปอาจทำให้เกิดบาดแผลบริเวณปีกมดลูก ซึ่งจะขัดขวางการเจริญของตัวอ่อน และทำให้อัตราการตั้งท้องต่ำได้ (Brand and Drost, 1977; Schneider and Hahn, 1979; Wilmut, 1980) เมื่อทำการถ่ายฝากให้กับตัวรับแล้วได้สังเกตการไม่กลับเป็นสัด จนตัวรับฝากได้อุ้มท้องประมาณ 50 วัน แล้วได้ทำการตรวจการตั้งท้องทางทวารหนัก พบว่ามีตัวรับฝากตั้งท้อง 2 ตัว คิดเป็นเปอร์เซนต์ได้ 33.3 เปอร์เซนต์ ตรงตาม Schneida *et al.* (1979) ซึ่งรายงานไว้เมื่อใช้ตัวอ่อนอายุ 7 วัน ถ่ายฝากให้กับโคตัวรับการตั้งท้องเท่ากับ 14-63 เปอร์เซนต์ ตัวรับฝากตั้งท้องคลอดลูกเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2531 เพศผู้ น้ำหนักแรกเกิด 28 กก. และตัวรับฝากอีกตัวหนึ่งคลอดลูกเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2531 เพศเมีย น้ำหนักแรกเกิด 30 กก. อาการอื่นๆ ทั่วไปของสุขภาพลูกโคทั้งสองที่เกิดใหม่นี้ยังไม่พบอะไร ถึงอย่างไรก็ยังเฝ้าดูแลสุขภาพทั่วไปต่อไปอีก.

สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพและผลการล้างเก็บตัวอ่อนจากโคตัวให้พันธุ์แท้ในวันที่ 7 จากวันผสมพันธุ์ ปรากฏว่าการล้างเก็บตัวอ่อนให้ตัวอ่อนมีคุณภาพดีที่สามารถนำไปใช้ถ่ายฝากให้กับตัวรับติดตั้งท้อง เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการล้างเก็บตัวอ่อน ปรากฏว่าคุณสมบัติของโคตัวให้มีความสัมพันธ์กับการประสบผลสำเร็จ การถ่ายฝากโดยวิธีนิรศัลยกรรม ปรากฏว่าจากการถ่ายฝากตัวอ่อนคุณภาพดีเลศ อายุ 7 วัน ระยะ Morula และ Compact Morula สามารถทำให้โคตัวรับตั้งท้องได้ 2 ตัว และในการเตรียมตัวรับนี้ให้เป็นสัดตามธรรมชาติและมีสภาพการเลี้ยงดูตามปกติที่ทางเจ้าของสัตว์เลี้ยงเป็นประจำไม่ได้จัดให้มีอะไรเป็นพิเศษ สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลสำเร็จในการล้างเก็บและถ่ายฝากโดยวิธีนิรศัลยกรรมมากที่สุดคือ ประสบการณ์และความชำนาญของผู้ที่ปฏิบัติงาน.

กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด และสมาชิกฯ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านโคนมพันธุ์แท้โฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยน และโคนมตัวรับ เลือดโฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยน 75 เปอร์เซนต์ และขอขอบคุณต่อศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ไว้ ณ ที่นี้ด้วย ที่ให้ทุนมาดำเนินการฯ.

เอกสารอ้างอิง

ตั้งธนะวัฒน์, พิทยา., อรุณประเสริฐ, ดารพัย., เกียรติสามารถ, สัมพันธ์., โลหะชิต, ชัยณรงค์., จันทร์ประทีป, พีระศักดิ์., โพธิปักษ์, ประสิทธิ์., และ โลหะชิต, จันทิมา. (2524). การเหนี่ยวนำให้กระบือตกไข่เพิ่มขึ้นและเก็บคัพภะโดยไม่ผ่าตัด. รายงาน Case Conference ประจำปีการศึกษา 2524, คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 19.

นิตยวรรธนะ, สมิต., ฉัตรไชยเดช, สมบุญ., ตันติขันติการ, กิตติ., โลหะชิต, ชัยณรงค์., จันทร์ประทีป, พีระศักดิ์., และ โพธิปักษ์, ประสิทธิ์. (2525). การถ่ายฝากคัพภะในควายโดยวิธีนิรศัลยกรรม. รายงาน Case Conference ประจำปีการศึกษา 2526, คณะสัตวแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 23.

เยี่ยมละมัย, สุณีรัตน์., สว่างศรีบรรเทิง, สุรพงษ์., ลิขิตผดุงกิจ, ชาญยุทธ., โลหะชิต, ชัยณรงค์., จันทร์ประทีป, พีระศักดิ์., โพธิปักษ์, ประสิทธิ์., และวีรกุล, ปราจีน. (2526). การถ่ายฝากคัพภะในโค รายงาน Case Conference ประจำปีการศึกษา 2527, คณะสัตวแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชรงค์, ชัย., พฤกษ์ภาคภูมิ, คณิต., เตชะศิริวรรณ, วิธูร., โลปะชิต, พีระศักดิ์., และโพธิปักษ์, ประสิทธิ์. (2526). การพยายามเพื่อการถ่ายฝากคัพภะในควายปลักโดยวิธีนิรศัลยกรรม. รายงาน Case Conference ประจำปีการศึกษา 2526, คณะสัตวแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 18.

สัตยาพันธ์, จำเนียร., สิงหจันทร์, สัมพันธ์., สุจริต, วรรณดา., สิริเวชภัณฑ์, สมุทร., ควนใหญ่. สมพร., สุขภัทราภิรมย์, วิศุทธิ์., วังตาล, อุดม., และโพธิปักษ์, ประสิทธิ์. (2529). การผลิตไข่มากใบกว่าธรรมชาติ เพื่อพัฒนาเทคนิคการถ่ายฝากคัพภะในโคนม. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2529, ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สาขาวิทยาศาสตร์, 27-29 มกราคม 2529, กรุงเทพฯ.

สิงหจันทร์, สัมพันธ์. (2526). เอกสารประกอบคำบรรยาย การถ่ายฝากคัพภะให้นิสิตคณะสัตวแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สิงหาคม 2526.

สิงหจันทร์, สัมพันธ์., สุจริต, วรรณดา., สัตยาพันธุ์, จำเนียร., สิริเวชพันธุ์, สมุทร., วังตาล, อุดม., สุขภัทราภิรมย์, วิศุทธิ์., และโพธิปักษ์, ประสิทธิ์. (2529). ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การถ่ายฝากคัพภะในโคนมในประเทศไทย. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2529 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สาขาสัตวแพทย์, 27-29 มกราคม 2529, กรุงเทพฯ และสัตวแพทยสาร ปีที่ 36 เล่ม 4, ธันวาคม 2528 : 367-682.

สุจริต, วรรณดา., สัตยาพันธุ์, จำเนียร., สิงหจันทร์, สัมพันธ์., สิริเวชภัณฑ์, สมุทร., ควนใหญ่, สมุทร., วังตาล, อุดม., สุขภัทราภิรมย์, วิศุทธิ์., และ โพธิปักษ์, ประสิทธิ์. (2529). การประเมินคุณภาพของคัพภะเพื่อการพัฒนาทางเทคโนโลยีชีวภาพในโคนม รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2529, ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์, 27-29 มกราคม 2529, กรุงเทพฯ.

Baker, A.A. and Jillilla, D. (1978). Techniques of Surgical and Non-surgical Collection of Superovulated Cows. Vet. Rec. 103 : 558-562.

Brand, A. and Drost, M. (1977). Embryo Collection by Non-surgical Methods. In : Embryo Transfer in Farm Animals. Betteridge, K.J. (ed). Monograph No.16, Canada Department of Agriculture, Ottawa, P.16-19.

Chung, K.S., Lee, H.T., Park, H.D. Chung, B.H. and Yoo, S.H. (1983). Twin induction by embryo transfer in cattle. III. Non-surgical recovery of embryo. Korean J. Animal Sci., 25(5): 408-412.

Danaldson, L.E. (1984). Embryo Production in superovulated cows : Transferable embryo correlated with total embryos. Theriogenology. 21(4) : 517-524.

Jillella, D. (1983). Embryo transfer technology and its application in the asia region. Asia Livestock. 8 : 108-111.

Kim, H.S., OH, S.J., Yang, B.S., Lee, K.S. and Chung, K.S. (1985). Studies on the transfer in cattle. Korean J. Animal Sci., 27(4): 206-210.

Linder, G.M. and Wright, R.W. Jr. (1983). Bovine embryo morphology and evaluation. Theriogenology. 20(4) : 407-416.

Lindsell, C.E., Pawlyshyn, V., Bielanski, A. and Mapletoft, R.J. (1985). Superovulation of heifer with FSH-P beginning on four different days of the cycle. Theriogenology. 23(1) : 203.

Rowe, R.E., Crister, J.K. and Ginter, O.J. (1979). Non-surgical embryo in cattle. Theriogenology. 11 (1) : 107.

Schneider, U. and Hahn, J. (1979). Bovine embryo transfer in Germany. Theriogenology. 11(1) : 63-80.

Shelton, J.N., Heath, T.D., Old, K.G. and Turnbull, G.E. (1979). Non-surgical recovery of eggs from single-ovulating bovines. Theriogenology. 11 : 149-152.

Wilmut, I. (1980). Embryo transfer in cattle breeding. World Animal Rev. 35 : 30-35.

วารสารเกษตร 8(2) : 148-159 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 148-159 (1992)

การแก้ไขปัญหามลภาวะในฟาร์มสุกร

วันดี เจียเจริญ [1]

HOW TO SOLVE POLLUTION PROBLEM IN PIG FARM

Wandee Jearcharearn [1]

Abstract : Currently, environmental problem from pig farm are increasing tremendously such as : waste water, infectious disease, disease carriers, noxious gas and unpleasant odour. The major causes of these pollution can be divided into : (1) feces and feed residues as solid portion (2) urine and farm-cleaned water as liquid portion.

In order to improve these problems, there are many posibility as followed : (1) appropriate housing management (2) flooring system (3) suitable pig waste collection and treatment (4) utilization of pig feces as animal and fish feed, cultivate house fly larva for pig or fish diets, fertilizer and biogas production.

บทคัดย่อ : มลภาวะที่เกิดจากฟาร์มสุกร เป็นปัญหาสำคัญมากปัญหาหนึ่งในปัจจุบัน เนื่องจากมีการตื่นตัวทางด้านสภาพแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วไป ได้แก่ ปัญหาเรื่อง กลิ่นเหม็น และก๊าซพิษ, ปัญหาการเกิดโรค และการแพร่กระจายของเชื้อโรค, รวมทั้งพาหะนำโรคต่างๆ. นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่อง มลภาวะในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เกิดจากการระบายน้ำเสียออกจากฟาร์มสุกร ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร ได้แก่ : (1) มูลสุกร และเศษอาหารที่ตกค้างในคอก (2) ปัสสาวะ และน้ำล้างคอกสุกร.

สำหรับการแก้ไขปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร มีได้หลายวิธี คือ : (1) การจัดการด้านโรงเรือนให้เหมาะสม (2) การใช้วัสดุรองพื้นคอก (3) การจัดเก็บของเสียออกจากฟาร์ม และการกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม (4) การนำเอาของเสียจากฟาร์มสุกรไปใช้ประโยชน์ ด้วยการนำมูลสุกรไปเป็นอาหารสัตว์, อาหารปลา, เพาะหนอนแมลงวันเพื่อเป็นอาหารสุกรหรือปลา, เป็นปุ๋ยสำหรับพืช และการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ เพื่อนำมูลสุกรและของเสียจากฟาร์มมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป.

---

[1] ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50002.

[1] Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

คำนำ

มลภาวะอันเกิดจากการเลี้ยงสุกรนับวันก็จะยิ่งรุนแรงมากขึ้น ไม่เพียงแต่กลิ่นเหม็นอันเกิดจากการหมักหมมของมูลสุกรเท่านั้น ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค, ยุงและแมลงวัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงในฟาร์ม นอกจากนี้น้ำเสียจากคอกสุกรไม่ว่าจะเป็นน้ำจากปัสสาวะสุกรหรือน้ำล้างคอกก็ตาม นอกจากจะมีกลิ่นเหม็นแล้วยังทำลายสภาพแวดล้อมอย่างยิ่งจนเห็นได้ชัด สัตว์ที่อยู่ในคู, คลอง หนอง และบึง ที่น้ำเสียจากคอกสุกรไหลลงเป็นประจำก็ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าของเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ : ส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ มูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอกอีกส่วนหนึ่งเป็นของเหลวเกิดจากการล้างคอกด้วยน้ำ กลายเป็นน้ำทิ้งหรือน้ำเสียซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป.

ในปัจจุบันการเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรจำนวนมาก และมีการขยายการเลี้ยงสุกรเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มากขึ้น ปัญหาเกี่ยวกับการหมักหมมของของเสียจากฟาร์มสุกรจึงมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นจึงควรมีการจัดการของเสียในฟาร์มให้เหมาะสมไม่ให้เกิดปัญหาทั้งในฟาร์มและสภาพแวดล้อมรอบๆ ฟาร์ม โดยการจัดการของเสียอย่างถูกวิธีและถูกหลักสุขาภิบาล หรืออาจจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป.

ปัญหามลภาวะจากฟาร์มสุกร

ของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกร นับวันก็จะยิ่งเป็นปัญหาใหญ่สำหรับผู้เลี้ยงสุกรเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะฟาร์มขนาดใหญ่ที่ทำกันเป็นธุรกิจ ใช้จำนวนสุกรต่อพื้นที่การผลิตมาก ทำให้มีของเสียจากฟาร์มสุกรมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกรขึ้น ซึ่งปัญหาที่สำคัญๆ ได้แก่ :

ปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น และก๊าซพิษ เลาศรีรัตนชัย (2531) รายงานว่าการเกิดก๊าซและกลิ่นส่วนใหญ่สาเหตุสำคัญเนื่องจาก การหมักย่อยของจุลินทรีย์ แต่ถ้ามีออกซิเจนอยู่ในนั้นแล้วโอกาสเกิดก๊าซจะมีน้อยลง และพบว่าการจัดการกับของเสียจากสัตว์ในสภาพเป็นของเหลว จะมีปัญหาเรื่องกลิ่น มากกว่าการจัดการในสภาพของแข็ง และมีปัญหาในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาว ก๊าซที่เกิดขึ้นในโรงเรือนสุกร ได้แก่ : ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ปกติในอากาศมีประมาณ 0.03 เปอร์เซนต์ (300 ppm) แต่ถ้ามีถึง 4 เปอร์เซนต์ (40,000 ppm) จะทำให้สุกรตาลาย, วิงเวียน, เดินโซเซ, หมดสติ. เมื่อนำสุกรมาอยู่ในสภาพอากาศดีอาการต่างๆ ของสุกรจะกลับเข้าสู่สภาพปกติ ก๊าซแอมโมเนีย (Ammonia) ส่วนมากเกิดจากมูลสดพื้นคอกแบบแสลต (Slat) จะมีกลิ่นแอมโมเนียน้อยกว่าคอกแบบคอนกรีต ถ้ายิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นเท่าใดกลิ่นก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ก๊าซแอมโมเนียรบกวนสุขภาพของสุกร ถ้ามีความเข้มข้นถึง 100-

200 ppm จะทำให้สุกรมีอาการจามน้ำลายฟูมปาก, กินอาหารน้อย, หัวสั่น. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) เกิดจากการหมักของมูลภายใต้สภาพขาดออกซิเจน ในโรงเรือนสุกรที่มีการถ่ายเทอากาศพอสมควรจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 0.09 ppm ถ้าไม่มีการระบายอากาศที่ดีพอจะเพิ่มเป็น 0.25 ppm ภายในเวลา 6 ชั่วโมง สุกรที่ได้รับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 20 ppm อยู่ตลอดเวลา จะทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาท, กลัวแสง, อาเจียน และทำให้ท้องร่วง. ก๊าซมีเทน (Methane) พบมากในการหมักมูลในสภาพที่ขาดออกซิเจน ในคอกสุกรที่ดีจะมีระดับของก๊าซมีเทนต่ำกว่า 5 เปอร์เซนต์ ก๊าซอื่นๆ ซึ่งเกิดในปริมาณน้อย แต่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ได้แก่ อมีน (Amine), เมอร์แคบเทนซัลไฟด์ (Mercaptansulfide) และกรดอินทรีย์อื่นๆ.

ปัญหาการเกิดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มสุกรนี้ เป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เจ้าของฟาร์มเกิดความขัดแย้งกับเพื่อนบ้าน ซึ่งนับวันคนที่ตื่นตัวทางด้านสิ่งแวดล้อมมีมากขึ้น การทนไม่ได้ต่อกลิ่นเหม็น จึงแสดงออกมากขึ้นตามลำดับ.

ปัญหาการเกิดโรค : การสะสมมูลสุกรในฟาร์ม นอกจากจะมีกลิ่นน่ารังเกียจแล้ว ยังก่อให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมทางสุขาภิบาลอีกด้วย เช่น การแพร่กระจายของเชื้อโรค ที่อาจแพร่กระจายมาติดคนหรือสัตว์เลี้ยงอื่นๆ ไชยวงศ์เกียรติ (2535) รายงานว่า มูลสัตว์เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคของระบบทางเดินอาหาร พยาธิบางชนิดรวมถึงพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน, แมลงหวี่ และยุง เป็นต้น.

ปัญหามลภาวะในแหล่งน้ำธรรมชาติ : กรมปศุสัตว์ (2533) รายงานผลการสำรวจคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรบริเวณลุ่มน้ำท่าจีน โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย พบว่า น้ำทิ้งจากการล้างคอกสุกรมีปริมาณวันละ 30-40 ลิตร/ตัว ปริมาณสิ่งสกปรกมีค่าความเข้มข้นประมาณ 3,000 มก./ลิตร หรือคิดเป็น 100-136 กรัม/ตัว/วัน.

ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร

ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ มูลสุกร สำหรับสุกรขุนระยะที่กำลังเจริญเติบโต จะถ่ายมูลเปียกวันละประมาณ 5-6 เปอร์เซนต์ ของน้ำหนักตัว ปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อายุ, การเจริญเติบโตของสุกร, ระยะการสืบพันธุ์และการอุ้มท้อง, เนื้อเยื่อของผนังลำไส้, รวมทั้งแบคทีเรียและสิ่งขับถ่ายของแบคทีเรีย (เลาศรีรัตนชัย, 2531) มูลสุกรที่ได้จากสุกรที่โตเต็มวัยแล้ว จะมีส่วนที่เป็นของแข็งประมาณ 20-30 เปอร์เซนต์ (Polprasert, 1989) นอกจากนี้ ยังมีเศษอาหารที่ตกค้างในคอกสุกร ซึ่งจะเกิดการบูดเน่า เป็นแหล่งเพาะและแพร่พันธุ์เชื้อโรคเป็นอย่างดี.

ส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ ปัสสาวะ และน้ำล้างคอกสุกร ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากฟาร์ม สิ่งสกปรกอยู่ในรูปของสารอินทรีย์จากมูลสุกร ปัสสาวะและเศษอาหารที่ตกค้างในคอกสุกรก่อให้เกิดน้ำสกปรกเข้าไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำทิ้งเหล่านี้ฟาร์มบางแห่งก็ทำการบำบัดก่อน แต่บางแห่งก็ไม่ได้ทำการบำบัด ทำให้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมีค่าความสกปรกสูง (กรมปศุสัตว์, 2533).

วิธีการแก้ไขปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร

การจัดการโรงเรือนสุกร ในการจัดการเกี่ยวกับสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลี้ยง ต้องทราบเรื่องการจัดการโรงเรือนที่สัตว์อยู่อาศัย ต้องคำนึงถึงวิธีการก่อสร้างและตัวสัตว์เพื่อจะได้สะดวกและประหยัดเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับคอกสุกรจำเป็นต้องจัดที่นอนและที่ดื่มน้ำไว้แยกกัน ให้ที่ดื่มน้ำอยู่เหนือบริเวณที่ต้องการให้สุกรถ่ายมูล เพราะสุกรชอบถ่ายมูลบริเวณที่มีน้ำแฉะ รางน้ำไม่ควรอยู่ใกล้รางอาหารเพราะจะทำให้ถ่ายเรี่ยราดบริเวณรางอาหาร สำหรับการสร้างโรงเรือนโดยทั่วไปมีพื้นโรงเรือน 3 แบบ และการกำจัดมูลตามแบบของโรงเรือนแต่ละแบบก็แตกต่างกันไป.

พื้นโรงเรือนแบบคอนกรีตทึบ พื้นควรลาดเอียงพอสมควร เพื่อให้น้ำไหลลงรางระบายมูลไปเก็บในบ่อพักมูลได้ง่าย การทำความสะอาดต้องใช้พลั่วตักออกแล้วฉีดน้ำล้างออกตาม หรืออาจใช้น้ำฉีดไล่มูลลงรางระบายมูลเลยก็ได้ แต่สิ้นเปลืองน้ำมากกว่า

พื้นซีเมนต์แสลต (Slat) เป็นพื้นคอกที่ทำด้วยแผ่นซีเมนต์แข็งสำเร็จรูป ซึ่งทำเป็นช่องกลวง ไม่กว้างมากนักมีหลายช่อง ปัสสาวะและน้ำไหลผ่านลงไปได้ ง่ายต่อการล้างทำความสะอาดพื้นคอก และช่วยลดความสกปรกที่ผิวหนังสุกรได้เป็นอันมาก การสร้างคอกทำเป็นพื้น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นคอนกรีตทึบ มีรางระบายมูล ชั้นบนปูด้วยพื้นซีเมนต์แสลต สูงกว่าพื้นชั้นล่างประมาณ 1.0-1.2 เมตร การทำความสะอาดเพียงแต่ฉีดน้ำที่มีความแรงมากๆ มูลสุกรก็จะไหลลงไปตามร่องพื้นอย่างง่ายดาย (เลาศรีรัตนชัย, 2531; กรมปศุสัตว์, 2534).

พื้นเหล็กลวดประสาน ทำด้วยเหล็กเส้นประสานกันเป็นพื้นแข็ง วัสดุเป็นโลหะป้องกันสนิม ทนต่อการกัดกร่อน แต่ราคาค่อนข้างสูง พื้นคอกชนิดนี้มีลักษณะโปร่งมาก ทำให้ไม่ค่อยมีเศษอุจจาระคั่งค้างบนพื้นคอก ถ่ายเทอากาศได้ดี การก่อสร้างโรงเรือน จะยกพื้นคอกสูงประมาณ 0.5-1.0 เมตร ด้านล่างเป็นพื้นคอนกรีตลาดเอียง ส่วนด้านข้างพื้นคอนกรีต จะมีรางระบายน้ำทิ้งทั้ง 2 ข้าง (กรมปศุสัตว์, 2534).

การใช้วัสดุรองพื้นคอกสุกร วิธีการนี้ เป็นการดัดแปลงจากวิธีเก่าที่ได้ทำกันมานานแล้วในการใช้วัสดุรองพื้นคอก เพื่อดูดซึมปัสสาวะและมูลสุกร แล้วเก็บรวบรวมไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชต่อไป แต่วิธีเก่าจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนวัสดุรองพื้นคอกบ่อย ทำให้เกิดปัญหาการเก็บวัสดุรองพื้นคอกไว้ใช้เองในฟาร์ม ไชยวงค์เกียรติ (2535) ได้รายงานการใช้วัสดุรองพื้นคอกแบบใหม่ โดยการ

ใช้สารที่ประกอบด้วยเอ็นไซม์ที่ช่วยย่อยและบักเตรีสายพันธุ์ ที่ได้คัดเลือกแล้วว่าสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น มูลสุกรได้ดี พ่นหรือผสมคลุกเคล้ากับวัสดุรองพื้นคอก การเลี้ยงสุกรแบบหนึ่งที่ใช้วิธีการนี้คือ การเลี้ยงสุกรบนขี้เลื่อยหมัก โดยใช้เชื้อบาซิลลัส ซับทิลิส *(Bacillus sabtilis)* ผสมกับขี้เลื่อยเป็นพื้นคอกเลี้ยงสุกร ความหนาของขี้เลื่อยประมาณ 70 ซม. ความชื้นของขี้เลื่อยประมาณ 60-70 เปอร์เซนต์ เพื่อให้เชื้อเจริญได้ดี เมื่อนำสุกรลงเลี้ยงในคอก มูลและปัสสาวะที่สุกรถ่ายลงบนวัสดุรองพื้นคอกจะถูกบักเตรีทำการย่อยสลาย และเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นโปรตีน ซึ่งวิธีการนี้ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นของมูลสุกรและก๊าซแอมโมเนียภายในโรงเรือน ทำการกลบฝังมูลสุกรในจุดต่างๆ ของคอกทุกๆ สัปดาห์ แล้วทำการปิดทับด้วยขี้เลื่อยผสมสารที่ช่วยย่อยดังกล่าว โดยคงระดับความหนาของพื้นคอกให้ได้ 70 ซม. ที่ระดับความลึกของขี้เลื่อย 20-30 ซม. อุณหภูมิของวัสดุรองพื้นคอกประมาณ 30-40 °C.

วนาสิทธิ์ชัยวัฒน์ และอื้อเชี่ยวชาญกิจ (2534) รายงานไว้ว่าการใช้วัสดุรองพื้นคอกแบบนี้สามารถเลี้ยงสุกรขุนได้ถึง 4 รุ่น นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในวัสดุรองพื้นคอก อันเกิดจากขบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยบักเตรี จะสามารถทำลายเชื้อโรคต่างๆ ที่อาจพบในมูลหรือติดมากับวัสดุรองพื้นคอกได้ หลังจากเลิกใช้วัสดุรองพื้นคอกแล้วสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีกลิ่นเหม็น และมีสภาพร่วนซุยคล้ายดิน สำหรับข้อดีของการเลี้ยงสุกรแบบนี้คือ :

(1) ไม่มีน้ำเสียที่จะเกิดมลภาวะไหลออกมาจากคอกเลี้ยงสุกร (2) ไม่เกิดกลิ่นเหม็นในคอกสุกร (3) ลดปัญหาเรื่องสุกรขาเจ็บ (4) ลดจำนวนแมลงวันในคอก (5) ประหยัดน้ำที่ใช้ภายในฟาร์ม (6) ประหยัดแรงงานในการล้างคอก (7) ผลพลอยได้จากขี้เลื่อยที่ใช้รองพื้นคอกนำไปทำปุ๋ยสำหรับพืชได้ดี.

การจัดเก็บของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรและการกำจัด

วิธีการรวบรวมและขนย้ายมูลออกจากฟาร์ม การนำมูลสุกรออกจากรางระบายมูลไปยังบ่อพักมูล มีหลายวิธีด้วยกันตั้งแต่ใช้แรงงานคนโดยฉีดน้ำที่มีความแรงมากๆ หรือใช้คราดกวาดมูลออกไป โดยทั่วไปรางระบายมูลควรลาดเอียงประมาณ 1.5-4 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ความยาวราง 10 ม. รางควรลึก 10 ซม. และความยาวรางที่เพิ่มขึ้นแต่ละ 1 ม. ให้เพิ่มความลึก 1.5 ซม. วิธีการนี้นิยมใช้กับการเลี้ยงบนพื้นแสลต สำหรับอีกวิธีหนึ่งก็คือ การใช้เครื่องจักรกลเข้าช่วย ซึ่งเป็นการประหยัดแรงงานคน แต่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง และต้องออกแบบโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการติดตั้งเครื่องจักรกลนั้น จึงเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูง นิยมใช้ในต่างประเทศที่แรงงานมีราคาแพง.

บ่อพักมูล : เป็นการสะสมมูลไว้นอกคอก แบบที่สร้างขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการนำมูลไปใช้ประโยชน์ หรือต้องการกำจัดกลิ่นจากมูลสุกรเท่านั้น ที่กรมปศุสัตว์ (2533) และกรมปศุสัตว์ (2534) ได้รายงานไว้คือ มีระบบบ่อพักมูลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ :

ก. ระบบบ่อตกตะกอน และบ่อผึ่ง : โดยระบายของเสียจากฟาร์มลงสู่บ่อตกตะกอนซึ่งเป็นบ่อเปิด แสงแดดจะเผาผลาญให้ของแข็งตกตะกอนลอยขึ้นมา ตักตะกอนนี้ไปตากแห้งขายเป็นปุ๋ย ส่วนที่เป็นของเหลวจะไหลลงสู่บ่อผึ่ง ซึ่งมีกอหญ้าและวัชพืชปกคลุมหญ้า และวัชพืชเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยกรองดูดซับมูล และเพิ่มออกซิเจนให้แก่ของเหลวได้ดี ทำให้น้ำใสและสะอาดขึ้น สามารถนำกลับไปใช้ในฟาร์ม หรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้.

ข. ระบบบ่อหมักและบ่อผึ่ง : เป็นระบบบ่อที่จะเก็บกักน้ำทิ้งโดยขุดเป็นบ่อดินยกมีบ่อ 2-3 บ่อ สามารถเก็บกักน้ำเสียไว้ได้หลายวัน น้ำเสียจะเกิดการเน่าสลายใน 2 บ่อแรก และในบ่อที่ 3 น้ำทิ้งจะมีคุณภาพดีขึ้นมาก เกิดสภาพเป็นบ่อผึ่ง มีสาหร่ายเจริญเติบโต เห็นน้ำเป็นสีเขียว มีการช่วยย่อยสารอินทรีย์ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งดีขึ้น ระบบนี้ลดความสกปรกได้ถึง 90 เปอร์เซนต์ แต่ก็มีข้อเสียคือ ต้องใช้เนื้อที่มาก และมีปัญหากลิ่นเหม็นจากบ่อที่ 1 และ 2 ฟาร์มสุกร 100 ตัว ต้องการพื้นที่ 320 ตารางเมตร.

ค. ระบบถังหมักและบ่อผึ่ง : ระบบนี้เปลี่ยนจาก 2 บ่อแรกมาเป็นถังหมัก เพื่อลดเนื้อที่ให้น้อยลง แต่ต้องตามด้วยบ่อผึ่ง ถังหมักจะก่อเป็นคอนกรีต หรือใช้ถังส้วมขุดฝังลงใต้ดินแบบนี้มีข้อดีคือ สามารถนำก๊าซชีวภาพกลับมาใช้ประโยชน์ได้ และสามารถลดความสกปรกลงได้ 60 เปอร์เซนต์ ซึ่งฟาร์มสุกร 100 ตัว ต้องการพื้นที่ประมาณ 250 ตารางเมตร.

การกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกร Gebhardt and Anderson (1968) ได้รายงานวิธีการกำจัดของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำไว้ 2 ขบวนการคือ :

ขบวนการที่ 1 (Primary treatment) เป็นการพยายามลดปริมาณของเสียลงโดยทำให้เป็นของแข็ง ซึ่งมีหลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การปล่อยของเสียไปรวมกันในที่แห่งใดแห่งหนึ่ง เช่นบ่อพัก แล้วทิ้งให้ตกตะกอน ปล่อยส่วนที่เป็นของเหลวออกไป ส่วนที่เหลืออยู่ซึ่งเป็นของแข็งประมาณ 50 เปอร์เซนต์ จะถูกนำไปย่อยสลาย โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ในถังปิด (Digester) ใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน ในระหว่างนี้สามารถแยกส่วนประกอบในตมนี้ออกได้เป็น อินทรีย์สารประเภทคงตัวไม่ค่อยสลายตัวง่าย (Stabilized) นำไปทำให้แห้งสำหรับขายเป็นปุ๋ยต่อไป ในขณะทำการย่อยในถังปิด จะมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้น 68-85 เปอร์เซนต์ ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปออกแบบการทำก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป.

ขบวนการที่ 2 (Secondary treatment) เป็นการจัดการกับของเหลวที่ถูกปล่อยออกมาจากขบวนการที่ 1 เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ให้มากที่สุด ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกันคือ :

ก. **Intermittent Sand Filtration** โดยการใช้ทรายที่มีความลึก 2.5-4 ฟุต ทำการผ่านของเหลวลงไปประมาณ 3-4 นิ้ว ปกติถ้าใช้วิธีนี้วันละ 1-2 ครั้ง จะได้ของเหลวที่ใสกว่าเดิม เราอาจนำน้ำนี้กลับไปใช้ล้างคอกได้ ซึ่งการกรองแบบนี้ต้องอาศัยพื้นที่กว้าง.

ข. **Contact Bed** โดยใช้สารหลายๆ อย่าง ได้แก่ กรวด, ทราย, แร่บางชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีขนาด 0.5 ถึง 3 นิ้ว และความลึกของชั้นต่างๆ รวมกันประมาณ 4-6 ฟุต ผ่านของเหลว (Sewage) ที่ปราศจากตะกอนที่ได้จากขบวนการแรกแล้ว 1-2 ชั่วโมง ของแข็งที่เหลือจะตกตะกอนค้างอยู่ โดยจับตัวบางๆ กับพวกก้อนกรวด ทราย ซึ่งอาจเป็นพวกบักเตรีค้างอยู่ด้วย นอกจากนี้ อาจจะมีราและโปรโตซัว (Protozoa) ซึ่งเป็นตัวสลายอินทรีย์สารเมื่อทำการกรองหลายๆ ชั่วโมงแล้ว ของเหลวที่กรองได้สัมผัสอากาศจะช่วยเพิ่มออกซิเจนได้ด้วย บักเตรีที่ใช้ออกซิเจนก็จะถูกนำไปใช้ต่อไป การกรองแบบนี้หลายๆ ครั้ง พบว่าสามารถแยกของเสียได้ 90 เปอร์เซนต์ และใช้พื้นที่ไม่มากนัก.

ค. **Trickling filters** โดยอาศัยสภาพมีออกซิเจน ใช้การตกตะกอนโดยหินเล็กๆ กากแร่ ฯลฯ ขนาด 1-3 นิ้ว ทำการปล่อยของเหลว ฉีดพ่นขึ้นไปในอากาศโดยท่อทางยาวมีรูเล็กๆ รอบๆ ท่อน้ำนั้น ให้ไปกระทบหินเล็กๆ และกากแร่เหล่านั้น ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนเข้าไปในของเหลวด้วย บักเตรีต้องการอากาศก็นำไปใช้ได้ ถ้าทำดังนี้ 2 ครั้ง ทำให้เปอร์เซนต์ความสะอาดในของเหลวเพิ่มมากขึ้น.

ง. **Activated Sludge** เป็นการเพิ่มออกซิเจนในตม (Solid) เพื่อให้จุลินทรีย์พวกที่ต้องการออกซิเจนได้นำไปใช้ในการสลายอินทรีย์สาร โดยการใช้เครื่องกวนมูลให้อากาศเข้าไป แล้วทิ้งให้ตกตะกอนแยกของแข็งออกไป อาจนำไปผึ่งแดดหรือทำปุ๋ยก็ได้ ส่วนของเหลวก็ถ่ายพักไว้ให้ตกตะกอนอีกครั้ง ถ่ายของเหลวส่วนใสใส่คลอรีนฆ่าเชื้อโรค สามารถนำน้ำนั้นไปใช้ในฟาร์มได้อีก.

แนวทางการใช้ของเสียจากสุกรให้เป็นประโยชน์ มีแนวทางที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ได้แก่ :

(1) การใช้มูลสุกรเป็นอาหารสัตว์ มูลสุกรระยะรุ่น-ขุน เมื่อตากแดดแห้งแล้วจะมีโปรตีนโดยเฉลี่ยประมาณ 22 เปอร์เซนต์ (คันโท, 2522) ซึ่ง Diggs, Baker and James (1965) พบว่ามูลสุกรที่เลี้ยงบนพื้นคอนกรีต หลังจากผึ่งแดดแห้งแล้วบดให้ละเอียดสามารถใช้เป็นอาหารสุกรขุนได้ 15 เปอร์เซนต์ โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลงแต่อย่างใด การหมักมูลสุกรกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ในสภาวะขาดออกซิเจน (Anaerobic) เป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน เป็นการฆ่าเชื้อโรคและกำจัดกลิ่นในมูลสุกรได้วิธีหนึ่ง มูลสุกรหมักดังกล่าวสามารถใช้ทดแทนอาหารเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์ได้ 2/3 โดยไม่ทำให้สมรรถภาพสืบพันธุ์ของแม่สุกรเสียไป (Marrs, Campbell, Featgeratone and Noland, 1978).

จากการทดลองต่างๆ พอสรุปการนำมูลสุกรมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้

ว่าสามารถใช้ได้ในระดับ 10-30 เปอร์เซนต์ ในอาหาร การจะใช้มูลสุกรที่ระดับไหนขึ้นอยู่กับคุณค่าทางโภชนะของมูลสุกรนั้น.

Table 1. The level of pig feces in Animal Feed. [1]

Animals	The level of pig feces		Average feed intake per year (Kg.)
	percent	Kg.	
Dairy cattle	10	511	5110
Beef	30	1341	4380
Fattening cattle	20	510	2550
Growing cattle	15	329	2190
Gilt	25	228	913
Growing pig	15	110	730

[1] FAO Animal Production and Health Paper (1980)

(2) การใช้มูลสุกรในการเพาะหนอนแมลงวันเพื่อใช้เป็นอาหารสุกร

แมลงวันภายในฟาร์มก็เป็นปัญหาหนึ่งซึ่งเกิดควบคู่กับการเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะฟาร์มสุกรที่มีการกำจัดมูลสุกรไม่ดีพอ มูลสุกรเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และเป็นอาหารที่ดีที่สุดของแมลงวัน การเพาะหนอนแมลงวันจากมูลสุกรเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์จึงเป็นแนวทางในการกำจัดมูลสุกรและควบคุมจำนวนแมลงวันภายในฟาร์มควบคู่กันไป.

วนาสิทธิ์ชัยวัฒน์ และเสสกุล (2532) ได้แนะนำไว้ดังนี้คือ มูลสุกรควรเป็นมูลที่มีความชื้นสูง ใส่ในภาชนะละ 10 กก. เกลี่ยมูลสุกรให้ทั่วก้นภาชนะ มูลสุกรควรหนาประมาณ 2-3 นิ้ว นำไปตั้งทิ้งภายในโรงเรือนที่มีที่ว่าง ไม่ถูกแสงแดดหรือฝน เพราะจะทำให้มูลสุกรแห้งหรือแฉะเกินไป ใช้เวลาประมาณ 4 วัน จากนั้นนำมาแยกเอาเฉพาะหนอนแมลงวันออกจากมูล โดยนำภาชนะไปตั้งไว้กลางแจ้งให้ถูกแสงแดด หนอนแมลงวันจะชอนไชไปรวมกันที่ก้นภาชนะ แยกเอามูลสุกรชั้นบนออก นำหนอนแมลงวันที่แยกได้ไปล้างน้ำแล้วกรองด้วยตะแกรงไนล่อน ซึ่งปริมาณหนอนแมลงวันที่ได้จากมูลสด 10 กก. จะได้หนอนแมลงวันสด 1.89 กก. คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 0.47 กก. (มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 75 เปอร์เซนต์ วัตถุแห้งเฉลี่ย 25 เปอร์เซนต์) สำหรับองค์ประกอบทางโภชนะของหนอนแมลงวันป่นแห้งพบว่า มีความชื้น 8.5, โปรตีน 45.13, ไขมัน 14.52, เยื่อใย 5.9, และเถ้า 16.09 เปอร์เซนต์. นอกจากนี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนในหนอนแมลงวันแห้งป่น ยังมีอยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกับปลาป่น จึงน่าจะสามารถนำมาใช้ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้.

(3) การใช้มูลสุกรเลี้ยงปลา พารักษา (2531) ได้กล่าวถึงการนำมูลสุกรไปใช้ประโยชน์ ในการเป็นอาหารปลาคือ ปลาจะใช้ประโยชน์จากมูลสุกรได้ 3 ทางคือ :

ก. ใช้มูลสุกรเป็นอาหารปลาได้โดยตรง โดยปกติแล้วมูลสุกรเองเป็นอาหารปลาที่มีคุณภาพไม่ดีนัก แม้จะมีระดับไนโตรเจนอยู่สูงก็ตาม แต่ส่วนใหญ่มักจะมีไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนอยู่สูง ซึ่งปลาไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่.

ข. นำมูลสุกรสดมาใส่ภาชนะเพื่อให้เกิดหนอนแมลงวัน แล้วจึงนำหนอนสดรวมทั้งมูลไปเทใส่ในบ่อปลา จะทำให้ปลาได้รับอาหารที่มีคุณภาพดีขึ้น (วนาสิทธิ์ชัยวัฒน์ และเสสกุล, 2532).

ค. มูลสุกรถูกใช้ในการเจริญเติบโตของแพลงตอน (Plankton) และอาหารธรรมชาติในบ่อปลา ซึ่งเป็นอาหารของปลาอีกต่อหนึ่ง.

วิธีการต่างๆ ที่จะนำมูลสุกรไปใส่ในบ่อปลา ในกรณีที่ไม่ได้สร้างคอกสุกรบนบ่อปลา มี 3 วิธีคือ :

1. นำมูลสุกรแห้งหรือสดไปโปรยให้ทั่วบ่อ หรืออาจจะใส่ในน้ำหรือใส่ที่พื้นก้นบ่อเมื่อน้ำแห้ง

2. นำมูลสุกรไปละลายน้ำแล้วสาดให้ทั่วทั้งบ่อ

3. ล้างคอกสุกรให้น้ำชะล้างมูลลงไปในบ่อโดยตรงจุดเดียวก็ได้ การชะล้างมูลสุกรทุกวันหรืออย่างน้อย 5 ครั้งต่อสัปดาห์จะให้ผลดี เพราะมูลสดมีสารประกอบคาร์บอนสูง ช่วยในการผลิตอาหารธรรมชาติ.

ชนิดของปลาที่เหมาะสมที่จะใช้มูลสุกรเลี้ยงคือ ปลานิลและปลาสวาย ซึ่งสามารถทนต่อสภาพน้ำที่มีออกซิเจนต่ำได้ดี สำหรับในกรณีเลี้ยงสุกรบนบ่อปลานั้นสามารถเลี้ยงสุกร 100 ตัว บนพื้นที่ผิวหน้าของบ่อปลาขนาด 1 ไร่ แต่อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงจำนวนปลาไม่ควรหนาแน่นเกินไป การรักษาความสะอาดบ่อปลาเพื่อป้องกันค่า pH ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณโภชนะที่ปลาได้รับ ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องให้อาหารเสริมบ้าง เหล่านี้เป็นต้น.

(4) การใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ย ในการเกษตรมีการนำมูลสัตว์มาใช้เป็นปุ๋ยคอกสำหรับพืชนานแล้ว โดยเป็นการเพิ่มและปรับปรุงโครงสร้างของดิน ซึ่งจะมีส่วนในการเพิ่มผลผลิตให้แก่พืช ซึ่งอาจใช้ในรูปต่างๆ กัน เช่น มูลเหลวหรือมูลแข็งขึ้นอยู่กับการเก็บสะสมของมูลในฟาร์ม การใช้มูลเหลวในแง่แร่ธาตุที่พืชต้องการโดยเฉพาะไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ทันที เพราะมียูเรียเป็นส่วนประกอบสำคัญ จึงมีการใช้มูลเหลวในการฉีดพ่นซึ่งจะให้ผลผลิตมากกว่ามูลแข็งที่ไม่มียูเรีย มีวัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 5-15 เปอร์เซนต์ เท่านั้น การให้มูลเหลวส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีให้ทีละน้อย แต่ให้บ่อยครั้ง.

(5) การนำมูลสุกรมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และสารอินทรีย์ต่างๆ อันประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต,

เซลลูโลส, (Cellulose) และโปรตีน หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นพวกที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซผสมระหว่าง มีเทน (Methane) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon-dioxide), ไนโตรเจน (Nitrogen), คาร์บอนโมนอกไซด์ (Carbon monoxide), และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน แต่มีก๊าซมีเทนมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ของปริมาณก๊าซทั้งหมด ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพเป็นขบวนการหมักในสภาพขาดออกซิเจน ภายใต้อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การย่อยสารอินทรีย์ทำให้ขนาดเล็กลงด้วยขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ในช่วงแรกจะได้กรดอะมิโนและกรดไขมันซึ่งถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกรดอินทรีย์พวกกรดอะซิติก (Acetic acid) มากที่สุด และในช่วงสุดท้ายกรดอะซิติกจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดขบวนการหมัก มีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 35 °C, pH ประมาณ 6.5-7.2 การเกิดก๊าซจะใช้เวลาประมาณ 15-60 วันหลังจากนำมูลสุกรใส่ลงไป (พารักษา, 2531; เลาศรีรัตนชัย, 2531) สำหรับรูปแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนคือ บ่อเติมมูลหรือบ่อกักเก็บมูล, บ่อหมัก, และบ่อล้น โดยรูปแบบของบ่อหมักในปัจจุบันที่มีการสร้าง มี 2 แบบคือ :

1. แบบฟิกซ์ (Fixed dome) ซึ่งมีลักษณะทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บก๊าซมีลักษณะเป็นโดม (วนาสิทธิ์ชัยวัฒน์ และชมชัย, 2534).

2. แบบ Plug-flow-type บ่อก๊าซชีวภาพนี้นับเป็นต้นแบบของการพัฒนารูปแบบของบ่อก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่ ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อสามารถผลิตก๊าซให้ได้มากพอสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ลักษณะของบ่อหมักจะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมซึ่งต่างจากแบบแรก ด้านบนของบ่อใช้ผ้าพลาสติกที่เรียกว่า Red-Mud-Plastic คลุมตลอดความยาวของบ่อเพื่อใช้เป็นที่กักเก็บก๊าซ (Hohlfeld and Sasse, 1985; Sasse, Kellner and Kimaro, 1991).

อย่างไรก็ตามการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์จากมูลสุกร จะต้องมีการลงทุนในระยะแรกค่อนข้างสูง และยังไม่มีรายงานถึงผลตอบสนองกลับอย่างแน่ชัดว่าคุ้มค่าหรือไม่ นอกจากในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดใหญ่ซึ่งมีมูลสุกรจำนวนมาก ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการที่ดีพอก็จะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมได้ แม้ว่าจะนำมูลสุกรมาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพแต่มูลสุกรที่ผ่านการหมักแล้วยังคงอยู่ในสภาพของเหลวไหลออกมาทางบ่อล้น ซึ่งก็ต้องมีวิธีการต่างๆ ในการจัดการต่อไป.

สำหรับประโยชน์ของก๊าซชีวภาพนั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงความร้อนขับเครื่องยนต์เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ (ดังแสดงในรูปที่ 1.) ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรมีค่าความร้อนเทียบเท่าเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ 0.64 กก. เทียบเท่าก๊าซหุงต้ม 0.50 กก. เทียบเท่าน้ำมันก๊าด 0.75 กก. และเทียบเท่าการใช้ไฟฟ้า 40 วัตต์ นาน 8 ชั่วโมง (บุญช่วยดี, 2532).

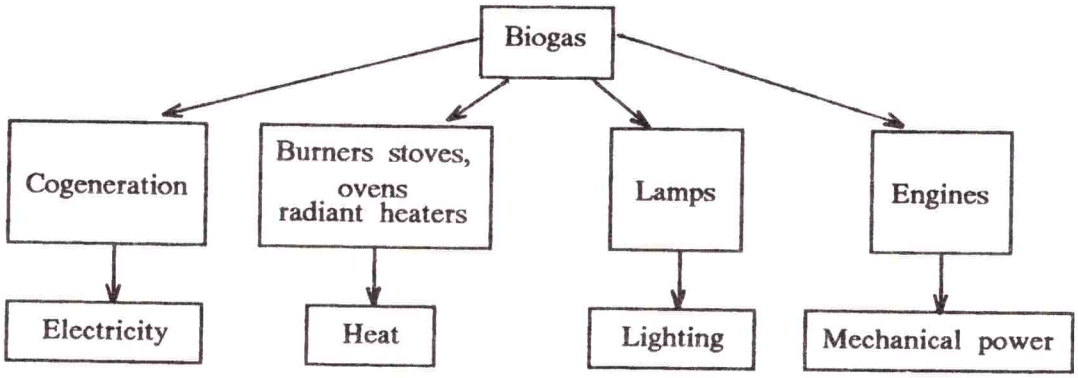

Figure 1. The utilization of biogas.

สรุป

วิธีการและแนวทางในการกำจัดของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร มี 3 แนวทางคือ :

1. ลดความเข้มข้นของปริมาณมลสารหรือของเสีย โดยทำการเก็บกวาดมูลสุกร และเศษอาหารที่ตกหล่นภายในคอกออกให้มากที่สุดก่อนทำความสะอาดคอกด้วยน้ำ.

2. น้ำทิ้งที่ระบายออกจากฟาร์มควรมีแหล่งระบายที่แน่นอน และดำเนินการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีที่เหมาะสม.

3. ของเสียที่ทำการเก็บรวบรวมควรจะมีแหล่งเก็บและกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม หรืออาจจะนำของเสียและน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ต่อกิจกรรมการเกษตรอื่นๆ เช่น นำมูลสุกรมาเป็นอาหารสัตว์, อาหารปลา, เป็นปุ๋ยสำหรับพืช นอกจากนี้ยังสามารถนำมาหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ แล้วนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในฟาร์มหรือในครัวเรือนได้อีกทางหนึ่ง.

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2533). สรุปผลการฝึกอบรมเกษตรกรเรื่องการกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร. ประจำปีงบประมาณ 2532-2533. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ. 23 น.

กรมปศุสัตว์. (2534). สรุปรายงานโครงการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกรบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ. 63 น.

คันไท, อุทัย. (2532). การใช้มูลสุกรเป็นอาหารสัตว์. สุกรสาส์น 61(16) : 21-25.

จันทร์สว่าง, สมชัย. (2530). การเลือกที่ขับถ่ายและที่หลับนอนของสุกร. สุกรสาส์น 53(14) : 40-42.

ไชยวงศ์เกียรติ, ศิพร้อม. (2535). การเลี้ยงหมูบนขี้เลื่อย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 59 น.

นิรนาม. (2533). ขั้นตอนการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ. สุกรสาส์น 66 (17) : 39-58.

บุญช่วยดี, ปราการ. (2532). การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ. สุกรสาส์น 59(15) : 43-45.

ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย. (2534). การเลี้ยงปศุสัตว์บนบ่อปลา. สุกรสาส์น 70(18) : 55-59.

พารักษา, นวลจันทร์. (2531). การใช้มูลสุกรผลิตกระแสไฟฟ้า. สุกรสาส์น 56(14) : 69-75.

พารักษา, นวลจันทร์. (2531). การใช้มูลสุกรเลี้ยงปลา. สุกรสาส์น 57(15) : 47-52.

เลาศรีรัตนชัย, อไนชา. (2530). การจัดการมูลสุกร. สุกรสาส์น 55(14) : 53-61.

วนาสิทธิชัยวัฒน์, วิโรจน์. (2534). แนวทางใหม่ในการลดกลิ่นและมูลสุกร. วารสารสัตวบาล 1(1) : 79-80.

วนาสิทธิชัยวัฒน์, วิโรจน์ และเสสกุล, มาลิน. (2532). การเพาะหนอนแมลงวัน. สุกรสาส์น 60(15) : 25-29.

วนาสิทธิชัยวัฒน์, วิโรจน์ และชมชัย, ศรีสุวรรณ. (2534). การผลิตกระแสไฟฟ้าจากมูลสุกร. วารสารสัตวบาล 1(1) : 27-36.

Diggs, B.G., Baker, Jr., B. and James, F.G. (1965). Value of pig feces in swine finishing rations. J. Anim. Sci. 24:291 (Abstract).

FAO. (1980). Animal waste management. Animal production and health paper.

Gebhardt, P.L. and Anderson, D.A. (1965). Microbiology of Nature and Sewage. In : Microbiology. C.V. Mosby Company. p. 215-239.

Hohlfeld, J. and Sasse, L. (1985). Production and Utilization of Biogas in Rural Areas of Industrialized and Developing Countries. Hoehl Druck, Germany.

Marrs, D.C., Campbell, D.R., Featgeratone, H.E. and Noland, P.R. (1977). Cited by Pond, W.G. and Maner, J.H. (1984). Swine Production and Nutrition. The AVI Publishing Company. Inc., Westport, Connecticut, p.426.

Polprasert, C. (1989). Organic Waste Recycling. John Wiley & Sons Ltd., New York.

Sasse, L., Kellner, C. and Kimaro, A. (1991). Improved Biogas Unit for Developing Countries. Lengericher Handelsdruckerei, Germany.

วารสารเกษตร 8(2) : 160-176 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 160-176 (1992)

การเพิ่มโปรตีนของมันสำปะหลัง โดยใช้น้ำกากผงชูรสเพื่อใช้เป็นอาหารโค

เทอดชัย เวียรศิลป์ [1] และ วิเชียร มหาวิจิตร์ [2]

ENRICHED PROTEIN CASSAVA BY GLUTAMIC MOTHER LIQUID IN CATTLE DIETS

Therdchai Vearasilp [1] and Vichien Mahavijid [2]

ABSTRACT : Sixteen male White Lumpun cattle were devided into 4 groups and fed mixed ground cassava chip and Glutamic Mother Liquid (GML) at ratio 2.0:1, 2.5:1, 3.0:1 and 3.5:1. The results indicated that the highest feed intake obtained from the cattle fed mixed ground cassava chip and GML at ratio 3.9:1. Thus, the ratio 3.5:1 was used to substitute maize at levels of 0, 50, 75 and 100% in concentrate diet. It was found that average daily gain were 794^{ab}, 865^{a}, 778^{ab} and 695^{b} g/d/h respectively. The cost of feed and cost per weight gain decreased as the level of mixed ground cassava and GML increased. There was no difference in carcass quality. Feed intake and cost per weight gain were lower in the cattle age less than 2.5 years old than those of the cattle age more than 2.5 years old but average daily weight gain and carcass quality were similar.

บทคัดย่อ : ใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 2:1, 2.5:1, 3.0:1 และ 3.5:1 เป็นอาหารข้นเลี้ยงโคขาวลำพูนจำนวน 16 ตัว ที่แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ปรากฏว่า โคทดลองกินมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 ได้สูงสุด (P<0.05) และใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 นี้ทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 0, 50, 75 และ 100% ปรากฏว่า มีการเจริญเติบโต $794^{ก ข}$, $865^{ก}$, $778^{กข}$ และ $695^{ข}$ กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และพบว่า ราคาอาหารข้น (บาท/กก.) และต้นทุนการผลิตต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นจะลดลงตามอัตราส่วนของการใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพดที่เพิ่มขึ้น โคทดลองทุกกลุ่มมีคุณภาพซากใกล้เคียงกัน โคที่มีอายุมากกว่า 2.5 ปี จะมีปริมาณการกินอาหารและต้นทุนการผลิตด้านอาหารสูงกว่าโคที่อายุน้อยกว่า 2.5 ปี (P < 0.01) แต่มีอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากใกล้เคียงกัน.

---

[1] ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.
[2] ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10903.
[1] Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.
[2] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10903.

คำนำ

มันสำปะหลัง *(Manihot esculenta)* เป็นแหล่งอาหารพลังงานที่ดีโดยมีแป้งอยู่สูงถึง 87.78 เปอร์เซนต์ แต่มีโปรตีนต่ำเพียง 3.11 เปอร์เซนต์ (สถาปนศิริ และคณะ, 2535) ซึ่งจากการที่มีโปรตีนต่ำนี้เป็นผลทำให้การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จำเป็นที่จะต้องมีการเสริมแหล่งโปรตีนอื่นให้พอเพียงกับความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดนั้นๆ โดยที่แหล่งของโปรตีนชนิดหนึ่งได้แก่ น้ำกากผงชูรสที่ได้จากการผลิตผงชูรส (Monosadium glutamate) ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลัก โดยนำมาหมักร่วมกับจุลินทรีย์แล้วผ่านกรรมวิธีต่างๆ จนได้ผงชูรสในขั้นสุดท้าย และให้น้ำกากผงชูรสที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวข้นมีสีน้ำตาลเป็นผลพลอยได้.

ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของกากผงชูรสได้แก่ โปรตีน ที่มีปริมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 24.4-30 เปอร์เซนต์ (คณานุรักษ์, 2530 และ Flores *et al.,* 1980 ตามลำดับ) จึงทำให้มีการนำกากผงชูรสไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น นำมาใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนเหลวสำหรับพืช (Chanchareonsook *et al.,* 1989) หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น ในอาหารไก่เนื้อ (Flores, *et al.,* 1980., Avante, *et. al.,* 1982, อักบัดอารี, 2535) ไก่ไข่ (Avante, *et al.,* 1980) และสุกร (Silverio, *et al.,* 1980, คณานุรักษ์, 2530, วิสิทธิ์พานิช, 2534) แต่จากการที่น้ำกากผงชูรสมีเกลือเป็นส่วนประกอบอยู่สูง และมีไนโตรเจนที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของโปรตีนรวมอยู่ด้วย จึงทำให้การใช้น้ำกากผงชูรสในอาหารสัตว์กระเพาะเดียวมีขีดจำกัด. ด้วยเหตุนี้เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับมันสำปะหลังที่มีจำนวนมากแล้ว การใช้น้ำกากผงชูรสเป็นแหล่งโปรตีนเสริมในมันสำปะหลัง จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษานี้กระทำที่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลอง ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ดังต่อไปนี้ :

การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ของโค.

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง : โคขาวลำพูนเพศผู้จำนวน 16 ตัว อายุเฉลี่ย 2 ปี โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 136 กก. จับสลากสุ่มโคออกเป็น 4 กลุ่ม ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) โดยให้โคได้รับอาหารทดลองตามตารางที่ 1 และให้แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำ.

อาหารทดลอง : มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วนต่างๆ กัน 4 กลุ่ม ตามตารางที่ 1 โดยมีกากน้ำตาล และแร่ธาตุรวมผสมอยู่ด้วย เพื่อเป็นแหล่งแร่ธาตุ และเพิ่มความน่ากิน ให้กับอาหารทดลองส่วนอาหารหยาบได้แก่ ฟางข้าวสับขนาด 10-16 นิ้ว เพื่อลดการสูญเสียอาหารเนื่องมาจากการตกหล่นบนพื้น อันเนื่องมาจากพฤติกรรมการกินอาหารหยาบของโคทดลอง และเพื่อลดความแปรปรวนอันเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอในด้านส่วนประกอบของโภชนะต่างๆ จากอาหารหยาบ.

การจัดการ : ก่อนที่จะนำโคเข้าสู่การทดลอง ทำการปรับสภาพโคทดลองให้เคยชินกับวิธีการทดลอง โดยนำโคทั้งหมดมาเลี้ยงในโรงเรือนทดลองในคอกทดลองชนิดคอกเดี่ยว ฉีดวัคซีนกำจัดพยาธิทั้งภายนอกและภายใน ให้อาหารข้นร่วมกับอาหารหยาบเป็นเวลา 45 วัน พร้อมทั้งให้ไวตามิน AD^3E โดยฉีดเข้าใต้ผิวหนัง ต่อจากนั้นให้โคได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 14 วัน เพื่อให้เคยชินกับอาหารทดลอง (Preliminary period) ก่อนที่จะเริ่มบันทึกข้อมูลปริมาณการกินอาหารแต่ละชนิดในแต่ละวัน (Daily feed intake) เป็นเวลา 56 วัน โดยให้อาหารหยาบพร้อมกับอาหารข้นเวลา 8:30 น.และ 14:30 น. ของทุกวัน โดยมีสัดส่วนของอาหารข้น 60 เปอร์-เซนต์ และอาหารหยาบ 40 เปอร์เซนต์ ของจำนวนอาหารทั้งหมด และให้โคได้รับอาหารทั้งหมดประมาณ 2.8 เปอร์เซนต์ วัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัวโคแต่ละตัว.

Table 1. Feed composition of mixed ground cassava chip and GML (Cassavi) at different ratio (fresh weight basis).

Items	Ground cassava chip : GML (Cassavi)			
	2:1	2.5:1	3:1	2.3:1
Mixed ground cassava chip-GML	96	96	96	96
Molasses	2	2	2	2
Mixed minerals	2	2	2	2

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ กันในการใช้เป็นอาหารขุนโคเนื้อ.

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง : หลังจากสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ทำการสุ่มโคทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่งจากโคทดลองชุดเดิม โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial Experiment in Completely Randomized Design ขนาด 4 x 2 ซึ่งมี 2 ปัจจัย ได้แก่ :

ปัจจัยที่ 1 : ระดับการใช้ส่วนผสมของมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในสัดส่วน 3.5:1 ทดแทนข้าวโพดบด 4 ระดับ คือ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซนต์.

ปัจจัยที่ 2 : ระดับอายุโคทดลองที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ โคทดลองอายุน้อยกว่า 2.5 ปี และมากกว่า 2.5 ปี.

ทำการสุ่มแบ่งโคทดลองออกเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 2 ตัว รวมทั้งหมด 16 ตัว.

อาหารทดลอง : ผลจากการทดลองที่ 1 ปรากฏว่ามันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 ที่มีค่าโปรตีนรวม 10.56 เปอร์เซนต์ เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาถึงปริมาณอาหารที่โคกินได้ในแต่ละวันและปริมาณโปรตีนรวมเปรียบเทียบกับข้าวโพดบด นำอัตราส่วนผสมดังกล่าวมาทดแทนข้าวโพดบดในการประกอบอาหารข้นสำหรับขุนโคทดลองตามตารางที่ 2.

Table 2. Feed composition of maize substituted by mixed ground cassava chip and GML at ratio 3.5:1 (cassavi 3.5) at different levels.

Items	100% Maize 0% Cassavi 3.5	50% Maize 50% Cassavi 3.5	25% Maize 75% Cassavi 3.5	0% Maize 100% Cassavi 3.5
Cassavi 3.5	-	41.5	62.75	83
Maize	83	41.5	20.75	-
Soybean meal	4	4	4	4
Peanut meal	8	8	8	8
Molasses	3	3	3	3
Mixed minerals	2	2	2	2
Total	100	100	100.5	100

การจัดการ : หลังจากทำการสุ่มโคทดลองแล้ว ทำการปรับสภาพโคทดลองทั้งหมดให้พร้อมสำหรับการทดลอง โดยฉีดไวตามิน AD_3E และให้อาหารข้นที่ประกอบไปด้วยมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 ข้าวโพด กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากน้ำตาล และแร่ธาตุผสม มีโปรตีนรวม 14 เปอร์เซนต์ เพื่อให้โคเคยชินกับอาหารทดลองที่มีส่วนประกอบดังกล่าวและมีสภาพร่างกายใกล้เคียงกันโดยให้โคทดลองได้รับอาหารข้นดังกล่าวเป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ในอัตราส่วน 1.68 เปอร์เซนต์ ต่อน้ำหนักตัว หลังจากนั้นให้อาหารทดลอง 4 สูตร ตามตารางที่ 2 ใน เวลา 8:30 น. และ 14:30 น. ร่วมกับฟางข้าวสับทุกวัน ในอัตราส่วนตามการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้เคยชินกับอาหารทดลองก่อนทำการบันทึกข้อมูลเป็นเวลา 196 วัน.

การทดลองที่ 3. ศึกษาคุณภาพซากของโคเนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ประกอบด้วยมันเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 ทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 2 โดยบันทึกข้อมูลลักษณะซาก และการตกแต่งซากแบบสากล (คันธพนิต, 2529) แต่เนื่องจากโคทดลองในกลุ่มที่ 3 และ 4 ถูกสุ่มออกไปเพื่อการทดลองพันธุ์กลุ่มละ 1 ตัว จึงทำให้การทดลองนี้เป็นแบบ 4 x 2 Factorial in Completely Randomized Design-Unequal Replication โดยมีโคทดลองทั้งหมด 14 ตัว.

การวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และวิเคราะห์ลำดับความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980).

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ของโค.

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีที่แสดงถึงส่วนประกอบของโภชนะต่างๆ ของมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วนต่างๆ กัน แสดงไว้ในตารางที่ 3.

Table 3. Chemical analysis of mixed ground cassava chip and GML (Cassavi) at different ratios, rice straw and GML (% DM).

Items	Ground cassava chip: GML (Cassavi)				Rice straw	GML[1/]
	2:1	2.5:1	3:1	3.5:1		
Dry matter[2/]	77.36	78.16	79.46	80.36	92.04	66.08
Organic matter	86.07	87.13	88.39	88.75	81.74	-
Crude protein	14.73	13.89	12.68	11.56	3.90	37.44*
Crude fiber	3.42	3.51	3.58	3.89	36.60	-
Ether extract	1.18	1.16	1.19	1.18	3.04	-
Ash	13.39	12.87	11.61	11.25	18.26	-
Nitrogen free extract	66.74	68.57	70.94	72.03	38.20	-
Salt	5.04	4.69	4.48	4.17	-	13.75
pH	5.8	5.8	5.8	6.0	-	5.83

1/ Ajinomoto (1989)
2/ Fresh weight
* Total N = 5.99%, Ammonia N = 2.29%, Amino acid N = 3.70%

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำกากผงชูรสที่มีโปรตีน 37.44 เปอร์เซนต์ (อายิโนะโมะโต๊ะ, 2532) ผสมกับมันสำปะหลังเส้นบดมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำกากผงชูรสที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากน้ำกากผงชูรสมีเกลืออยู่สูง จึงทำให้ปริมาณเกลือเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย.

ปริมาณการกินอาหารของโคทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4

Table 4. Feed intake (dry matter, % BW and nutrient composition) in mixed ground cassava chip and GML at different ratios (% DM).

Items	Ground cassava chip: GML (Cassavi)			
	2:1	2.5:1	3:1	3.5:1
Feed intake (kg/h/d)				
concentrate diet	1.85	2.00	2.00	2.38
rice straw	1.45	1.25	1.03	1.40
tatal feed	3.30	3.25	3.03	3.78
concentrate : rice straw (%)	54:46	59:41	64:36	59:41
Feed intake (as % BW)				
concentrate diet	1.28^{b}	1.35^{b}	1.42^{ab}	1.63^{a}
rice straw	1.00	0.84	0.72	0.96
total feed	2.28	2.19	2.14	2.59
Feed intake of organic matter (kg/h/d)				
concentrate diet	1.59	1.74	1.77	2.11
rice straw	1.19	1.03	0.84	1.15
total feed	2.78	2.77	2.61	3.26
Feed intake of protein (g/h/d)				
concentrate diet	271.77	277.45	253.60	275.73
rice straw	56.55	48.95	40.07	54.70
total feed	328.32	326.40	293.67	329.83
Feed intake of salt (g/h/d)	92.99	93.68	89.60	99.25

Values in the same row with different superscripts are different at $p<0.05$.

ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วนต่างๆ กัน ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์น้ำหนักตัวและอินทรีย์วัตถุจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำกากผงชูรสที่ลดลง และพบว่าปริมาณโปรตีนและ

เกลือ ที่กินได้ในแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกัน ชี้ให้เห็นชัดเจนว่าเกลือที่มีอยู่สูงถึง 13.75 เปอร์เซนต์ ในน้ำกากผงชูรสเป็นตัวควบคุมปริมาณการกินได้ของอาหารข้นในแต่ละวัน และเป็นเหตุทำให้อาหารข้นที่มีเกลือน้อย ได้แก่มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 ที่มีสัดส่วนของน้ำกากผงชูรสน้อยที่สุดในทุกกลุ่มที่มีค่าปริมาณการกินอาหารข้นสูงสุด ดังเช่นที่ Wilson (1966), Ternouth and Beattie (1971) และ Bergen (1972) รายงานว่าโคจะกินอาหารลดลงเมื่อมีเกลืออยู่ในอาหารในปริมาณที่สูงขึ้น.

ผลที่เกิดจากการที่โคกินเกลือมากเกินไปเข้าไปในร่างกาย จะเกิดจากโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ทำให้ค่า แรงดันออสโมซิส (Osmotic pressure) ภายในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ส่งผลทำให้แรงดันออสโมซิสของพลาสมาในระบบหมุนเวียนโลหิตมีค่าสูงด้วย (Ternouth, 1967) ก่อให้เกิดการเสียสมดุลของร่างกาย ทำให้ร่างกายจะต้องปรับตัวเองให้กลับเข้าสู่สภาวะสมดุลดังเดิม (Homeostasis) โดยลดการกินอาหารลงชั่วขณะจนกระทั่งค่าแรงดันออสโมซิสในกระเพาะรูเมนลดลง จึงจะสามารถกินอาหารเข้าไปได้อีก (Ternouth and Beattie, 1971) นอกจากนี้การที่ค่า แรงดันออสโมซิสสูงขึ้นนี้ ยังทำให้การขับหลั่งของน้ำลายลดน้อยลง (Tomas and Potter, 1975; Warner and Stacy, 1977) ซึ่งอาจมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน เนื่องจากน้ำลายมีคุณสมบัติเป็นตัว Buffer ดังนั้น ในกรณีที่ pH ภายในกระเพาะรูเมนมีแนวโน้มว่าจะลดต่ำลง และถ้าประกอบกับการผลิตน้ำลายมีน้อยด้วยแล้ว จะปรากฏว่า สภาพที่ภายในกระเพาะรูเมนมีค่า แรงดันออสโมซิสสูงมาก มักจะเกิดร่วมกับ Rumen acidosis (Ahrens, 1965).

ปริมาณการกินอาหารหยาบมีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าจะมีความแปรปรวนบ้างเล็กน้อย ซึ่ง Cardon (1953) รายงานว่า การใส่เกลือในระดับสูงจะไม่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารเยื่อใย และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณอาหารที่กินได้โดยรวมแล้ว ปรากฏว่า อัตราส่วนผสม 3.5:1 มีค่าสูงสุดด้วย นอกเหนือไปจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่มี pH 6 ซึ่งเป็นระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนแต่อย่างใด ทั้งนี้เนื่องจาก pH ภายในสภาพปกติของกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 5.5 - 7.0 (Stevens, 1988) และสภาวะอันตรายอยู่ในช่วง pH 4.0-4.5 (Hungate, 1966) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงโปรตีนที่มีอยู่ 11.56 เปอร์เซนต์ ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีนที่มีอยู่ในข้าวโพด และสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่มีค่า 55:41 แล้ว ก็ปรากฏว่าอยู่ในช่วงปกติ ดังนั้นจึงเห็นสมควรที่จะใช้อัตราส่วนผสมระหว่างมันสำปะหลังเส้นบดต่อน้ำกากผงชูรสที่มีค่า 3.5:1 นำไปใช้ทดแทนข้าวโพดบดในการทดลองที่ 2 ต่อไป.

การทดลองที่ 2 การใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ กันในการใช้เป็นอาหารขุนโคเนื้อ.

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 (Cassavi 3.5) ทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ กัน แสดงไว้ในตารางที่ 5.

Table 5. Chemical analysis of maize substituted by mixed ground cassava chip and GML at ratio 3.5:1 (Cassavi 3.5) at different levels (% DM).

Items	100% Maize	50% Maize 50% Cassavi 3.5	25% Maize 75% Cassavi 3.5	100% Cassavi 3.5
Dry matter [1/]	86.97	85.00	83.53	82.90
Organic matter	94.84	93.68	92.05	90.33
Crude protein	12.99	13.88	14.36	15.04
Crude fiber	3.86	4.41	4.68	4.83
Ether extract	4.42	2.94	2.12	1.81
Ash	5.16	6.32	7.95	9.67
Nitrogen free extract	73.57	72.45	70.89	68.55
Salt	1.04	1.87	2.67	3.44

1/ from fresh weight.

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าการที่มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสในอัตราส่วน 3.5:1 มีค่าโปรตีน 11.56 เปอร์เซนต์ ซึ่งสูงกว่าข้าวโพดบดที่มีโปรตีน 9.49 เปอร์เซนต์ ดังนั้นเปอร์เซนต์โปรตีนในอาหารทดลองจึงเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้นของมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสเช่นเดียวกันกับเปอร์เซนต์เกลือที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีแนวโน้มว่าจะมีผลต่อปริมาณการกินของอาหารข้นคิดตามเปอร์เซนต์น้ำหนักตัว (ตารางที่ 6) เช่นเดียวกันกับในการทดลองที่ 1 แต่เนื่องจากในการทดลองที่ 2 นี้ใช้อัตราส่วนระหว่างมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสที่ 3.5:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีเกลือน้อยที่สุด ดังนั้นปริมาณเกลือที่มีอยู่ในอาหารและปริมาณเกลือที่โคกินได้จากอาหารข้น จึงอยู่ในระดับที่ไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหารข้นที่ทำให้ปริมาณการกินอาหารข้นใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบในทุกกลุ่มการทดลอง เช่นเดียวกันกับปริมาณการกินอาหารหยาบ และอาหารโดยรวมทั้งหมดและอยู่ในระดับที่ปกติ.

Table 6. Feed intake (Dry matter, % BW and nutrient composition) in maize substitued by mixed ground cassava chip and GML at ratio 3.5:1 (Cassavi 3.5) at different levels (% DM) fed to the experimental cattles for 196 days.

Items	100% Maize	50% Maize 50% Cassavi 3.5	25% Maize 75% Cassavi 3.5	100% Cassavi 3.5
Feed intake of dry matter (kg/h/d)				
concentrate diets	3.66	3.70	3.42	3.23
rice straw	1.88	2.13	1.95	2.01
total feed	5.54	5.83	5.37	5.24
concentrate: rice straw (%)	66:34	63:37	64:36	62:38
Feed intake of % BW				
concentrate diets	1.47	1.42	1.43	1.36
rice straw	0.78	0.83	0.82	0.83
total feed	2.25	2.25	2.25	2.19
Feed intake of organic matter (kg/h/d)				
concentrate diets	3.47	3.46	3.15	2.92
rice straw	1.54	1.74	1.59	1.64
tatal feed	5.01	5.20	4.74	4.56
Feed intake of protein (g/h/d)				
concentrate diets	475.11	512.87	491.11	485.42
rice straw	73.13	82.88	76.05	78.20
total feed	548.24	595.74	567.16	563.61
Feed intake of salt	38.04^{a}	69.10^{b}	91.32^{c}	111.03^{d}

Values in the same row with different superscripts are different at $p < 0.05$.

อัตราการเจริญเติบโตที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 ปรากฏว่า โคทดลองทุกกลุ่มที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดมีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพด 50 เปอร์เซนต์ มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด และดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังบดผสมน้ำกากผงชูรสแต่เพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตาม โคทดลองในกลุ่มสุดท้ายก็มีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่มีข้าวโพด 100 และ 25 เปอร์เซนต์ ถึงแม้ว่าจะมีแนวโน้มว่าอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าก็ตาม.

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเจริญเติบโตร่วมกับปริมาณโภชนะที่โคได้รับจากอาหารข้น ในส่วนของโปรตีน, อินทรีย์วัตถุ, และแป้งแล้ว ปรากฏว่าปริมาณโปรตีนที่กินได้มีแนวโน้มสูงขึ้น

เล็กน้อยตามระดับการเพิ่มขึ้นของมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสที่อัตราส่วนที่มีโปรตีนสูงกว่าข้าวโพด ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุที่โคได้รับมีแนวโน้มว่าจะลดลงถ้าปริมาณมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากปริมาณเกลือที่มีอยู่ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว.

แต่เมื่อพิจารณาถึงโภชนะในส่วนของแป้ง พบว่า มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสอัตราส่วน 3.5:1 มีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 71.33 เปอร์เซนต์ และแป้งจากมันสำปะหลังมีการย่อยได้ภายในกระเพาะรูเมน 94 เปอร์เซนต์ (สถาปนศิริ และคณะ, 2533) ซึ่งสูงกว่าข้าวโพดที่มีแป้งอยู่ประมาณ 63 เปอร์เซนต์ และมีการย่อยได้ภายในกระเพาะรูเมน 56 เปอร์เซนต์เท่านั้น (เวียรศิลป์, 2530) ความแตกต่างกันในสิ่งเหล่านี้ที่เกิดจากแป้งจากพืชที่ต่างชนิดกัน จะมีผลต่อการนำเอาพลังงานจากพืชของแต่ละส่วนของทางเดินอาหารไปใช้ประโยชน์ต่างกันในร่างกายของสัตว์เคี้ยวเอื้องด้วย ในกรณีนี้ แป้งจากมันสำปะหลังเส้นบดที่มีการย่อยได้ดีภายในกระเพาะรูเมนจะให้กรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acid : VFA) สำหรับจุลินทรีย์และตัวสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ส่วนแป้งจากข้าวโพดที่มีการย่อยได้น้อยภายในกระเพาะรูเมน แต่มีแป้งเหลือเข้าไปถึงลำไส้เล็กได้มาก และถูกย่อยได้สูงถึง 29 เปอร์เซนต์ จะเป็นแหล่งพลังงานที่ดีสำหรับตัวสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายในรูปของกลูโคส (Glucose) โดยตรง นอกจากนี้การที่มีแป้งจากข้าวโพดเข้าไปถึงลำไส้เล็กนั้น โปรตีนในข้าวโพดบางส่วนที่อาจจะแทรกอยู่ในเม็ดแป้งในรูปของ Protein matrix ก็จะผ่านเข้าไปถึงลำไส้เล็กด้วย โดยเฉพาะโปรตีนจากข้าวโพดจะเรียงตัวเกาะกับเม็ดแป้งอย่างค่อนข้างจะเป็นระเบียบ (Rooney and Plugfelder, 1986).

ด้วยเหตุดังกล่าว โคทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพด 50 เปอร์เซนต์ อาจจะได้รับแป้งจากข้าวโพดและมันสำปะหลังในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ให้ดีที่สุด จึงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่ได้รับเฉพาะแป้งจากมันสำปะหลังแต่เพียงอย่างเดียว ดังที่ปรากฏในตารางที่ 7.

และอาจจะกล่าวได้อีกว่า การให้โคได้รับอาหารข้นที่มีเฉพาะข้าวโพดแต่เพียงอย่างเดียวหรือได้รับเพียง 25 เปอร์เซนต์ จะให้ผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างทางสถิติจากการใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสแต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีแป้งจากข้าวโพดร่วมอยู่ด้วย โดยทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากสัดส่วนของแป้งจากพืชทั้งสองชนิดที่ไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ดังเช่น ในการใช้แป้งจากมันสำปะหลังทดแทนแป้งจากข้าวโพด 50 เปอร์เซนต์.

Table 7. Average daily gain, feed efficiency ratio and cost per gain in maize substituted by mixed ground cassava chip and GML at ratio 3.5:1 (Cassavi 3.5) at different levels fed to the experimental cattles for 196 days.

Items	100% Maize	50% Maize 50% Cassavi 3.5	25% Maize 75% Cassavi 3.5	100% Cassavi 3.5
Initial weight (kg)	170.00	171.00	161.25	168.25
Finishing weight (kg)	325.63	340.63	313.88	304.50
Average daily gain (kg/h/d)	0.794[ab]	0.865[a]	0.778[ab]	0.695[b]
Feed efficiency ratio				
concentrate diet	4.62	4.27	4.39	4.71
total feed	7.00	6.72	6.88	7.64
Price (Baht/kg)[1/]				
concentrate diets	4.12	3.36	3.39	3.15
rice straw	0.69	0.69	0.69	0.69
Cost per gain (baht/kg)				
concentrate diets	19.02[a]	15.49[b]	14.88[b]	14.84[b]
total feed	20.61[c]	17.18[d]	16.61[d]	16.13[d]

Values in the same row with different superscripts are different at $p < 0.05$ (a, b) and $p < 0.01$ (c, d).

1/ feeding price of feedstuff at Ampour Muang, Chiang Mai province (2 November 1990 - 19 May 1991).

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตในด้านราคาอาหารข้น (บาท/กก.) และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นแล้ว ก็พบว่า การใช้มันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพดจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดต่ำลง ($P < 0.01$) เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วมันสำปะหลังจะมีราคาต่ำกว่าข้าวโพด และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตและการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ของข้าวโพดและมันสำปะหลังแล้ว ก็จะพบว่า ในส่วนของข้าวโพดนั้นสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด ทั้งสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง และในปัจจุบันนี้ก็นิยมนำไปแปรรูปใช้เป็นอาหารว่างสำหรับมนุษย์ตามวัฒนธรรมการบริโภคที่กำลังเปลี่ยนไปด้วย ทำให้ความต้องการข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้ราคาเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ในส่วนของมันสำปะหลังนั้น การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวมีขอบเขตจำกัด เนื่องจากการมี Cyanogenic glucoside เป็นส่วนประกอบ การนำไปใช้เป็นอาหารมนุษย์ก็มีอยู่น้อย นอกจากนี้การส่งมันสำปะหลังเป็นสินค้าออก ก็มีแนวโน้มว่าจะถูกจำกัดในอนาคต ดังนั้น การนำเอามันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องร่วมกับแหล่งโปรตีนอื่น จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่จะนำมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น.

การทดลองที่ 3. คุณภาพซาก

จากตารางที่ 8 ปรากฏว่า ซากของโคที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรส ในอัตราส่วน 3.5:1 ทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ กัน มีคุณภาพซากที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการขุนโคเป็นระยะเวลา 196 วัน ด้วยมันสำปะหลังเส้นบดผสมน้ำกากผงชูรสทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ กัน หรือการให้อาหารที่มีแหล่งของแป้งจากพืชต่างชนิดกัน ไม่มีผลต่อคุณภาพซากแต่ประการใด.

การเปรียบเทียบระดับอายุที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์จากอาหารทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบอายุโคทดลองที่ต่างกัน 2 ระดับ คือ อายุที่น้อยกว่า 2.5 ปี และอายุที่มากกว่า 2.5 ปี ในส่วนของปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก แสดงไว้ในตารางที่ 9, 10 และ 11 ตามลำดับ ซึ่งผลปรากฏว่าเกลือที่มีอยู่ในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกินได้ของอาหารข้น ดังที่ปรากฏในการทดลองที่ 2 และ 3 และโคที่มีอายุมากจะกินเกลือได้มากกว่าโคที่อายุน้อย ($P < 0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าสัตว์ที่อายุมากมีความทนทาน (Tolerant) ต่ออิทธิพลจากเกลือสูงกว่าสัตว์ที่อายุน้อยกว่า (Greogievshii, 1982) ส่งผลทำให้โคอายุมากกว่ากินอาหารข้นและอาหารหยาบได้มากกว่า ($P < 0.05$) ทั้งปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน และต่อเปอร์เซนต์น้ำหนักตัว ส่งผลทำให้ได้รับโภชนะมากกว่าด้วย.

ในส่วนของระดับอายุที่ต่างกันที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตนั้น จะเห็นได้ว่าทั้งสองระดับอายุมีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าโคที่อายุมากกว่าจะกินอาหารได้มากกว่าก็ตาม เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคที่อายุน้อยกว่ามีแนวโน้มที่ดีกว่า ทั้งนี้อาจจะเกิดจากโคที่อายุมากหรือโคที่โตเต็มที่แล้วมีการสะสมไขมันมากกว่าโคที่อายุน้อย อัตราการเจริญเติบโตจึงช้ากว่าโคที่อายุน้อยทั้งนี้รวมถึง อัตราการเจริญเติบโตในช่วงปลายของการขุนโคหรือในช่วงที่โคขุนมีน้ำหนักมากด้วย (ศรีจันทร์, 2530; Rindenour *et al.*, 1982) เป็นผลทำให้ต้นทุนการผลิตในด้านค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของโคที่อายุมากสูงกว่าโคที่อายุน้อย ($P < 0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพซากที่ใกล้เคียงกันแล้ว (ตารางที่ 11) จึงอาจกล่าวได้ว่าระดับอายุที่เหมาะสมในการขุนโคเนื้อไม่ควรจะใช้โคที่มีอายุเกินกว่า 2.5 ปี ซึ่งจะให้ผลตอบแทนต่ำกว่าการขุนโคที่มีอายุต่ำกว่า 2.5 ปี.

Toble 8. Carcass yields and whole sale cuts in maize substituted by mixed ground cassava chip and GML at ratio 3.5:1 (Cassavi 3.5) at different levels.

Items	100% Maize	50% Maize 50% Cassavi 3.5	25% Maize 75% Cassavi 3.5	100% Cassavi 3.5
Live weight (kg)	313.12	329.12	315.67	301.33
Hot carcass weight	184.75	197.78	186.00	175.67
Chill carcass weight	179.20	191.82	180.43	170.40
Dressing precentage	57.19	58.22	57.14	55.25
Loin eye area (cm^2)	55.81	66.75	63.74	53.08
Back fat thickness (inch)	0.16	0.19	0.15	0.20
Fore quarter (percent)				
chuck	22.96	24.69	22.37	24.96
rib	6.22	7.15	6.60	6.76
plate	7.59	7.13	7.71	7.17
brisket	6.88	5.83	6.67	5.84
fore shank	6.68[a]	5.48[b]	6.93[a]	6.86[a]
Hind quarter (percent)				
round	23.02	23.44	23.29	21.34
short loin	5.75	5.74	5.92	5.98
sirloin	5.88	5.83	5.74	5.94
flank	4.57	4.55	5.02	4.35
kidney fat	5.02	4.46	4.32	5.16
Four primal cut (%) 1/	63.83	66.85	63.92	64.98
Rough cut (%) 2/	30.73	27.44	30.65	29.37

1/ Four primal cut = chuck + rib + round + loin
2/ Rough cut = plate + brisket + fore shank + flank + kidney fat

Table 9. Feed intake (Dry matter, % BW and nutrient composition) in different age groups (less and more than 2.5 years, % DM).

Items	Age	
	Less than 2.5 years	More than 2.5 years
Feed intake of dry matter (kg/h/d)		
concentrate diets	3.31[b]	3.69[a]
rice straw	1.83	2.15
total feed	5.14[b]	5.84[a]
Feed intake of % BW		
concentrate diets	1.39	1.44
rice straw	0.78	0.85
total feed	2.17[b]	2.29[a]
Feed intake of organic matter (kg/h/d)		
concentrate diet	3.07	3.43
rice straw	1.50	1.76
total feed	4.57[b]	5.19[a]
Feed intake of protein (g/h/d)		
concentrate diets	464.09[b]	518.17[a]
rice straw	71.42	83.70
total feed	535.51[b]	601.87[a]
Feed intake of salt (g/h/d)	72.83[b]	81.91[a]

Values in the same row with different superscript are different at $p < 0.05$.

Table 10. Average daily gain, feed efficiency ratio and cost per gain in different age groups (less and more than 2.5 years).

Items	Age	
	Less than 2.5 years	More than 2.5 years
Initial weight (kg)	160.63	174.63
Finishing weight (kg)	313.56	328.69
Weight gain (kg)	152.94	154.13
Average daily gain (kg/h/d)	0.780	0.786
Feed efficiency ratio		
concentrate diet	4.24	4.76
total feed	6.58	7.54
Cost per gain (Baht/kg)		
concentrate diet	15.15	16.96
total feed	16.75[b]	18.49[a]

Values in the same row with different superscript are different at $p < 0.05$.

Table 11. Carcass yield and whole sale cut in different aged groups (less and more than 2.5 years) based on National Livestock and Meat Board.

Items	Age	
	Less than 2.5 years	More than 2.5 years
Live weight (kg)	309.22	320.06
Hot carcass weight (kg)	181.83	190.51
Chill carcass weight (kg)	176.37	184.80
Dressing percentage	56.20	57.70
Loin eye area (cm2)	59.63	60.63
Back fat thickness (inch)	0.17	0.18
Fore quarter (%)		
chuck	23.83	23.70
rib	6.61	6.74
plate	7.29	7.47
brisket	6.15	6.43
fore shank	6.11	6.67
Hind quarter (%)		
round	23.49	22.35
short loin	5.74	5.90
sirloin	5.99	5.74
flank	4.62	4.60
kidney fat	4.59	4.85
Four primal cut (%) 1/	65.66	64.43
Rough cut (%) 2/	28.77	30.02

1/ Four primal cut = chuck + rib + round + loin
2/ Rough cut = plate + brisket + fore shank + flank + kidney fat

สรุปผลการทดลอง

น้ำกากผงชูรสที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตผงชูรสสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้โดยผสมกับมันสำปะหลังเส้นบดที่มีแป้งอยู่ในปริมาณที่สูงแต่มีโปรตีนต่ำ โดยใช้อัตราส่วนผสม 3.5:1 จะมีส่วนประกอบของโภชนะที่สำคัญได้แก่แป้ง และโปรตีน ใกล้เคียงกับข้าวโพด ทำให้สามารถใช้ทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นสำหรับการขุนโคได้ และโดยที่แป้งจากมันสำปะหลังและข้าวโพดจะให้ประโยชน์เป็นแหล่งของพลังงานที่ดีในส่วนของกระเพาะรูเมน และลำไส้เล็ก ตามลำดับ การใช้ข้าวโพด และมันสำปะหลังร่วมกันจึงเป็นการจัดสัดส่วนของแป้งจากพืชต่างชนิดกัน โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเอาพลังงานไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุดในแต่ละส่วนของทางเดินอาหาร

เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด นอกจากนี้ยังปรากฏว่า การขุนโคที่อายุต่ำกว่า 2.5 ปี จะให้ผลตอบแทนสูงกว่าการขุนโคที่อายุเกินกว่า 2.5 ปี.

กิติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อโครงการอาหารสัตว์ไทย-เยอรมัน และบริษัทอายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้กรุณาสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสิ้นลงด้วยดี.

เอกสารอ้างอิง

คณานุรักษ์, ภาสกร. (2530). ศึกษาผลการเติมน้ำกากผงชูรส (FML) ในอาหารสุกรรุ่นและสุกรขุน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 20:163-270.

คันธพนิต, ชัยณรงค์. (2529). วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ. 276 น.

วิสิทธิ์พานิช, ธีระ. (2534). การศึกษาผลของใช้น้ำกากผงชูรสเสริมในอาหารสุกรรุ่น-ขุน. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 19 น.

เวียรศิลป์, เทอดชัย. (2530). ปริมาณและอัตราการย่อยได้ของแป้งข้าวโพดในวัวนมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดในส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหารของวัวนม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 3(1):1-18.

ศรีจันทร์, สมบัติ. (2530). อิทธิพลของพันธุ์ไก่ อายุไก่ และชนิดอาหารหยาบในการเลี้ยงไก่ขุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาปนศิริ, เกรียงศักดิ์., เวียรศิลป์, เทอดชัย., และวัชรพุกก์, ชาญวิทย์. (2533). การย่อยได้ของแป้งจากมันสำปะหลังเส้น ข้าวเปลือกเจ้าบด และปลายข้าวเจ้า ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของวัวนม วารสารเกษตร 6(4): 265-280.

อายิโนะโมะโต๊ะ (2532). รายงานผลการวิเคราะห์น้ำกากผงชูรส. เอกสารไรเนียว.

อักบัดอารี, พินิจ. (2533). การใช้มันสำปะหลังผสมกากผงชูรส (Ami-Ami) เป็นแหล่งพลังงานในไก่เนื้อ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Ahrens, F.W. (1965). Histamine, lactic acid and hypertonicity as factors in the developement of rumenitis, pp. 612-625. Cited by G. Dirkson. Acidosis. Oriel Press, Newcastle.

Avante, D.C., Yoshihara, H., Peralta, N.E., Cayton, R.V., Escanolor, N.B. and Sison, J.A. (1982). A study on the effects of Fermented Mother Liquid as a substitute of soybean meal with and without L-lysine and DL-methionine supplementation in broiler ration. Philipp. J. Anim. Ind. 37:52-61.

Avante, D.C., Flores, W.P., Soyama, S., Sison, J.A., Dumag, P.U. and de Leon, F.F. (1980). A preliminary study on the effects of Fermented Mother Liquid (FML) as a partial substitute for cane molasses in layer ration. Philipp. J. Anim. Ind. 35:28-35.

Bergen, W.G. (1972). Rumen osmotality as a factor in feed intake control of sheep. J. Anim. Sci. 34 :1054.

Cardon, B.P. (1953). Influence of a high salt intake on cellulose digestion. J. Anim. Sci. 12:536.

Chanchareonsook, J., Sangborisut, P. and Vacharotayan, S. (1989). Utilization of waste materials from Monosadium Glutamate Factory as source of nitrogen for Paddy in Acid Sulfate Soil. Kasetsart J. 23:93-97.

Flores, W.P., Avante, D.C., Soyama, S., Sison, J.A. and Dumag, P.U. (1980). A preliminary study on the effects of Fermented Mother Liquid (FML) as a substitute for cane molasses in broiler ration. Philipp. J. Anim. Ind. 35:20-27.

Georgievshii, V.I. (1982). The physiological role of macroelements, pp. 147-157. In : V.F. Georgievshii, B. N. Annenkov and V. T. Samokhin (eds.). Butterworth, London.

Hungate, R.E. (1966). The Rumen and Its Microbes. Academic Press, New York. 533 p.

Ridenour, K.W., Kiesling, H.E., Lofgreen, G.P. and Stiffler, D.M. (1982). Feedlot performance and carcass characteristics of beef steers grown and finished under different nutrition and management programs. J. Anim. Sci. 54:1115-1119.

Rooney, L.W., and Pflugfelder, R.L. (1986). Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci.63:1607-1623.

Silverio, V.G., Soyama, S., Baoy, G.T., Aleantara, J. and Agpaoa, E.V. (1980). A study on the effects of Fermented Mother Liquid as subsitute of cane molasses on the performance of growing-finishing pigs. Philipp. J. Anim. Ind. 35:36-49.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). Principle and procedures of Statistics. McGraw-Hill Co., New York. 197 p.

Stevens, C.E. (1988). Comparative physiology of the vetebrate digestive system. Cambridge University Press, New York. 300 p.

Ternouth, J.H. (1967). A factor limiting the ruminant's voluntary consumption of silage. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 33:263.

Ternouth, J.H. and Beattie, A.W. (1971). Studies of the food intake of sheep at a single meal. Br. J. Nutr. 25:153.

Tomas, F.M. and Potter, B.J. (1957). Influence of saline drinking water on the flow and mineral composition of saliva and rumen fluid of sheep. Aust J. Agric. Res. 26:585.

Warner, A.C.I. and Stacy, B.D. (1977). Influence of ruminal and plasma osmotic pressure on salivary secretion in sheep. Q. J. Exp. Physiol. 62:133.

Wilson, A.D. (1966). The tolerance of sheep to sodium in food or drinking water. Aust. J. Agric. Res. 17:503.

วารสารเกษตร 8(2) : 177-187 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 177-187 (1992)

การเก็บรักษาช่อดอกแกลดิโอลัสโดยใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้สารละลายเคมี

โสระยา ร่วมรังษี [1], ฉันทนา สุวรรณธาดา [2] และ พิศิษฐ์ วรอุไร [2]

PULSING AND STORAGE OF GLADIOLUS SPIKES

Soraya Ruamrungsri [1], Chuntana Suwanthada [2] and Pisit voraurai [2]

ABSTRACT : Pulsed gladiolus spikes of 2 pulsing formulations containing 150 or 200 ppm of 8-hydroxyquinoline sulfate, 30 or 50 ppm of silver nitrate, 10% or 20% sucrose and 300 ppm of aluminium sulfate, for 24 hours were dry stored at 5, 10, 15 and approximately 26 °C (room temperature) for 3-15 days. The spikes were sampled for keeping quality evaluation every 3 days after storage. It revealed that pulsing improved keeping quality of the spikes and prolonged storage of the spikes for a certain period of time. 5 °C dry storage could effectively hold cut gladiolus spikes with least damage and good keeping quality throughout 15 days of storage, while 10 °C and 15 °C dry storage failed to prolong spike deterioration after 3 days of storage. Controlled spikes (stores at room temperature) wilted on the first day of evaluation.

บทคัดย่อ : การเก็บรักษาช่อดอกแกลดิโอลัสแบบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ คือ 5°, 10°, 15°C และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 26°C) ร่วมกับการแช่ก้านช่อดอกในสารละลายเคมี 2 สูตร เป็นเวลา 24 ชม. ก่อนการเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ โดยมีองค์ประกอบของสารเคมีที่มีความเข้มข้นต่างกัน ตามลำดับคือ 8-ไฮดรอกซิควิโนลินซัลเฟต 150 และ 250 สตล. (ส่วนต่อล้านส่วน) ซิลเวอร์ไนเตรท 30 และ 50 สตล. น้ำตาลซูโครส 10% และ 20% อลูมิเนียมซัลเฟต 300 สตล. ทั้ง 2 สูตร เก็บรักษาช่อดอกในตู้ควบคุมอุณหภูมินาน 15 ชม. ทดสอบคุณภาพหลังการเก็บรักษาทุกๆ 3 วัน พบว่าการใช้สารละลายเคมีทั้ง 2 สูตรจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ชะลอการเสื่อมคุณภาพของดอกได้ในช่วงเวลาหนึ่ง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ให้ผลดีที่สุด สามารถเก็บรักษาช่อดอกและชะลอการเสื่อมสภาพตลอดช่วงการเก็บรักษานาน 15 วัน โดยไม่เกิดการเน่าเสียของดอกย่อย และยังช่วยรักษาสีของดอก ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10° และ 15°C จะไม่ได้ผลในการชะลอการเสื่อมคุณภาพถ้าทำการเก็บรักษาไว้ยาวนานกว่า 3 วัน ส่วนช่อดอกที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 26°C) จะหมดสภาพการใช้งานในวันแรกของการทดสอบคุณภาพ.

---

[1] ศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่ 50002.

[1] H.M. The King's Initiative Centre for Flower and Fruit Propagation, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

[2] ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จ.เชียงใหม่ 50002.

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

คำนำ

ความไม่แน่นอนในการผลิตดอกไม้เป็นการค้าสิ่งหนึ่งคือ การออกดอกไม่ตรงตามที่ผู้ปลูกได้วางแผนการตลาดไว้ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศหรือปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ทำให้ผู้ปลูกต้องมีภาระในการระบายดอกไม้ที่จำเป็นจะต้องตัดจากต้นออกสู่ตลาด แม้ว่าจะเสียเปรียบในเรื่องการต่อรองราคาของดอกไม้เหล่านั้นก็ตาม ความเป็นไปได้ในการรักษาดอกไม้ที่ตัดมาจากต้นและเพื่อรอการจำหน่ายจะช่วยแบ่งเบาภาระดังกล่าวของผู้ปลูกได้ ทั้งนี้ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในต่างประเทศถึงการเก็บรักษาดอกไม้สดในห้องเย็น และพบว่าดอกไม้สดหลายชนิดสามารถเก็บรักษาได้หลายวันในห้องเย็นโดยสูญเสียคุณภาพหลังตัดดอกเพียงเล็กน้อย ในประเทศไทยมีการศึกษาบ้างในด้านนี้ก็เฉพาะแต่ดอกไม้บางชนิดที่ผลิตเพื่อส่งออกเท่านั้น และมีการปฏิบัติกันเฉพาะในวงแคบ.

แกลดิโอลัสเป็นดอกไม้ที่นับวันจะมีการผลิตและการใช้ประโยชน์กว้างขวางขึ้นเรื่อยๆ จึงน่าจะมีการศึกษาในด้านการเก็บรักษาช่อดอกบ้าง เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการปฏิบัติต่อไปสำหรับผู้ปลูกโดยทั่วไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ใช้ช่อดอกแกลดิโอลัสที่มีดอกย่อย 5-7 ดอกต่อช่อ ตัดดอกในระยะที่ดอกตูมเห็นสีชัดเจนจากแปลงปลูกของศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ กิ่งอำเภอเขาค้อ, อ.เมือง, จ.เพชรบูรณ์ เมื่อตัดช่อดอกแล้วนำมาแช่ในสารละลายเคมี 2 สูตร คือ :

สูตรที่ 1. ประกอบด้วย ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) ความเข้มข้น 50 สตล.(ส่วนต่อล้านส่วน) 8-ไฮดรอกซิควิโนลินซัลเฟต (8-HQS) ความเข้มข้น 250 สตล. อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ความเข้มข้น 300 สตล. และน้ำตาลซูโครส 20%.

สูตรที่ 2. ประกอบด้วยซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) ความเข้มข้น 30 สตล. 8-ไฮดรอกซิควิโนลินซัลเฟต (8-HQS) ความเข้มข้น 150 สตล. อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ความเข้มข้น 300 สตล. และน้ำตาลซูโครส 10%.

แช่ก้านช่อดอกให้ปลายก้านจุ่มในสารละลายเคมีลึก 15 ซม. แช่นาน 24 ชม. ส่วนกรรมวิธีควบคุมนั้นแช่ในน้ำกลั่น เมื่อครบกำหนดแล้วทำการเข้ากำและห่อช่อดอกด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ บรรจุลงกล่องกระดาษขนส่งมายังภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ทางรถยนต์ ใช้เวลาขนส่งประมาณ 11 ชม. เมื่อถึงปลายทาง นำช่อดอกเข้าเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3

ระดับ คือ 5 °C, 10 °C และ 15 °C ส่วนกรรมวิธีควบคุมเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 26 °C).

นำช่อดอกจากทุกกรรมวิธีออกมาทดสอบคุณภาพทุกๆ 3 วัน โดยนำออกมาปักในขวดแก้วบรรจุน้ำประปา โดยมีช่วงเวลาเก็บรักษาจนถึงวันสุดท้ายเป็นเวลานาน 15 วัน.

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial จำนวน 2 x 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ใช้หน่วยการทดลอง 3 ช่อดอกต่อซ้ำ.

บันทึกผลการทดลอง : ทำการประเมินคุณภาพหลังการเก็บรักษาของช่อดอก จากลักษณะต่างๆ ต่อไปนี้ :

1. ขนาดของดอกบานโดยประเมินจากเส้นผ่าศูนย์กลางดอกที่ 3 นับจากโคนช่อ โดยวัดในสภาพดอกบานที่ทรงรูปปกติ.
2. จำนวนดอกตูมที่บานเพิ่มขึ้นในแต่ละช่อดอกทุกวัน.
3. การเปลี่ยนแปลงสีของดอกบาน.
4. อายุการปักแจกัน โดยนับจำนวนวันตั้งแต่เริ่มปักแจกัน จนถึงวันหมดอายุการปักแจกัน คือวันที่ดอกบานแสดงอาการเหี่ยว ประมาณ 50% ของจำนวนดอกบานทั้งหมดในช่อ.

ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิ

หลังจากเก็บรักษาช่อดอกเป็นเวลา 3 วัน ช่อดอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C ให้จำนวนดอกบานสะสมน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 10 °C และที่อุณหภูมิห้อง แต่เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นอุณหภูมิ 5 °C จะให้ช่อดอกที่มีจำนวนดอกบานสะสมสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ จนกระทั่งถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปคือ 10 °C และ 15 °C จะเริ่มแสดงความแตกต่างหลังจากเก็บรักษานาน 9 วันขึ้นไป ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีจำนวนดอกบานต่อช่อในจำนวนที่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นในระยะเวลาที่เก็บรักษานาน 3 วัน หลังจากนั้นจะมีจำนวนดอกบานต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C มีแนวโน้มทำให้ดอกบานบนช่อในเวลาเดียวกันเมื่อทำการบันทึกหลังปักแจกันในวันที่ 1 (ตารางที่ 2) และวันที่ 2 (ตารางที่ 3) มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น แม้ว่าจะเก็บไว้นานถึง 15 วันก็ตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นจะทำให้จำนวนดอกที่บานบนช่อในเวลาเดียวกันลดลงตามลำดับไม่ว่าจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิใด.

Table 1. Average numbers of total opened-florets per spike.

Storage temperature	Days in storage 3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	4.53[b]	5.29[a]	6.08[a]	5.94[a]	4.78[a]
10 °C	5.18[a]	4.66[b]	5.36[b]	5.09[b]	4.67[a]
15 °C	4.65[ab]	4.71[b]	4.58[c]	3.19[c]	-[2]
Room temperature	5.00[a]	3.22[c]	-[2]	-[2]	-[2]

1 Means seperation by Least Significant Diference (LSD.), 5%
2 Spikes rotted
Mean within column with different superscript are significantly different (P < .05)

Table 2. Means of opened-florets per spike at 1 day in vases.

Storage temperature	Days in storage 3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	1.91[b]	2.40[a]	2.12[a]	1.95[a]	1.66[a]
10 °C	2.62[a]	2.13[b]	1.78[b]	1.26[b]	0.73[b]
15 °C	2.31[a]	1.97[b]	1.00[c]	0.49[c]	-[2]
Room temperature	2.47[a]	0.89[c]	-[2]	-[2]	-[2]

1 Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5%
2 Spikes rotted
Mean within column with different superscript are significantly different (P < .05)

Table 3. Average number of opened-florets per spike, 2 days in vases.

Storage temperature	Days in storage 3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	2.34[a]	2.59[a]	2.28[a]	1.53[a]	0.68[a]
10 °C	2.25[ab]	1.49[b]	1.04[b]	0.72[b]	0.31[b]
15 °C	2.04[b]	1.22[c]	0.16[c]	0.02[c]	-[2]
Room temperature	1.69[c]	0.00[d3]	-[2]	-[2]	-[2]

1 Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5%
2 Spikes rotted
3 Spikes with unopened florets
Mean within column with different superscript are significantly different (P < .05)

การเก็บช่อดอกที่อุณหภูมิ 10 °C และ 15 °C มีเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.) ของดอกที่บานใหญ่กว่าการเก็บรักษาที่ 5 °C และที่อุณหภูมิห้องในช่วงเวลาเก็บรักษานาน 3-9 วัน แต่เมื่อเก็บไว้นานกว่า 15 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่ 5 °C เท่านั้นที่ยังคงสามารถวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์-กลางของดอกตามวิธีการที่กำหนดได้ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ดอกเน่าเสียหายไปในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4).

Table 4. Diameter means of the third opened-floret (cm).

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	7.96[b]	8.34[b]	7.65[b]	7.66[a]	7.38[a]
10 °C	8.63[a]	8.95[a]	8.93[a]	-[2]	-[2]
15 °C	8.37[b]	8.92[a]	-[2]	-[2]	-[2]
Room temperature	7.97[b]	5.18[c]	-[2]	-[2]	-[2]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5%
[2] Spikes rotted
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

Table 5. Average vase lives (days).

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	3.21[a]	3.00[a]	3.08[a]	2.23[a]	1.19[a]
10 °C	2.65[b]	1.31[b]	0.45[b]	0.21[b]	0.00[b3]
15 °C	2.20[c]	0.27[c]	0.02[c]	-[2]	-[2]
Room temperature	1.02[d]	0.02[d]	-[2]	-[2]	-[2]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5%
[2] Spikes rotted
[3] Senesced spikes
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

การเก็บรักษาที่ 5 °C ให้อายุการปักแจกันของช่อดอกยาวนานกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วนช่อดอกในกรรมวิธีควบคุมมีอายุการปักแจกันหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน เป็น 1.02 วัน และเมื่อเก็บรักษานานกว่า 3 วัน พบว่าช่อดอกเน่าเสียหายในระหว่างเก็บรักษา.

อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ความเข้มของสีของดอกบานลดลงมากกว่าการเก็บรักษาไว้ที่ 5 °C ซึ่งจะให้สีของดอกบานเป็นปกติ จนกระทั่งถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางที่ 6).

Table 6. Colouration of the opened-florets.

Treatment		Days in storage				
Storage temp.	Sol^n formula	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	Solution 1	3 8A	38 A	38 A	38 A	38 A
5 °C	Solution 2	38 A	38 A	38 A	38 A	38 A
5 °C	Distilled water	38 A	38 B	38 B	38 B	38 B
10 °C	Solution 1	38 B	38 B	38 D	-[2]	-[2]
10 °C	Solution 2	38 B	38 C	38 D	-[2]	-[2]
10 °C	Distilled water	38 B	38 D	38 D	-[2]	-[2]
15 °C	Solution 1	38 D	38 D	-2	-[2]	-[2]
15 °C	Solution 2	38 C	38 D	-[2]	-[2]	-[2]
15 °C	Distilled water	38 C	38 D	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Solution 1[2]	38 C	38 D	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Solution 2	38 C	38 D	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Distilled water	38 C	-[2]	-[2]	-[2]	-[2]

[1] Colour evaluation (A dark to D light) in 38 Red Group of RHS.
[2] Spikes rotted

ผลของสารละลายเคมี

การใช้สารละลายเคมีมีแนวโน้มว่าจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของช่อดอก โดยจะเห็นได้จากจำนวนดอกบานสะสมต่อช่อสูงกว่าการไม่ใช้สารละลายเคมีเมื่อเก็บรักษาช่อดอกนาน 3 วัน (ตารางที่ 7) การใช้สารละลายเคมีสูตรที่ 2 สามารถให้จำนวนดอกบาน 5.52 ดอกต่อช่อแม้ว่าจะเก็บรักษาไว้นานถึง 15 วัน ผลของการใช้สารละลายเคมีที่มีต่อจำนวนดอกบานบนช่อในเวลาเดียวกันจะเห็นแนวโน้มของความแตกต่างในช่อดอกที่เก็บรักษาไว้นานกว่า 3 วัน (ตารางที่ 8 และ 9)

Table 7. Average numbers of total opened-florets per spike.

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
Solution 1	5.18[a]	3.97[c]	4.36[a]	5.55[a]	4.65[b]
Solution 2	4.90[a]	4.98[a]	3.63[b]	5.40[a]	5.52[a]
Distilled Water	4.43[b]	4.48[b]	4.02[ab]	3.28[b]	3.99[b]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5% level
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

Table 8. Average numbers of opened-florets per spike, 1 day in vases.

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
Solution 1	2.48[a]	1.75[b]	1.28[a]	1.46[a]	1.27[a]
Solution 2	2.25[a]	2.07[a]	1.27[a]	1.31[a]	1.25[a]
Distilled water	2.25[a]	1.74[b]	1.13[a]	0.92[b]	1.07[a]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5% level
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

Table 9. Average numbers of opened-florets per spike, 2 days in vases.

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
Solution 1	2.15[a]	1.45[a]	1.28[a]	0.76[a]	0.45[a]
Solution 2	2.20[a]	1.42[a]	1.27[a]	0.78[a]	0.70[a]
Distilled water	1.88[b]	1.12[b]	1.13[a]	0.75[a]	0.33[a]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5% level
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

ผลของการใช้สารละลายเคมีที่มีต่อขนาดของดอกบานพบว่า จะมีความแตกต่างเฉพาะการเก็บรักษาตั้งแต่ 3-9 วัน หลังจากนั้นจะไม่พบความแตกต่าง (ตารางที่ 10).

Table 10. Diameter means of diameters of the 3nd opened-florets (cm).

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
Solution 1	8.64[a]	6.86[c]	8.35[a]	7.85[a]	7.38[a]
Solution 2	8.44[a]	8.86[a]	8.45[a]	7.53[a]	7.37[a]
Distilled water	7.62[b]	7.82[b]	7.96[b]	7.59[a]	7.37[a]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5% level
Mean within column with different superscript are significantly different (P < .05)

สารละลายเคมีสูตรที่ 2 มีแนวโน้มที่จะช่วยให้ช่อดอกมีอายุการปักแจกันยาวนานกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้สารละลายเคมี เมื่อเก็บรักษาช่อดอกนาน 3 วัน และ 12 วัน (ตารางที่ 11).

Table 11. Average vase lives (days).

Storage temperature	Days in storage				
	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
Solution 1	2.18[b]	1.17[a]	0.94[a]	1.00[b]	0.73[a]
Solution 2	2.64[a]	1.25[a]	0.92[a]	1.50[a]	0.77[a]
Distilled water	1.98[b]	1.03[a]	0.81[a]	1.17[b]	0.73[a]

[1] Means seperation by Least Significant Difference (LSD.), 5% level

อิทธิพลร่วมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันและการใช้สารละลายเคมีก่อนการเก็บรักษา

การใช้สารละลายเคมีร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน มีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพ และชะลอการเสื่อมสภาพของช่อดอกได้ต่างกัน ยิ่งเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากขึ้น (ตารางที่ 12).

Table 12. Average numbers of total opened - florets per spike

Treatment		Days in storage				
Storage temp.	Sol^n formula	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	Solution 1	5.13^{ab}	5.53^{ab}	7.30^{a}	5.77^{ab}	4.43^{b}
5 °C	Solution 2	5.07^{ab}	5.77^{a}	5.07^{bc}	6.53^{a}	5.97^{a}
5 °C	Distilled water	3.40^{c}	4.59^{b}	5.87^{b}	5.53^{b}	3.93^{b}
10 °C	Solution 1	5.20^{ab}	5.80^{a}	5.80^{bc}	6.03^{ab}	4.87^{b}
10 °C	Solution 2	5.40^{a}	4.93^{ab}	5.07^{bc}	4.93^{bc}	5.07^{ab}
10 °C	Distilled water	4.93^{ab}	3.23^{c}	5.20^{bc}	4.30^{bc}	4.07^{b}
15 °C	Solution 1	4.93^{ab}	4.53^{b}	4.33^{c}	4.83^{bc}	-[2]
15 °C	Solution 2	4.73^{ab}	4.40^{b}	4.40^{c}	4.73^{bc}	-[2]
15 °C	Distilled water	4.27^{bc}	5.20^{ab}	5.00^{c}	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Solution 1	5.47^{a}	-[2]	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Solution 2	4.40^{b}	4.80^{b}	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Distilled water	5.13^{a}	4.87^{b}	-[2]	-[2]	-[2]

[1] Colour evaluation (A dark to D light) in 38 Red Group of RHS.
[2] Spikes rotted
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

ในแง่ของขนาดของดอกบานและอายุการปักแจกัน ผลของการใช้สารละลายเคมีร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะเห็นได้ชัดเจนในกรรมวิธีที่เก็บรักษาช่อดอกไว้เป็นเวลานาน (ตารางที่ 13 และ 14).

Table 13. Diameter means of the third opened - florets (cm).

Treatment		Days in storage				
Storage temp.	Sol^n formula	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	Solution 1	8.37^{ab}	8.61^{b}	7.74^{b}	7.85^{a}	7.38^{a}
5 °C	Solution 2	8.30^{ab}	8.57^{b}	7.89^{b}	7.53^{a}	7.37^{a}
5 °C	Distilled water	7.22^{c}	7.85^{bc}	7.32^{b}	7.59^{a}	7.37^{a}
10 °C	Solution 1	8.64^{ab}	9.75a	9.06^{ab}	-[2]	-[2]
10 °C	Solution 2	9.09^{a}	9.16^{ab}	9.11^{a}	-[2]	-[2]
10 °C	Distilled water	8.17^{ab}	7.93^{bc}	8.61^{ab}	-[2]	-[2]
15 °C	Solution 1	8.88^{ab}	9.09^{ab}	-[2]	-[2]	-[2]
15 °C	Solution 2	8.45^{ab}	9.40^{ab}	-[2]	-[2]	-[2]
15 °C	Distilled water	7.80^{bc}	8.27^{b}	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Solution 1	8.66^{ab}	-[2]	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Solution 2	7.91^{bc}	8.32^{b}	-[2]	-[2]	-[2]
Room (26 °C)	Distilled water	7.31^{c}	7.22^{c}	-[2]	-[2]	-[2]

[1] Colour evaluation (A dark to D light) in 38 Red Group of RHS.
[2] Spikes rotted
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

Table 14. Average vase lives (days).

Treatment		Days in storage				
Storage temp.	Sol^{n} formula	3 days[1]	6 days[1]	9 days[1]	12 days[1]	15 days[1]
5 °C	Solution 1	2.93^{b}	2.73^{a}	3.07^{a}	1.70^{b}	1.47^{a}
5 °C	Solution 2	3.83^{a}	3.20^{a}	3.07^{a}	2.67^{a}	1.53^{a}
5 °C	Distilled water	2.87^{b}	3.07^{a}	3.10^{a}	2.33^{a}	1.47^{a}
10 °C	Solution 1	2.07^{bc}	1.54^{b}	0.63^{b}	0.30^{b}	0.00^{d}
10 °C	Solution 2	3.20^{ab}	1.34^{b}	0.59^{b}	0.33^{c}	0.00^{d}
10 °C	Distilled water	2.67^{b}	1.07^{b}	0.13^{c}	0.00^{d3}	0.00^{d}
15 °C	Solution 1	2.40^{bc}	0.39^{cd}	0.07^{c}	-[2]	-
15 °C	Solution 2	2.47^{bc}	0.40^{cd}	0.00^{d}	-	-
15 °C	Distilled water	1.73^{c}	0.00^{d}	0.00^{d}	-	-
Room (26 °C)	Solution 1	1.33^{cd}	0.00^{d}	-	-	-
Room (26 °C)	Solution 2	1.06^{cd}	0.07^{cd}	-	-	-
Room (26 °C)	Distilled water	0.67^{d}	0.00^{d}	-	-	-

1 Colour evaluation (A dark to D light) in 38 Red Group of RHS.
2 Spikes rotted
3 Spikes with unopened - florets
Mean within column with different superscript are significantly different ($P < .05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองได้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการเก็บรักษาช่อดอกแกลดิโอลัสซึ่งตัดจากต้นในขณะที่ยังตูมอยู่ แล้วทำการบรรจุหีบห่อเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่ายโดยการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำในระดับ 5 °C ซึ่งจะสามารถเก็บรักษาช่อดอกไว้ได้เป็นเวลานานถึง 6 วัน โดยที่คุณภาพของช่อดอกไม่เปลี่ยนแปลงหรือไม่แตกต่างกันเมื่อนำมาทดสอบภายหลังการเก็บรักษา และจะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 12 วัน โดยที่คุณภาพของช่อดอกจะลดลงบ้าง เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาไว้ไม่เกิน 6 วัน การใช้สารละลายเคมีจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของช่อดอกที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่ 5 °C แต่ถ้าเก็บรักษาช่อดอกไว้นานกว่า 6 วัน ผลที่ได้จะไม่คุ้มกับการปฏิบัติ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงกว่าไม่ได้ผล คือให้ช่อดอกที่มีคุณภาพลดลง การทดลองนี้น่าจะเป็นแนวทางของวิธีการแก้ปัญหาในการเก็บรักษาช่อดอกแกลดิโอลัสเพื่อรอการจำหน่ายได้อีกวิธีหนึ่งนอกเหนือไปจากวิธีการเก็บรักษาที่รายงานไว้โดย Halevy and Mayak (1981) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาแบบไม่บรรจุหีบห่อแต่แช่ก้านช่อดอกในสารละลายเคมีแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 °C ซึ่งจะเก็บรักษาไว้

ได้นานประมาณ 7 วัน แต่การเก็บรักษาแบบบรรจุหีบห่อจะได้เปรียบกว่าการเก็บโดยการแช่ก้านช่อดอกในสารละลายเคมี โดยจะยุ่งยากน้อยกว่าและเปลืองเนื้อที่ในการเก็บรักษาน้อยกว่า.

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่อดอกแกลดิโอลัส.

เอกสารอ้างอิง

Byrne, T.G. (1978). Flower and shoot development in the greenhouse rose Cara Mia and Town Crier, under several temperature photoperiodic regime. Hort. Sci.: 20, 121-122.

Halevy, A.H. and Mayak, S.. (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flower. Part II. Hort. Reviews., 3, 59-143.

Rogers, M.N. (1973). A historical and critical review of postharvest physilogy research on cut flowers. Hort. Sci. 8(3): 189-194.

วารสารเกษตร 8(2) : 188-203 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 188-203 (1992)

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปี

ศุภศักดิ์ ลิมปิติ [1] และ วิบูลย์ ช่างเรือ [1]

POSTHARVEST MANAGEMENT OF JAPANESE RICE IN WET SEASON

Supasark Limpiti [1] and Viboon Changrue [1]

ABSTRACT : Studies were made on postharvest managenent of Japanese rice grown in the North of Thailand. The aim was to minimize rice cracking occurred during various processes of postharvest management i.e. pre-thresh drying in the field, machine threshing, and drying with heated air.

It was found that field drying caused cracking approximately 20-25% and rewetting made the problem worse. However, threshing with peg-tooth drum thresher at 700-1100 rpm had little effect on both cracking and milling quality. The most promising drum speed for threshing TCC12 Japanese rice was 900 rpm which was equal to peripheral speed of about 1580 meter/min.

Drying with heated air also increased crack in rice kernel. The crack increased rapidly when the paddy was dried to 18% (wb) and lower. Nonetheless, when paddy was dried to 14% the kernel was harder than at high moisture content and resulted in higher head rice yield than of paddy milled without drying.

In postharvest management of Japanese rice in wet season, rewetting had obvious effect on milling quality while field drying and heated air drying had the most effect on kernel cracking. But surprisingly, the high percentage of kernel cracking found did not resulted in high percentage of broken rice after milling.

บทคัดย่อ : การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษา หาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม สำหรับข้าวญี่ปุ่น ที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อลดปัญหาการร้าวของข้าวสาร ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนที่ศึกษาได้แก่การลดความชื้นในแปลง การนวดข้าวด้วยเครื่องนวด การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบใช้ลมร้อน.

---

[1] ภาควิชาพืชไร่, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chaing Mai University, Chiang Mai 50002.

ผลการศึกษาพบว่า การลดความชื้นในแปลง ทำให้เกิดการร้าวได้ถึงประมาณ 20-25% และการเปียกซ้ำ (Rewetting) ยิ่งทำให้มีการร้าวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าการนวดข้าวญี่ปุ่นด้วยเครื่องนวดข้าวแบบซี่ตรง ที่ความเร็วลูกนวด 700-1100 รอบต่อนาที ไม่ทำให้การร้าวเพิ่มขึ้น และการนวดมีผลต่อคุณภาพหลังการสีของข้าวสารเพียงเล็กน้อย รอบลูกนวดที่เหมาะกับการนวดข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ TCC12 ที่สุดคือ 900 รอบ/นาที (1580 เมตร/นาที).

การลดความชื้นด้วยลมร้อนทำให้การร้าวของเมล็ดเพิ่มขึ้น การร้าวจะเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นชัด เมื่อความชื้นลดลงมาถึง 18% และต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม การลดความชื้นลงมาถึง 14% ทำให้เมล็ดข้าวแกร่งขึ้น และทำให้คุณภาพการสีดีกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการลดความชื้น.

ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปี การเปียกซ้ำมีผลต่อคุณภาพการสีอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่การลดความชื้นทั้งการตากในแปลง และใช้เครื่องลดความชื้น มีผลให้เกิดการร้าวมากที่สุด อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การร้าวของข้าวที่ตรวจพบ ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการสี กล่าวคือข้าวชุดที่พบว่าที่เปอร์เซ็นการร้าวสูงนั้น เมื่อนำไปสี พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักจากการสีไม่ได้สูงตามไปด้วย.

คำนำ

ข้าวญี่ปุ่นเป็นวัตถุดิบสำคัญ ในอุตสาหกรรมการผลิตเหล้าสาเกในญี่ปุ่น ข้าวชนิดนี้สามารถปลูกได้ดีในสภาพภูมิอากาศในภาคเหนือของประเทศไทย (คำชมภู, 2535) แต่จากการที่มีผู้ทดลองนำข้าวญี่ปุ่นมาส่งเสริมการปลูกในภาคเหนือ พบว่าปัญหาที่ประสบในปัจจุบันได้แก่ การที่ข้าวนี้เมื่อนำมาสีเป็นข้าวสาร มีการหักหรือร้าวในเปอร์เซ็นต์สูง ซึ่งข้าวสารที่ร้าว (Cracked) เมื่อนำไปขัดขาว จะมีการแตกหักในปริมาณสูง และข้าวหักที่นำไปผลิตอัลกอฮอล์ จะมีผลให้คุณภาพของอัลกอฮอล์ที่ผลิตได้ต่ำลง (ธไนศวรรยางกูร, 2534) การแก้ปัญหาข้าวร้าวจะช่วยให้คุณภาพและราคาของข้าวญี่ปุ่นสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ผลิตข้าวชนิดนี้ และในขณะเดียวกันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตอัลกอฮอล์ เพราะจะได้อัลกอฮอล์ที่คุณภาพดีขึ้น ช่วยให้มีรายได้จากผลิตเพิ่มขึ้น.

ปริมาณการแตกหักและการร้าวของข้าวสาร เป็นผลกระทบจากปัจจัยหลายประการ และหลายขั้นตอนของกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว อาทิพันธุ์ที่ปลูก, การกระทบแล้ง, อายุการเก็บเกี่ยว, การนวด และการลดความชื้น เป็นต้น เท่าที่มีรายงาน (Kunze and Prasad, 1978) การเปียกซ้ำ (Rewetting) จะทำให้คุณภาพการสีลดลง คือมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักมากขึ้น แต่ผลกระทบจากปัจจัย หรือการจัดการอื่นๆ เช่นการลดความชื้นในแปลง หรือการนวด ต่อการร้าวของข้าวยังไม่มีรายงานในประเทศไทย การวัดการร้าวของข้าวที่ปลายทางคือหลังการสี เพียงอย่างเดียว จะไม่อาจบอกได้ว่า สาเหตุสำคัญของการแตกร้าว เกิดขึ้นที่ขั้นตอนใดมากที่สุดของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การศึกษาการร้าวของข้าวจึงควรเริ่มต้นตั้งแต่ การเก็บเกี่ยวไปจนถึงการสี เพื่อหาผลกระทบของแต่ละขั้นตอน ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูล ที่เหมาะสมกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในภาคเหนือต่อไป.

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือ เพื่อหาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทยในฤดูนาปี โดยการศึกษาผลกระทบของ การลดความ

ชื้นในแปลง, วิธีการนวดด้วยเครื่องนวด, และการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมร้อน ต่อการเกิดการร้าวและคุณภาพการสี (Milling quality) ของข้าวญี่ปุ่น.

อุปกรณ์และวิธีการ

การลดความชื้นในแปลง (Pre-thresh Drying Experiment)

ข้าวญี่ปุ่นที่ใช้ในการทดลองคือข้าวพันธุ์ TCC12 ซึ่งกสิกรปลูกที่ตำบลทุ่งเสี้ยว, อำเภอสันป่าตอง, เชียงใหม่ ในฤดูนาปี (กค.- กย.) เลือกแปลงที่ใช้สุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะสม่ำเสมอและไม่มีน้ำขังจำนวน 5 แปลง เนื้อที่ประมาณ 1 ไร่ เริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2534 เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 92 วัน วางข้าวที่เกี่ยวแล้วไว้บนตอซังเพื่อตากให้แห้ง เป็นเวลา 3 วัน ในระหว่างนี้สุ่มเก็บตัวอย่างจากแต่ละแปลงแปลงละ 1 ตัวอย่าง โดยเก็บจากข้าวด้านบนส่วนที่ได้รับแดด ตัวอย่างละประมาณ 1 กก. เก็บตัวอย่างดังกล่าววันละ 5 ครั้งเพื่อหาอัตราการลดลงของความชื้นระหว่างการตาก โดยเก็บตัวอย่างทุก 2 ชม. ตั้งแต่เวลา 9:00 น. ไปจนถึง 17:00 น. จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บในแต่ละช่วงเวลาไปวัดความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบ Infrared Lamp การหาเปอร์เซ็นต์การร้าวของเมล็ดข้าว กระทำโดยการแกะเปลือกด้วยมือ แล้วตรวจสอบด้วยตาผ่านแว่นขยาย คำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดร้าวจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้คือ :

% การร้าว = (น้ำหนักเมล็ดร้าว/น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) x 100

เนื่องจากจำนวนเมล็ดที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากแปลงตัวอย่างละ 1 กก. มีมากจึงต้องมีการแบ่งตัวอย่างออกเป็นตัวอย่างย่อยด้วย Boener divider ให้มีขนาดตัวอย่างประมาณ 150-200 กรัม ก่อนนำไปหาเปอร์เซ็นต์การร้าว.

การนวดเมล็ด (Threshing Experiment)

การทดลองการนวดเมล็ด กระทำที่แปลงกสิกร โดยใช้เครื่องนวดซึ่งขับเคลื่อนด้วยเครื่อง Diesel ลูกนวดเป็นชนิดซี่ตรง (Peg-tooth) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด 0.56 เมตร ความยาวลูกนวด 1.7 เมตร ความเร็วลูกนวดที่ใช้ในการทดลองคือ 700, 900 และ 1100 รอบ/นาที วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ ระหว่างการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่าง ที่ท่อเมล็ด และท่อทิ้งฟาง เพื่อนำไปวิเคราะห์หา เปอร์เซ็นต์การร้าว (Crack), เปอร์เซ็นต์การนวดได้ (Threshability), ประสิทธิภาพการนวด (Threshing efficiency),

ประสิทธิภาพการทำความสะอาด (Cleaning efficiency), เปอร์เซ็นการแตกหัก (Broken), เปอร์เซ็นต์เมล็ดปลิว (Blown grains) และเปอร์เซ็นต์ความชื้น ตัวอย่างข้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวจากแปลงกสิกรตามข้อ 1.

นอกจากทดลองนวดข้าวด้วยความเร็วลูกนวด 700-1100 รอบ/นาทีแล้ว ยังได้สุ่มเก็บตัวอย่างจากข้าวที่กสิกรนวดเอง โดยกสิกรตั้งความเร็วลูกนวดตามที่เคยปฏิบัติมา และนำตัวอย่างข้าวนี้ไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ เช่นเดียวกับที่ทำในการทดลองนวด.

การลดความชื้น (Drying Experiment)

การทดลองกระทำที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยนำข้าวที่นวดแล้วจำนวนประมาณ 3.2 ตัน มาแบ่งเป็น 3 ซ้ำ แล้วลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบกะบะความจุประมาณ 2 ตัน ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับกำเนิดความร้อน พัดลมซึ่งใช้เป่าลมร้อนผ่านกองข้าวขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 12 แรงม้า ควบคุมอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนไว้ที่ประมาณ 42-43°C และแรงดันลมประมาณ 2.5 นิ้วของน้ำ สุ่มเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมงเพื่อหาอัตราการลดความชื้น จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือ 13-14% จึงหยุดเดินเครื่อง นำตัวอย่างที่สุ่มได้ไปวิเคราะห์หาความชื้น และเปอร์เซ็นต์การร้าว.

การสี (Milling)

นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บจากการทดลองในข้อ 1-3 จำนวน 2 ซ้ำๆ ละประมาณ 100 กรัมไปสีด้วยเครื่องสีข้าวทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของการสี ซึ่งจะช่วยให้ทราบได้ว่าการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวขั้นตอนต่างๆ มีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวสารอย่างไรบ้าง คุณภาพที่ตรวจวัดในการสีได้แก่ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (Head rice) และ เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก (Broken).

ผลการทดลองจากการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงไว้ในตาราง 1 - 8.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การลดความชื้นในแปลง (Field Drying)

1. ลักษณะการลดลงของความชื้นในแปลง

ผลการลดความชื้นโดยการตากข้าวที่เกี่ยวแล้วไว้ในแปลง และการร้าวที่เกิดขึ้นระหว่างการตากได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.

Table 1. Average moisture contents of paddy and percentage of kernel cracking during field drying.

Time (hr.)	Day 1		Day 2		Day 3	
	M.C. (%)	Crack (%)	M.C. (%)	Crack (%)	M.C. (%)	Crack (%)
9:00	24.9	0	28.5	28.2	26.1	23.9
11:00	23.6	0	NA	NA	20.3	48.6
13:00	19.8	0	23.7	32.1	16.7	36.8
15:00	17.0	17.1	27.8	31.9	17.2	55.6
17:00	15.2	23.8	19.9	32.2	12.2	53.6

NA = Not Available
M.C. = Moisture content

ในตอนเช้าวันที่ 29 กันยายน ก่อนวันเก็บเกี่ยวมีฝนตกลงมาเล็กน้อย แต่ในตอนเช้าของวันเก็บเกี่ยวไม่มีฝนตก อากาศค่อนข้างร้อนและมีแดดเกือบตลอดวัน ความชื้นของข้าวเปลือกส่วนที่โดนแดดลดลงอย่างช้าๆ ในตอนเช้า และเร็วขึ้นในตอนบ่าย (รูปที่ 1) ความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างคือประมาณ 25% และเมื่อตากไว้จนถึงเวลา 17:00 น. ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 15% นั่นคือความชื้นลดลงประมาณ 10% ในเวลา 8 ชั่วโมง หรืออัตราการลดความชื้นเฉลี่ยประมาณ 1.25% ต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นที่ลดลงนี้เป็นค่าความชื้นข้าวเปลือกส่วนที่โดนแดด (ด้านบนของกอง) เท่านั้น ค่าความชื้นของส่วนที่ไม่โดนแดดจะสูงกว่าค่านี้ อีกนัยหนึ่งก็คือ ค่าความชื้นเฉลี่ยจริงของข้าวทั้งแปลงจะสูงกว่าค่านี้มาก การที่แดดสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกชื้นได้ถึง ประมาณ 10% ต่อวัน ทำให้เห็นได้ว่า การกลับข้าว เพื่อเอาด้านล่างๆ ขึ้นมาให้โดนแดดมีความสำคัญมาก แม้ว่าในทางปฏิบัติจะทำได้ยาก เนื่องจากต้องใช้แรงงานมาก อีกวิธีหนึ่งที่พอจะปฏิบัติได้ก็คือ จะต้องพยายามกระจายกองข้าวออกไปให้บาง เพื่อให้ข้าวเปลือกโดน

แดดอย่างทั่วถึง วิธีนี้มีข้อจำกัดอยู่ตรงที่ ในหน้าฝนพื้นที่หลายแห่งในแปลงมีน้ำขัง ทำให้การวางข้าวที่เกี่ยวแล้วต้องวางบนตอซังเพื่อไม่ให้ข้าวจุ่มน้ำ จึงเป็นการจำกัดพื้นที่ในการวางค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม ควรแนะนำให้เกษตรกร ปฏิบัติเท่าที่จะทำได้ นอกจากนั้นจากการสังเกตพบด้วยว่า การที่ข้าวได้รับการแผ่กระจายออกไปบางๆ เมื่อโดนฝนซ้ำจะแห้งเร็วกว่าข้าวที่วางซ้อนกันหนา โดยเฉพาะถ้าฝนไม่ตกหนักเกินไป เพราะความชื้นส่วนใหญ่จะเกาะอยู่ที่เปลือก และซึมเข้าไปถึงเมล็ดข้าวน้อย การที่ข้าวแห้งเร็วจะลดปัญหา การเกิดเชื้อราอีกด้วย.

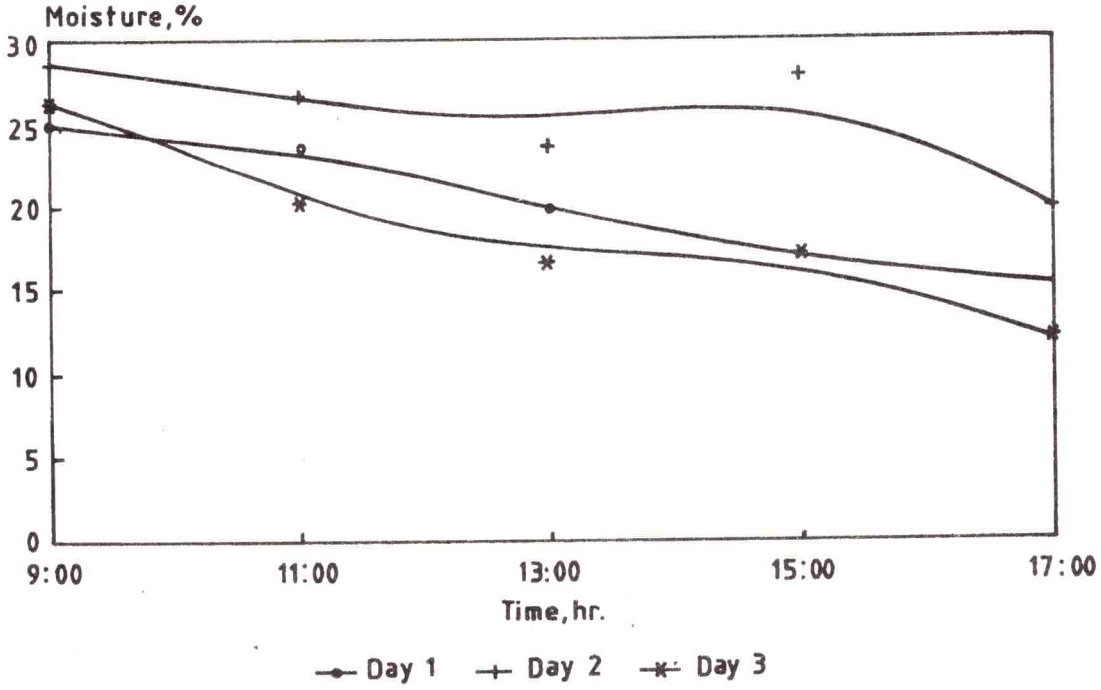

Figure 1. Drying trend of paddy during 3 days field drying.

ในการตากข้าวเปลือกทิ้งไว้เป็นวันที่ 2 มีฝนตกตอนกลางคืน ทำให้ข้าวที่แห้งลงจนถึง 15% ในวันแรกกลับมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 28.5% เมื่อมีการสุ่มตัวอย่างมาวัด และฝนตกซ้ำอีกครั้งในเวลา 10:00 น.จนไม่สามารถเก็บตัวอย่างในเวลา 11:00 น.ได้ อย่างไรก็ตามฝนตกไม่นานก็หยุด และเก็บตัวอย่างได้ใหม่ในเวลา 13:00 น. และมีฝนประปรายอีกครั้งเมื่อเวลา 14:00 น. ความชื้นของตัวอย่างที่เก็บครั้งสุดท้ายที่วัดได้คือ 19.9% หรือประมาณ 20% การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในวันที่ 2 นี้ไม่อาจถือเป็นบรรทัดฐานได้ เนื่องจากมีการตกๆ หยุดๆ ของฝนตลอดวัน.

ในคืนต่อมา มีฝนตกอีกครั้งหนึ่งทำให้ความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างแรกที่เก็บในวันที่ 3 มีค่าสูงถึง 26% ในระหว่างการตากวันที่ 3 นี้ไม่มีฝนตกแต่มีฟ้าครึ้มเป็นครั้งคราว อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า ความชื้นสุดท้ายของการตากเมื่อเวลา 17:00 น. มีค่าต่ำมากคือ 12.2% แสดง

ให้เห็นว่า การลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกที่โดนฝนซ้ำนั้น ลดลงเร็วกว่าปกติ ทั้งนี้สันนิษฐานว่า น้ำฝนซึมเข้าไปไม่ลึกถึงชั้นในของข้าวสาร แต่อยู่เฉพาะบริเวณผิวเปลือกนอก และชั้นนอกๆ ของเมล็ดความชื้นจึงลดลงเร็ว.

จากการตากข้าวเปลือกไว้ในแปลง 3 วันนั้น การลดความชื้นในวันที่ 1 ซึ่งไม่มีฝนตกระหว่างการตาก อาจถือเป็นตัวแทนของการตากข้าวญี่ปุ่นในหน้าฝนได้ และจากข้อมูลนี้ทำให้เห็นว่า การตากข้าวในแปลงจะมีความเสี่ยงต่อการโดนฝนเปียกซ้ำ (Rewetted) ค่อนข้างสูง ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาข้าวร้าวได้มาก ดังจะได้กล่าวต่อไป และหากต้องการจะลดปัญหานี้ การใช้เครื่องลดความชื้น ค่อนข้างเป็นสิ่งจำเป็นมาก.

2. การร้าวของข้าวในแปลง

จากตารางที่ 1 พบว่า การโดนฝนของข้าวเปลือกก่อนการเก็บเกี่ยวไม่ทำให้เกิดการร้าว กล่าวคือจะเห็นว่า ตัวอย่างที่เก็บมาระหว่างเวลา 9:00 - 13:00 น. ของการตากวันแรกไม่พบว่ามีการร้าวเกิดขึ้นเลย แต่ตัวอย่างที่เก็บเมื่อเวลา 15:00 และ 17:00 น. พบว่ามีการร้าวของเมล็ดข้าวสารเกิดขึ้นถึง 17.1 และ 23.8% ตามลำดับ ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่า การลดลงของความชื้น เมื่อข้าวยังมีความชื้นสูงอยู่ (มากกว่า 18%) ยังไม่มีความเครียด (Stress) ในเมล็ดมากพอที่จะทำให้เกิดการร้าวได้ แต่เมื่อความชื้นลดลงเรื่อยๆ ความเครียดในเมล็ดก็มากพอที่จะทำให้ข้าวญี่ปุ่นเกิดรอยร้าวขึ้นได้.

ผลของการ Rewetting ต่อการร้าวของเมล็ดข้าวเห็นได้ชัดเจน เมื่อข้าวที่แห้งลงถึง 15% แล้วกลับได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 2 จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การร้าวของข้าวกล้องในวันที่ 2 มีค่าระหว่าง 28 - 32% ซึ่งสูงกว่าการร้าวในวันแรกมาก การร้าวของข้าวแห้งที่ได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นใหม่นี้มีรายงานไว้ในการศึกษา ของ Kunze and Prasad (1978).

Double rewetting ในวันที่ 3 ของการตาก ทำให้เปอร์เซ็นต์การร้าวยิ่งสูงมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อความชื้นลดลงไปต่ำกว่า 18% อีก จะเห็นว่าค่าการร้าวเมื่อความชื้น 26.1% มีค่าเพียง 23.9% แต่เมื่อความชื้นลดลงไปที่ 17.2% ค่าเปอร์เซ็นต์การร้าวพุ่งขึ้นไปสูงถึง 55.6% ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการทำให้ข้าวเปียกซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อลดความเสียหายจากการร้าว จากข้อมูลที่ได้นี้ ผู้วิจัยเชื่อว่าค่าความชื้นวิกฤติที่ทำให้เกิดความเครียดมากพอที่จะทำให้ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์นี้ร้าวได้คือ 18% (wb) และมีความสัมพันธ์กับอัตราการลดลงของความชื้นด้วย ดังนั้นหากต้องการลดความชื้นข้าวเปลือกให้ต่ำว่า 18% จะต้องควบคุมอัตราการลดความชื้นอย่างระมัดระวัง.

3. ลักษณะการร้าวของเมล็ดข้าว

ลักษณะการร้าวของข้าวมีทั้งที่ร้าวเพียงเล็กน้อยและร้าวมากจนเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า ดังนั้นการนับจำนวนเมล็ดข้าวร้าวจึงค่อนข้างลำบาก โดยเฉพาะเมล็ดที่ร้าวเพียงเล็กน้อยและรอยร้าวนั้นไม่ลึกหรือเกิดจนรอบเมล็ด รอยร้าวของเมล็ดที่ตรวจพบส่วนใหญ่จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 รอยร้าวแบบที่ 1 ซึ่งเป็นรอยร้าวตามขวางเมล็ด พบมากกว่ารอยร้าวแบบที่ 2 ซึ่งเป็นการร้าวตามยาว จากการประเมินด้วยตาพบว่า รอยร้าวแบบที่ 1 มีมากกว่า 90% ของรอยร้าวทั้งหมดที่ตรวจพบ.

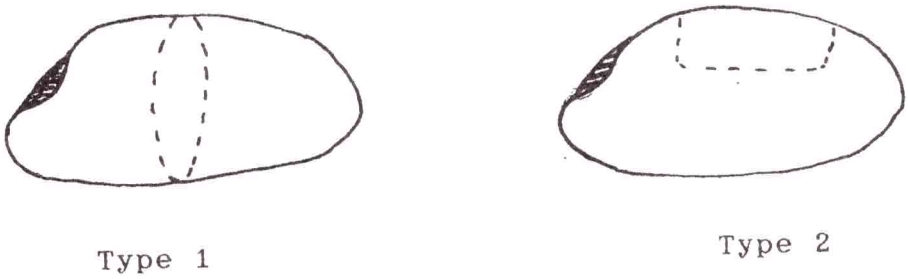

Figure 2. Cracking characteristics of the kernels.

จากการตรวจสอบเมล็ดร้าวพบว่า เมล็ดที่เป็นท้องไข่มีแนวโน้มที่จะร้าวมากกว่าเมล็ดปกติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมล็ดที่เป็นท้องไข่มีฟองอากาศอยู่ภายในเมล็ด ทำให้ความแข็งของเมล็ดลดลง และเมล็ดที่เล็กจะมีการร้าวน้อยกว่าเมล็ดใหญ่ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เป็นท้องไข่ก็ไม่ได้ร้าวเสมอไป การแยกแยะระหว่างเมล็ดที่เป็นท้องไข่กับเมล็ดร้าวค่อนข้างทำได้ยาก แม้จะใช้แว่นขยายช่วยในการตรวจนับก็ตาม ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบในการตรวจหาเมล็ดร้าวก็คือ รอยร้าวภายในเมล็ดนั้น จะต้องหมุนส่องดูให้ถูกมุมจึงจะมองเห็น ดังนั้นจึงต้องตรวจแต่ละเมล็ดอย่างละเอียดโดยรอบ ทำให้เสียเวลาอย่างมาก.

การนวดเมล็ด (Threshing)

1. การร้าวของเมล็ดเนื่องจากการนวด

ผลของการนวดต่อการร้าวของเมล็ดข้าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ข้าวเปลือกที่นำมานวดมีความชื้นประมาณ 23% เป็นข้าวเปลือกจากแปลงที่สุ่มตัวอย่างระหว่างการตากในแปลง รวมทั้ง

แปลงที่ไม่ได้สุ่มตัวอย่าง เป็นที่น่าสังเกตว่าความชื้นของข้าวชุดนี้ สูงกว่าความชื้นของตัวอย่างที่สุ่มได้ในตารางที่ 1 มาก ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นของข้าวชุดนี้เป็นความชื้นของข้าวทั้งส่วนที่โดนแดดและส่วนที่อยู่ล่างๆ ของกอง ทำให้ความชื้นเฉลี่ยมีค่าสูง อย่างไรก็ตามค่าความชื้นที่วัดได้นี้เป็นตัวแทนของค่าที่จะพบจริงในทางปฏิบัติ ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าความชื้นของข้าวส่วนที่อยู่ด้านบนๆ ของกองดังที่เห็นในตารางที่ 1.

Table 2. Percentage of kernel cracking at different threshing drum speeds.

Drum speed (rpm)	Replication 1	2	3	4	5	Average
700	4.67	5.42	7.40	3.33	7.09	5.6
900	6.17	4.53	4.83	4.49	4.53	4.9
980 (farmer)	4.84	NA	NA	NA	NA	4.8
1100	6.03	6.17	7.03	5.13	2.95	5.5

จากข้อมูลที่ได้พบว่าความเร็วรอบลูกนวดทำให้เมล็ดข้าวร้าวไม่แตกต่างกัน และเปอร์เซ็นต์การร้าวก็มีค่าไม่สูงนัก คือมีค่าระหว่าง 4.8 - 5.6% ความเร็วรอบลูกนวดที่ให้ชาวบ้านตั้งเองตามที่เคยใช้อยู่โดยไม่ใช้เครื่องวัดรอบวัด ปรากฏว่ามีค่าความเร็วรอบประมาณ 980 รอบต่อนาที และเปอร์เซ็นการร้าวของเมล็ด เมื่อนวดด้วยลูกนวดที่ปรับตั้งความเร็วรอบแบบชาวบ้านก็มีค่าเพียง 4.8% แสดงว่าความเร็วรอบที่นิยมใช้กันอยู่ ไม่มีผลต่อการร้าวของเมล็ดข้าวมากนัก เป็นที่น่าสังเกตว่า เปอร์เซ็นต์การร้าวเนื่องจากการนวด ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ การร้าวเนื่องจากการตากในแปลง ดังที่ปรากฏในตารางที่ 1 ซึ่งก็หมายความว่า การร้าวเฉลี่ยจากการตากของข้าวทั้งแปลงซึ่งรวมเอาผลกระทบจากการเปียกซ้ำไว้ด้วย น่าจะมีค่าที่แท้จริงประมาณ 5-6% เท่านั้น.

อย่างไรก็ตาม นอกจากจะคำนึงถึงการร้าวของเมล็ดแล้ว ในการใช้เครื่องนวด เราจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในเชิงอื่นๆ ด้วย อาทิ ความสะอาด, จำนวนเมล็ดแตกฯลฯ ดังจะได้กล่าวต่อไป.

2. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนวด (Thresher Performance)

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนวดในด้านอื่นๆ อาทิ ความสะอาดของเมล็ดที่นวดได้, เปอร์เซ็นต์เมล็ดติดฟาง, เปอร์เซ็นต์การแตกหัก ก็มีความสำคัญไม่น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การร้าวของเมล็ด จากการทดลองนวดข้าวญี่ปุ่นด้วยความเร็วรอบต่างๆ พบว่าความเร็วรอบที่ต่างกัน มีผล

ต่อการทำงานของเครื่องในบางลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 3 สูตรต่างๆที่ใช้คำนวณค่าในตารางมีดังนี้ :

$$\text{ประสิทธิภาพการทำความสะอาด (\%)} = \frac{\text{(นน.เมล็ดสะอาดจากท่อเมล็ด)}}{\text{นน.เมล็ดและสิ่งเจือปนจากท่อเมล็ด}} \times 100$$

$$\text{เมล็ดแตก (\%)} = \frac{\text{(นน.เมล็ดแตกจากท่อเมล็ด)}}{\text{นน.เมล็ดที่ป้อนเข้าเครื่อง}} \times 100$$

$$\text{เมล็ดติดฟาง (\%)} = \frac{\text{(นน.เมล็ดที่ติดฟางจากทุกที่)}}{\text{นน.เมล็ดที่ป้อนเข้าเครื่อง}} \times 100$$

$$\text{เมล็ดปลิว (\%)} = \frac{\text{(นน.เมล็ดที่ปลิวออกด้านทิ้งฟาง)}}{\text{นน.เมล็ดที่ป้อนเข้าเครื่อง}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพ.การนวด} = 100 - \text{\%เมล็ดติดฟาง}$$

Table 3. Effects of drum speeds on threshing performance.

Drum speed rpm	Cleaning efficiency (%)	Broken (%) (1)	Unthreshed (%) (2)	Threshing efficiency (%)	Blown grains (%) (3)	Total loss (%) (1+2+3)
700	98.8	0.4	3.6	96.4	1.6	5.6
900	99.2	0.7	1.4	98.6	0.9	3.0
980	95.9	0.5	4.1	95.9	NA	>4.6
1100	98.9	0.5	3.5	96.5	1.7	5.7

ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดที่ความเร็วรอบลูกนวด 700, 900 และ 1,100 รอบ/นาที ไม่แตกต่างกัน และมีค่าประมาณ 98 - 99% แต่สำหรับที่ความเร็วรอบ 980 รอบ/นาที มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดเพียง 95% ที่เป็นเช่นนี้พบว่า เป็นเพราะอัตราการป้อน (Feed rate) ที่ชาวบ้านป้อนเข้าสู่เครื่องนั้นค่อนข้างเร็วกว่าที่ผู้วิจัยทดลอง และการป้อนข้าวจะป้อนทั้งมัดโดยไม่ตัดตอกที่มัดข้าวออกก่อน.

สำหรับเปอร์เซ็นต์การแตกหักนั้น ทุกความเร็วรอบลูกนวดไม่ทำให้เกิดการแตกหักมากนัก คือมีความแตกหักของเมล็ดข้าวน้อยกว่า 1% ทุกความเร็วลูกนวด อย่างไรก็ตามสำหรับเปอร์เซ็นต์เมล็ดติดฟางนั้นพบว่า ที่ความเร็วต่ำคือ 700 รอบ/นาที และที่ความเร็วสูง คือ 980, 1,100 รอบ/นาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดติดฟางค่อนข้างสูงคือมีค่าระหว่าง 3.5 - 4.1% ในขณะที่ที่ความเร็วลูกนวด 900 รอบต่อนาที มีเมล็ดติดฟางเพียง 1.4% นอกจากนั้นความเร็วรอบลูกนวดที่ 900 รอบต่อนาที ยังมีประสิทธิภาพการนวดได้สูงสุดคือ 98.6% และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดปลิว

เพียง 0.9% เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นว่าความเร็วรอบลูกนวดที่เหมาะสมคือ 900 รอบ/นาที ซึ่งเทียบเป็นความเร็วเชิงเส้น (Linear velocity) ได้เท่ากับ 1584 เมตร/นาที ค่าความเร็วลูกนวดนี้สูงกว่า 884-1314 เมตร/นาที ซึ่งเป็นค่าที่ Araullo *et al.* (1976) รายงานไว้ว่าเหมาะกับลูกนวดแบบซี่ตรง ที่ใช้กับข้าว Indica อย่างไรก็ตาม Limpiti *et al.* (1989) รายงานไว้ว่า หากใช้ความเร็วเชิงเส้นลูกนวดซี่ตรงมากกว่า 1256 เมตร/นาที ในการนวดข้าว Indica ซึ่งมีความชื้น 12-13% จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดลดลงประมาณ 5-6% ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ที่ความเร็วลูกนวดต่ำ มีเมล็ดไม่ถูกนวดติดออกไปกับฟางมาก จึงมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดปลิวออกทางท่อทิ้งฟางมาก และที่ความเร็ว 1100 รอบ/นาที ต้นข้าวถูกตีขาดออกเป็นท่อนเล็กๆ และถูกส่งออกไปทางท่อส่งฟางมากกว่าที่ความเร็ว 900 รอบ/นาที ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดปลิวจึงสูงกว่าด้วย อนึ่งที่ความเร็วลูกนวด 980 รอบ/นาที ไม่ได้เก็บข้อมูลเมล็ดที่ปลิวออกทางท่อทิ้งฟาง จึงไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ในตาราง.

การลดความชื้น (Drying)

1. การร้าวของเมล็ดจากการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น (Dryer)

ผลของการลดความชื้นต่อการร้าวของเมล็ดแสดงไว้ในตารางที่ 4 ส่วนอัตราการลดความชื้น และข้อมูลสภาพการทดลองระหว่างการลดความชื้นแสดงไว้ในตารางที่ 5 จากตารางที่ 4 จะเห็นว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การร้าวโดยเฉลี่ยของข้าวทั้งหมด (3.2 ตัน) หลังการลดความชื้น มีค่าประมาณ 30% ซึ่งถ้าเทียบกับค่าการร้าวจากการนวดแล้วจะเห็นว่า มีการร้าวเพิ่มขึ้นประมาณ 24-25% ในระหว่างที่ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงจาก 21.4% เหลือ 13.1% หรือความชื้นลดลง 8.3% ในเวลา 5 ชั่วโมง ถ้าต้องการให้ความชื้นสุดท้ายเหลือ 14% จะใช้เวลาลดความชื้นประมาณ 4.5 ชั่วโมงหากใช้สภาพการลดความชื้นตามที่แสดงในตารางที่ 5.

Table 4. Moisture content and kernel cracking percentage at different drying time.

Drying time (hr.)	Moisture content (%)	Crack (%)	Remark
0	21.4	5 - 6	threshing figure
2	18.1	29.5	
4	14.8	32.9	
5	13.1	29.2	

การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น ทำให้เกิดการร้าวของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลที่เหมือนกับที่เกิดขึ้นระหว่างการลดความชื้นในแปลง กล่าวคือเมื่อความชื้นลดต่ำลงมาถึง 18% การร้าวจะสูงขึ้นมาก ซึ่งผลกระทบของการลดความชื้นด้วยลมร้อนต่อการร้าวของข้าวนี้มีรายงานไว้ในการวิจัยหลายแหล่ง (Ban, 1971; Kunze, 1977) นอกจากนั้น Henderson (1958) ยังรายงานว่า การร้าวยังเกิดขึ้นอยู่ในเวลา 48 ชั่วโมงหลังจากหยุดการลดความชื้นแล้วด้วย ดังนั้นจึงเชื่อได้ว่า การลดความชื้นมีผลทำให้เมล็ดข้าวญี่ปุ่นร้าวมากขึ้น และจากข้อมูลที่ได้ การร้าวเนื่องจากการลดความชื้น ไม่ว่าจะเป็นการตากในแปลง หรือการใช้เครื่องลดความชื้นแบบ Heated forced air จะทำให้เมล็ดร้าวประมาณ 20-25% โดยการร้าวจะเกิดมากขึ้นเมื่อความชื้นลดลงมาถึงระดับ 18%.

2. อัตราการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น

การลดความชื้นของข้าวเปลือกจำนวน 3.2 ตัน ได้กระทำด้วยวิธีการลดความชื้นแบบปกติทั่วไป ใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าประมาณ 39-43 ° C (ตารางที่ 5) และแรงดันลมใน Plenum chamber 2.5 นิ้วของน้ำ อุณหภูมิของลมร้อนขาออกสูงสุดประมาณ 35 °C ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดในกองเมล็ดเท่ากับ 39 ° C ซึ่งปลอดภัยเพียงพอสำหรับข้าวเปลือก ความชื้นข้าวลดลงจาก 21.4% เหลือ 13.1% ในเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งความชื้นนี้เป็นความชื้นที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาในระยะยาว อัตราการลดความชื้น เฉลี่ยต่อชั่วโมงของข้าวเปลือกทั้งหมด (3 ซ้ำ) เท่ากับ 1.66%.

Table 5. Drying temperatures and drying rates using heated air dryer.

Time (hr.)	M.C. (%)	Drying rate %/hr	Air inlet temp, °C	Air outlet temp, °C	Paddy temp. °C
0	21.4	-	39.3	28.7	27.5
1	20.1	1.3	42.3	29.7	29.0
2	18.1	2.0	42.7	30.7	34.7
3	16.3	1.8	43.2	32.5	35.0
4	14.8	1.5	43.8	34.3	39.0
5	13.1	1.7	42.7	35.6	39.0

การสี (Milling)

1. ผลของการตากในแปลงต่อการเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและการหัก

เมื่อนำตัวอย่างข้าวที่ตากไว้ในแปลงไปสีด้วยเครื่องสีข้าวทดลอง โดยไม่ผ่านขบวนการอื่น (อาทิ การนวดด้วยเครื่องนวดฯลฯ) พบว่าได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวอยู่ในเกณฑ์ที่สูง หรือมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักค่อนข้างน้อย นอกจากนั้นพบว่า การร้าวที่เกิดขึ้นในแปลง ไม่สัมพันธ์กับค่าการหักเนื่องจากการสี คือทั้งๆ ที่พบว่ามีเปอร์เซนต์ข้าวร้าวในแปลงสูง (17-55%) แต่เปอร์เซ็นต์ข้าวหักกลับต่ำกว่ามาก (ตารางที่ 1 และ 6) อย่างไรก็ตาม ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักในตารางที่ 6 ก็มีแนวโน้มให้เห็นได้ว่า Rewetting และ Double rewetting มีผลให้การหักของข้าวระหว่างการสีเพิ่มขึ้น สำหรับค่าการร้าวที่ไม่สัมพันธ์กับการหักนั้น อาจเนื่องจากว่า เมล็ดที่ถูกจัดว่าร้าวส่วนหนึ่งนั้น ร้าวเพียงเล็กน้อย และไม่อยู่ในตำแหน่งที่จะหักเมื่อเกิดการสี ดังนั้นการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ร้าวมาคาดคะเนเปอร์เซ็นต์การหักจากการสี จะไม่ให้ค่าที่ถูกต้อง อนึ่งการ Rewetting แต่ละวันพบว่าทำให้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเพิ่มขึ้นประมาณวันละ 2%.

Table 6. Effect of field drying on head rice and broken rice percentage.

Sampling time (hr.)	1 day drying		2 days drying[1]		3 days drying[2]	
	Head rice (%)	Broken (%)	Head rice (%)	Broken (%)	Head rice (%)	Broken (%)
9:00	63.9	3.2	62.5	5.3	63.0	5.1
11:00	64.8	3.3	na	na	60.5	7.8
13:00	64.7	3.1	59.6	7.5	56.1	9.1
15:00	63.5	5.2	61.9	6.2	57.6	10.4
17:00	64.3	4.6	64.1	4.6	59.1	8.8
Grand avg.	64.2	3.9	62.0	5.9	59.3	8.2

[1] rewetted
[2] double rewetted

2. ผลของการนวดต่อคุณภาพการสี

ข้าวที่นำไปสีผ่านการตากในแปลง, การเปียกซ้ำ และการนวด แต่ไม่ผ่านการลดความชื้นด้วย Dryer จากตารางที่ 7 พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่ได้มีค่าประมาณ 58% และมีการหัก 7% เมื่อเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวในตารางที่ 6 พบว่าใกล้เคียงกับข้าวที่เปียกซ้ำ 2 ครั้ง ซึ่งแสดงว่า การนวดมีผลต่อคุณภาพการสีเพียงเล็กน้อย.

Table 7. Effect of threshing drum speed on milling quality.

Drum speed (rpm)	Head rice (%)	Broken (%)
700	57.2	7.4
900	60.5	6.9
980 (farmer)	57.1	7.3
1100	56.3	7.9
Grand average	57.8	7.4

อนึ่งจากตารางที่ 7 พบว่ารอบลูกนวดที่ต่างกันทำให้ข้าวแตกหักจากการสีในเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ความเร็วรอบลูกนวดที่มีแนวโน้มว่าจะให้ผลดีต่อการสีคือความเร็วรอบที่ 900 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงว่าที่ความเร็วรอบนี้นอกจากมีประสิทธิภาพในการนวดสูงแล้ว ยังได้คุณภาพการสีที่ดีกว่าค่าความเร็วลูกนวดอื่นๆ อีกด้วย.

3. ผลการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นต่อการสี

ผลการลดความชื้นต่อการสี ได้รวมผลของการตากในแปลง, การเปียกซ้ำ และการนวดไว้ด้วย เนื่องจากข้าวเปลือกที่นำมาลดความชื้นเป็นข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวมาก่อนแล้ว ผลการสีของตัวอย่างที่ได้รับการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแล้วได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 ตัวอย่างที่นำไปสีเป็นตัวอย่างที่สุ่มจากข้าวทั้งหมด โดยไม่แยกว่าเป็นข้าวที่นวดมาด้วยความเร็วลูกนวดใด.

Table 8. Effect of heated air drying on milling quality.

Drying time (hr.)	M.C. after drying (%)	Head rice (%)	Broken (%)
2	18.1	63.3	7.4
4	14.8	65.4	5.5
5	13.1	68.6	4.1

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าเมื่อความชื้นลดลง ข้าวจะแกร่งขึ้นกว่าเดิม ทำให้เปอร์เซ็นต์การหักมีค่าลดลง ในขณะที่การสีข้าวที่นวดแล้วโดยไม่ผ่านการอบลดความชื้น จะได้เปอร์เซ็นต์ต้น

ข้าวน้อยลง ดังนั้นการลดความชื้นข้าวเปลือกก่อนการนำไปสี เป็นทางหนึ่งที่จะทำให้ได้คุณภาพข้าวสารที่ดีขึ้น ผู้วิจัยพยายามที่จะวัดเปอร์เซนต์การร้าวของข้าวสารที่สีได้ แต่พบว่าเป็นการยากที่จะแยกแยะ เนื่องจากบนเมล็ดข้าวสารมีรอยขีดข่วนมากมาย จนแยกไม่ออกด้วยตาเปล่าว่าเป็นรอยที่ผิว หรือเป็นรอยร้าวภายในเมล็ดเอง.

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในการทดลองนี้พบว่า การลดความชื้น ไม่ว่าจะเป็นในแปลงหรือด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมร้อน จะมีผลให้ข้าวสารร้าวมากขึ้น (ตารางที่ 4) แต่เมื่อนำข้าวเปลือกที่ลดความชื้นแล้วมาสี กลับพบว่าได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูง และมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักน้อยทั้งข้าวที่ตากในแปลง (ตารางที่ 6) และข้าวที่ลดความชื้นด้วยลมร้อน (ตารางที่ 8).

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้ สามารถสรุปผลกระทบของกระบวนการต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของข้าวญี่ปุ่น ในแง่ของเปอร์เซนต์การร้าวของเมล็ด และคุณภาพของข้าวสารหลังการสีในแง่ของเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก ได้ดังนี้ :

1. การตากข้าวในแปลงสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกในส่วนที่โดนแดดได้ประมาณ 10% ในเวลา 8 ชั่วโมงในฤดูฝน.
2. การตากข้าวในแปลงมีผลทำให้เกิดการร้าวของเมล็ดข้าวภายในเปลือก และการร้าวจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อระดับความชื้นลดลงมาถึง 18%.
3. การ Rewetting ของข้าวที่แห้งมากกว่า 18% แล้ว จะทำให้มีการร้าวเพิ่มขึ้น และ การแตกหักจากการสีก็เพิ่มขึ้นด้วย หากมีการ Rewetting หลายครั้งผลเสียจะยิ่งมากขึ้น.
4. การนวดข้าวด้วยเครื่องนวดที่ความเร็วรอบ 700-1100 รอบ/นาที ไม่มีผลทำให้การร้าวของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น.
5. ความเร็วลูกนวดมีผลต่อคุณภาพข้าวสารที่นำไปสีเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะถ้าข้าวนั้นไม่ได้ผ่านการลดความชื้นให้แห้งเสียก่อน อย่างไรก็ดี ความเร็วลูกนวดที่ให้ประสิทธิภาพการนวดสูงและมีแนวโน้มที่จะให้ผลการสีดีที่สุดคือ 900 รอบ/นาที (1580 เมตร/นาที).
6. การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น มีผลให้เปอร์เซ็นต์ข้าวร้าวเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการตากในแปลง การลดความชื้นทำให้มีการร้าวเพิ่มขึ้นประมาณ 20-25%.
7. การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นมีผลให้คุณภาพการสีของข้าวสารดีขึ้น คือมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยลง เนื่องจากข้าวมีความแข็งแกร่งขึ้น.
8. ค่าเปอร์เซ็นต์การร้าวของข้าว ไม่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การแตกหักจากการสี ดังนั้นจะใช้มาประเมินการแตกหักจากการสีไม่ได้.

9. การวัดเปอร์เซ็นต์การร้าว ของข้าวโดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า มีลักษณะเป็น Subjective จึงมีความคลาดเคลื่อนได้ง่าย และใช้เวลามาก.

คำขอบคุณ

การทดลองครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก บริษัท ที ซี ซี การเกษตรจำกัด และได้รับการเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจาก ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้.

เอกสารอ้างอิง

คำชมภู, วิชัย. (2535). โครงการพัฒนาข้าวญี่ปุ่น. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ข้าว และธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 7. 11-12 กุมภาพันธ์. ศูนย์วิจัยข้าวแพร่.

ธในศวรรยางกูร, ศรปราชญ์. (2534). หัวหน้าฝ่ายวิจัย บริษัท ที ซี ซี การเกษตร จำกัด ถนนห้วยแก้ว เชียงใหม่. (ติดต่อส่วนตัว).

Araullo, E.V., de Padua, D.B. and Graham, M. (1976). Rice Postharvest Technology. IDRC, Ottawa.

Ban, T. (1971). Rice cracking in high rate drying. Jpn. Agri. Res. Q. 6(2): 113-116.

Henderson, S.M. (1958). The causes and characteristics of rice checking. Rice J. 57(5): 16-18.

Kunze, O.R. (1977). Fissuring of the rice grain after heated air drying. ASAE winter meeting. Chicago, Dec., 13-16. Pap. 77-3511.

Kunze,O.R. and Prasad, S. (1978). Grain fissuring potentials in harvesting and drying of rice. Trans. ASAE 21(2) : 361-366.

Limpiti, S., Srimongkol, K. and Foster, M. (1989). Machine sharing system: A case study on wheat threshing machinery. Faculty of Agriculture, Chaing Mai University, Chaing Mai.

วารสารเกษตร 8(2) : 204-210 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 204-210 (1992)

EFFECTS OF CATTLE MANURE, GREEN MANURE AND CHEMICAL FERTILIZER 13-13-21 (NPK) ON GROWTH AND KERNEL YIELD OF MAIZE (*Zea mays* L.) GROWN ON YASOTHON SOIL

Amnuaysilpa Suksri [1]

อิทธิพลของปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 (NPK) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดปลูกในดินชุดยโสธร

อำนวยศิลป์ สุขศรี [1]

บทคัดย่อ : การทดลองนี้ทำการทดลองที่ไร่ทดลองคณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในช่วงเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2534 โดยปลูกในดินกรดชุดยโสธร เพื่อทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอก, ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21 (NPK) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์รังสิต 1 ตำรับต่างๆ ที่ใช้เหมือนกับตำรับที่ตีพิมพ์ใน Suksri *et al.*. (1991) ยกเว้นปุ๋ยเคมีได้ใช้สูตร 13-13-21 (NPK) แทนสูตร 15-15-15.

ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตในช่วงการเก็บเกี่ยวครั้งแรกของทุกตำรับคล้ายคลึงกัน แต่การเก็บเกี่ยวครั้งที่สองข้าวโพดเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทุกตำรับ ยกเว้นตำรับปุ๋ยคอกอย่างเดียว (T_6) และตำรับ Control (T_1) พื้นที่ใบสูงสุดในตำรับปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมี (T_3) และตำรับปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (T_4) การเพิ่มปุ๋ยเคมีเป็น 60 กก/ไร่ (T_5) ไม่เพิ่มพื้นที่ใบและน้ำหนักใบของข้าวโพด อย่างไรก็ตามการเพิ่มปุ๋ยเคมีในอัตรา 60 กก/ไร่ (T_5) มีผลในการเพิ่มน้ำหนักแห้งของฝักสูงสุดตามด้วยปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมี (25 กก/ไร่) และปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเค มี(T_4) ส่วนตำรับอื่นๆ มีความคล้ายคลึงกัน ผลผลิตข้าวโพดมีความคล้ายคลึงกันทุกตำรับ อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดหรือปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีให้น้ำหนักผลผลิตข้าวโพดได้พอๆ กับการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตรา 60 กก/ไร่ ผลผลิตข้าวโพดของทุกตำรับมีดังนี้ 318, 329, 379, 414, 433, 452 และ 457 กก/ไร่ สำหรับ T_1, T_7, T_6, T_3, T_4, T_5 และ T_2 ตามลำดับ ในบทอภิปรายได้อภิปรายอย่างละเอียดถึงการใช้ปุ๋ยคอกปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ.

---

1 คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002.

1 Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

9. การวัดเปอร์เซ็นต์การร้าว ของข้าวโดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า มีลักษณะเป็น Subjective จึงมีความคลาดเคลื่อนได้ง่าย และใช้เวลามาก.

คำขอบคุณ

การทดลองครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก บริษัท ที ซี ซี การเกษตรจำกัด และได้รับการเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจาก ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้.

เอกสารอ้างอิง

คำชมภู, วิชัย. (2535). โครงการพัฒนาข้าวญี่ปุ่น. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ข้าว และธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 7. 11-12 กุมภาพันธ์. ศูนย์วิจัยข้าวแพร่.

ธไนศวรรยางกูร, ศรปราชญ์. (2534). หัวหน้าฝ่ายวิจัย บริษัท ที ซี ซี การเกษตร จำกัด ถนนห้วยแก้ว เชียงใหม่. (ติดต่อส่วนตัว).

Araullo, E.V., de Padua, D.B. and Graham, M. (1976). Rice Postharvest Technology. IDRC, Ottawa.

Ban, T. (1971). Rice cracking in high rate drying. Jpn. Agri. Res. Q. 6(2): 113-116.

Henderson, S.M. (1958). The causes and characteristics of rice checking. Rice J. 57(5): 16-18.

Kunze, O.R. (1977). Fissuring of the rice grain after heated air drying. ASAE winter meeting. Chicago, Dec., 13-16. Pap. 77-3511.

Kunze,O.R. and Prasad, S. (1978). Grain fissuring potentials in harvesting and drying of rice. Trans. ASAE 21(2) : 361-366.

Limpiti, S., Srimongkol, K. and Foster, M. (1989). Machine sharing system: A case study on wheat threshing machinery. Faculty of Agriculture, Chaing Mai University, Chaing Mai.

ABSTRACT : The experiment was carried out during July-September 1991 on Yasothon soil at the Experimental Farm. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen,. Thailand to investigate the effect of organic manure, green manure and chemical fertilizer 13-13-21 (NPK) upon growth and kernel seed yields of maize Rungsit 1 variety. The treatments used were the same as those carried out by Suksri *et al.*. (1991) but chemical fertilizer 13-13-21 (NPK) was used instead of chemical fertilizer 15-15-15 (NPK).

The results showed that total dry weights at the initial sample were similar for all treated plants yet at the second sampling period, total dry weights of the crop plants increased more rapidly with time in all treated plants except the two treatments i.e. the cattle manure alone (T_6) and the control treatment (T_1). Leaf areas were highest with green manure plus 25 kg/rai chemical fertilizer 13-13-21 NPK (T_3) and the chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 30 kg/rai (T_4). An increase in the amount of chemical fertilizer did not increase leaf areas and leaf dry weights of the maize plants. However, cob dry weights were significantly highest with the chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 60 kg/rai followed by the green manure plus 25 kg/rai 13-13-21 (T_3) and also the chemical fertilizer at the rate of 30 kg/rai, the rest were similar. At the final harvest, kernel yields were similar in all treated plants. Nevertheless, it was evidently shown that the applications of either green manure or cattle manure together with chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 25 kg/rai gave the highest kernel yields. The maize kernel yields were ranging from 318, 329, 379, 414, 433, 452 and 457 kg/rai for T_1, T_7, T_6, T_3, T_4, T_5 and T_2, respectively. Growth and yield of maize was affected most by drought.

INTRODUCTION

Maize cultivation in Northeast Thailand seems to face problems on soil fertility apart from the uncertainty of rains particularly during rainy season. Most of the soils in tropical areas especially Northeast Thailand contented less amount of soil organic matter reflected low water holding capacity (Sittiwong, 1988). Furthermore, soil fertility level, in general, is relatively poor with high degree of soil acidity (Ahmad and Tan, 1986; Deeruksa *et al.*, 1989). The use of chemical fertilizer alone can not be totally an ultimate technology in producing crop yields in each year cultivation (Suksri *et al.*, 1991). Therefore, it is imperatively important to investigate the effect of both chemical fertilizer and organic manures on growth and and yield of the crop plants particularly maize plant since a large number of growers in Thailand accepted the feasibility in growing the crop plant for commercial scale. The uses of organic materials improve soil physico-chemical properties have been advocated by a number of workers e.g. Fageria (1989), Suksri and Seripong (1990).

MATERIALS AND METHODS

This maize experiment was carried out during July-September 1991 with the use of an acid Yasothon soil (Oxic Paleustults) at the Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. The initial soil properties analyzed were; pH (5.2), O.M. (0.40%), exchangeable K (28 ppm), available P (4.41 ppm). The soil used was ploughed twice followed by harrowing once. The size of the plot used was 6 x 10 m. The treatments used were: control (T_1), chemical fertilizer 13-13-21 (NPK) at the rate of 25 kg/rai plus cattle manure at the rate of one ton/rai (T_2), chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 25 kg/rai plus green manure at the rate of one ton/rai (T_3), chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 30 kg/rai (T_4), chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 60 kg/rai (T_5) , cattle manure at the rate of one ton/rai (T_6), and green manure from vegetable cowpea-KVC 7 at the rate of one ton/rai (T_7). The design used was a RCB with four replications. Maize seeds variety Rungsit 1 obtained from the previous experiment were sown directly into the soil at the rate of 3-4 seeds per hill followed by the application of herbicide (Lasso) once. One week after emergence, seedlings were removed leaving only one seedling per hill. The application of both manure and chemical fertilizers was carried out once on July 12, 1991 by banding along both sides of each row. Weeding was carried out by hand twice throughout the experimental period. The application of insecticide (Azodrin) was carried out twice during the second and third months of the growing peroid. The plant samples (10 plants) for growth analysis measurements were taken twice i.e. at day 49 and day 63 and kernel yields at day 87 (40 plants) after emergence. The technique of growth analysis (Sestak *et al.,* 1971) was used to measure the changes in growth of the aerial plant parts of the crop plants Leaf areas were measured by Leaf Area Meter, Model No. AAC-400, Hayashi, Denko Co., Ltd., Japan. The plant materials were oven dried at 80 °C for four days and weighed out for dry weights determination. Kernel yields were dried under the sun for three days and then weighed out for dry kernel yield recording. The data obtained were statistically calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

Top Growth at Fays 49 and 63 after Emergence

For stem dry weights at day 49, mean stem dry weight per plant was highest with T_3 followed by T_7 (Table 1). The results suggested that green manure has its significant effect on stem growth of maize plants. This is perhaps due to the high amount of N and P contents in green manure promote stem growth while that of the cattle manure has less effect on stem growth. It might be possible that green manure releases nutrients slightly faster than cattle manure. However, the results of all treatments were not differed from each other. This could be attributed to the period of drought (6-7 weeks) during the vegetative stage of growth (from late June up to the first week of August) hastened age of the stem tissues of the crop plants. Therefore, growing maize in Northeast Thailand one has to keep in mind that the sowing of seeds of maize should not coincident with the period of dry spells particularly during the vegetative growth. This is to avoid stunted growth of tops at vegetative stage before earing stage has reached. It is obviously found that there has been always a period of drought after a certain number of rains of rainy season in Northeast Thailand. The results of Suksri *et al.* (1991), growing maize of the same variety and the same soil series but different sowing date during early August, indicated that the crop plants were adequately supplied with rain water and the amount of growth and kernel yields were twice greater than the present work. Therefore, a long drought period has its tremendous effect on growth and crop yield of the maize plants especially during the vegetative growth. Leaf dry weights, leaf areas and leaf area indices (L) were relatively low. The results indicated that the maize plants were not able to obtain growth up to an optimum level as a result of dry spell period hastened age of the crop plants. L values were much lower than the previous work mentioned earlier. It is anticipated that with this type of leaf structure, maximum L value should reach 8.8 as reported by Birke (1966). This value of L should provide 90-95% light interception available for leaves among the canopies. With this work, to obtain this value, the distances used should be adjusted i.e. the distances between rows and within the row should be 30 x 20 cm and the value of L should be 8.76 for the highest value of T_4 at day 49 and

kernel yield should reach 1,516 kg/rai. Nevertheless, with the distance suggested, it would be suitable for those extremely poor soils. The data of the present work should be more reliable if there has been no dry spell period occured during the experimental period.

Table 1. Mean stem, leaf dry weights (gm/plant), leaf areas (cm^2/plant), and leaf area indices (LAI) of maize at 49 days after emergence as influenced by fertilizer treatments.

Treatments	Stem	Leaf D.W. (g.)	Leaf area (cm^2)	LAI
1	24.52	17.92	3761.89	1.79
2	33.94	19.82	4483.26	2.13
3	36.71	17.95	4381.91	2.09
4	32.18	22.21	5261.48	2.50
5	30.90	18.55	4633.63	2.21
6	24.51	15.47	4561.24	2.17
7	34.10	18.66	5215.31	2.48

At day 63, the results showed that stem dry weights and leaf dry weight per plant increased more rapidly in all treated plants (Table 2). The plants treated with green manure gave greater stem dry weights per plant than those treated with cattle manure. The results suggested that green manure seems to be a good material to use either with or without chemical fertilizer rather than cattle manure. However, the plant being used for green manure in this work requires a certain amount of P for the development of nodulation which is normally developed by natural fixation. In term of less expensive investment, it is perhaps advisable to use green manure or cattle manure with chemical fertilizer rather than chemical fertilizer alone since the amount of investment could be reduced with green manure or cattle manure. Furthermore, soil properties could possibly be improved for long term cultivation of crop yield. L values were relatively smaller than those of the initial sample, the results indicated that at this growth stage, most of the lower leaves reached its old age and some have dried off. This could possible be due to the previous drought period hastened age of the

crop plants and the final kernel harvest was only 85 days after emergence whilst that of the previous work was 92 days after emergence (Suksri *et al.*, 1991).

Table 2. Mean stem, leaf dry weights (gm/plant), leafareas (cm^2/plant), and leaf area indices (LAI) of maize at 63 days after emergence as influenced by fertilizer treatments.

Treatments	Stem	Leaf D.W. (g.)	Leaf area (cm^2)	LAI
1	111.04	51.05	2543.07	1.21
2	167.23	76.47	3532.08	1.68
3	172.38	71.60	3088.82	1.47
4	167.35	86.74	4241.78	2.02
5	171.08	83.50	3411.70	1.62
6	131.98	62.52	2898.06	1.38
7	168.26	73.69	3168.64	1.51

Cob and Kernel Yields

Cob yields harvested at day 63 were significantly differed from each other ($P < 0.05$). The highest cob yield was found with T_5 followed by T_3, T_4 and the rest were similar (Table 3). The results indicated that cob yields of treatments with cattle manure and green manure (T_3 and T_4) were similar to the highest amount of chemical fertilizer (T_5). Nevertheless, it was turned out that kernel yields were not followed the same pattern as those of cob yields. The results suggested the depletion of soil nutrients and perhaps K was inadequately supplied during the kernel filling stage. K has a direct influence on electron (e^-) transport in the photosynthetic e^- transport chain was reported by Overnell (1975). Kernel yields were very much lesser than the previous work (Suksri *et al.*, 1991) approximately 2-3 times. Kernel yields were: 318, 457, 414, 433, 452, 379 and 329 kg/rai for T_1 up to T_7, respectively. The results suggested the effect of drought reduces maize kernel yields severely.

Table 3. Mean cob,kernal yield per plant (gm), and kernal yield per rai (kg) of maize as influenced by fertilizer treatments.

Treatments	Cob	Kernel/plant	Kernel/rai
1	47.39c	41.78	318.02
2	64.33bc	60.08	457.08
3	83.16ab	54.39	414.50
4	77.57ab	56.88	433.21
5	102.48a	59.44	452.31
6	59.62bc	49.84	379.21
7	67.32bc	43.24	329.32

REFERENCES

Ahmad, F., and Tan, K.H. (1986). Effect of lime and organic matter on soybean seedlings grown in aluminum-toxic soil. Soil Sci. Am. J. 50:656-661.

Birk, J. (1966). Agronomic aspects of the physiology of yield formation. Sitzungsberichte Bd. XII, Heft 13, Dt. Akad. D. Landw. Wiss. Zu Berlin.

Deeruksa, P. and Limtong, P. (1989). Utilization of compost and chemical fertilizer for soil improvement and field corn Suwan 1. Research Report ADRC, Khon Kaen.

Fageria, N.K. (1989). Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. Trop Agric. (Trinidad) 66:249-255.

Overnell, J. (1975). Potassium and photosynthesis in the marine diatom *Phaeodudylum triconutrum* as related to washes with sodium chloride. Physiol. Plant. 35:217-224.

Sestak, Z., Catsky, J. and Jarvis, P.G. (1971). "Plant Photosynthetic Production, Manual of Methods." Dr. Junk, N.V. Publ., The Hague.

Sittiwong, P. (1988). Current on-farm conservation practices for agricultural soil in Norhteast Thailand. Soil and cropping systems for rainfed agriculture in Northeast Thailand. Proceedings of the workshop at Khon Kaen University. USDA/USAID.

Suksri, A. and Seripong, S. (1990). Effects of phosphorus, cowpea residues and lime on soil properties growth and minerals content of maize (*Zea mays* L.) in Yasothon soil. J. of Agric. 6(2):93-101.

Suksri, A. Seripong, S. and Terapongtanakorn, S. (1991). Effects of green manure, cattle manure and chemical fertilizer on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) grown on Yasothon soil. J. of Agric. 7(1):1-8.

วารสารเกษตร 8(2) : 211-225 (2535)

Journal of Agriculture 8(2) : 211-225 (1992)

การศึกษานิเวศวิทยาของหนอนเจาะต้นกาแฟ *XYLOTRECHUS QUADRIPES* CHEVROLAT (COLEOPTERA : CERAMBYCIDAE) ในภาคเหนือของประเทศไทย II. พฤติกรรมในการผสมพันธุ์ และประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์

จริยา วิสิทธิ์พานิช [1]

ECOLOGICAL STUDY OF COFFEE STEM BORER *XYLOTRECHUS QUADRIPES* CHEVROLAT (COLEOPTERA : CERAMBYCIDAE) IN NORTHERN THAILAND II. MATING AND REPRODUCTION

Jariya Visitpanich [1]

ABSTRACT : Mating behavior and reproductive rate of the coffee stem borer, *Xylotrechus quadripes* Chevrolet were studied in both laboratory and 8 x 16 x 3.5 meters field cage. In the period of 15 days of observation, the results revealed that the copulation normally occured during the daytime. Both male and female were supposed to have the equal chances to search for each other for copulation. The flying female may approach a resting male or the male was stimulated by alighting female on the coffee bush.

The fecundity rate and longevity of adult stem borer were enhanced by the higher humidity rate. The range of relative humidity recorded during June to October was quite high as 74.17-78.69%. The maximum number of eggs were obtained at the optimum temperatures of about 31.02-31.52 °C. The temperatures beyound the optimum point caused a remarkable decrease in number of eggs deposit. Beside the environmental factors, the body size of insect was also found to correlate with both fecundity and longevity of adult female. The fecundity increased as their body size increased and similarly the longevity of the bigger size adult was longer than the smaller one. Interestingly it was noted that the virgin female did not lay any eggs even mature eggs were full in its abdomen.

---

[1] ภาควิชากีฏวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.
[1] Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

บทคัดย่อ : การศึกษาพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ และประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์ของหนอนเจาะต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ และในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 8 x 16 x 3.5 เมตร จากผลการเฝ้าดูพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ของแมลงในช่วง 15 วัน พบว่าแมลงมีการจับคู่ผสมพันธุ์กันในเวลากลางวัน ทั้งเพศผู้และเพศเมียต่างก็มีโอกาสเท่ากันในการหาคู่ อาจจะเป็นตัวเมียบินเข้าหาตัวผู้ที่เกาะอยู่ หรือตัวผู้บินเข้าหาตัวเมียที่เกาะอยู่บนต้นกาแฟ.

แมลงมีประสิทธิภาพในการวางไข่สูง และมีอายุยืนยาวในสภาพที่มีความชื้นในอากาศค่อนข้างสูงในเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 74.17-78.69% แมลงจะวางไข่เป็นจำนวนมากในสภาพที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 31.02-31.52% ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ แมลงจะวางไข่ได้น้อยลง นอกจากสภาพแวดล้อมภายนอกดังกล่าวแล้ว ขนาดของแมลงก็มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับจำนวนไข่ที่วาง และความยืนยาวของอายุ แมลงที่มีขนาดใหญ่จะสามารถวางไข่ได้มาก และมีอายุยืนยาวกว่าแมลงที่มีขนาดเล็ก ด้วงหนวดยาวตัวเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะไม่วางไข่ ถึงแม้จะมีไข่สมบูรณ์อยู่เต็มท้องก็ตาม.

คำนำ

หนอนเจาะต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สุดที่เข้าทำลายต้นกาแฟ ทำให้ต้นกาแฟเหี่ยวแห้งตายเป็นจำนวนมาก (วิสิทธิ์พานิช, 2532). วิสิทธิ์พานิช และบูรณพานิชพันธุ์ (2535) ได้ศึกษาลักษณะนิสัยและพฤติกรรมของตัวเต็มวัยของหนอนเจาะต้นกาแฟ พบว่า ตัวเต็มวัยเป็นด้วงหนวดยาวที่มีความว่องไว และมีกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดิน การบิน การผสมพันธุ์ และวางไข่ ในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น.

ตัวเมียวางไข่ตามรอยแตกของผิวเปลือกกาแฟ เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอน ก็จะเริ่มเจาะลงไปกินเนื้อไม้ วนไปโดยรอบต้น หนอนจะกัดกินเนื้อไม้ลึกลงไปเรื่อยๆ จนถึงแกนกลางต้น บางครั้งเจาะลงไปกินถึงบริเวณราก ทำให้ต้นกาแฟเหี่ยวและยืนต้นแห้งตาย ถ้าหนอนควั่นเป็นแนวขวางรอบๆ ลำต้นเป็นผลให้ต้นกาแฟหักล้มง่าย จากการศึกษาวงจรชีวิตของแมลงชนิดนี้ในห้องปฏิบัติการพบว่า แมลงสามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 3 - 6 เดือน (วิสิทธิ์พานิช, 2534).

การระบาดและความเสียหายของหนอนเจาะต้นกาแฟพบแพร่ระบาดและทำความเสียหายรุนแรงเป็นพื้นที่กว้างขวางมากขึ้นทุกปีในหลายพื้นที่ๆ มีการปลูกกาแฟอราบีก้า (ถนอมถิ่น, 2527; วิสิทธิ์พานิช 2534; พงษ์แสวงและคณะ, 2533) สาเหตุหนึ่งอาจจะเป็นเพราะว่า หนอนเจาะต้นกาแฟชนิดนี้มีความสามารถในการขยายพันธุ์ได้สูงในต้นกาแฟอราบีก้า.

ถึงแม้จะมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะ และวงจรชีวิตของแมลงชนิดนี้ไปบ้างแล้ว ทั้งต่างประเทศและในประเทศ (วิสิทธิ์พานิช, 2534; Subramaniam, 1934; Sekhar, 1958; Wyniger, 1962) แต่ยังไม่มีข้อมูลที่รายงานเกี่ยวกับการศึกษา พฤติกรรมในการผสมพันธุ์และประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์ของแมลงชนิดนี้แต่อย่างใด วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ และประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์ของหนอนเจาะต้นกาแฟ ในฤดูกาลต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาหาวิธีป้องกันกำจัดแมลงชนิดนี้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต.

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้เริ่มทำการทดลองในปี 2533-2534 ในห้องปฏิบัติการ และในกรงเลี้ยงแมลงขนาดใหญ่ ณ ภาควิชากีฏวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ตัวเต็มวัยของหนอนที่นำมาศึกษาครั้งนี้รวบรวมมาจากแมลงที่เจาะออกมาจากท่อนไม้ในกรงเลี้ยงแมลงทั้งหมด 7 กรง แต่ละกรงมีต้นกาแฟที่ถูกแมลงเข้าทำลายจากแปลงปลูกกาแฟ โดยตัดให้เป็นท่อนยาว ท่อนละ 60-70 ซม. บรรจุในกรง 40-50 ท่อนต่อกรง แต่ละวันเก็บรวบรวมด้วงหนวดยาวจากกรงเลี้ยงแมลง ใส่ในกล่องพลาสติกขนาด 18.5 x 27.5 x 10.5 ซม. เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป.

1. พฤติกรรมในการผสมพันธุ์ (Mating Behavior)

ต้นกาแฟที่ใช้ในการศึกษาเป็นต้นกาแฟอายุประมาณ 4 ปี จากแปลงปลูกกาแฟจำนวน 16 ต้น ย้ายลงบรรจุในเข่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางปากเข่ง 52 ซม. ปล่อยให้ต้นกาแฟตั้งตัวระยะหนึ่ง แล้วจึงนำต้นกาแฟทั้งหมดมาไว้ในโรงเลี้ยงแมลง ซึ่งบุด้วยลวดตาข่ายโดยรอบ มีขนาด 8 x 16 x 3.5 เมตร จากนั้นทำการปล่อยแมลงเข้าไปในกรง 6 ครั้ง ทำการปล่อยแมลงครั้งแรกเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2534 จำนวน 10 คู่ และได้ปล่อยแมลงเพิ่มเติมอีก 5 ครั้ง ดังนี้ วันที่ 1 กรกฎาคม 2534 จำนวน 6 คู่, 2 กรกฎาคม 2534 จำนวน 3 คู่, 4 กรกฎาคม 2534 จำนวน 2 คู่, 9 กรกฎาคม 2534 จำนวน 3 คู่ และ 10 กรกฎาคม 2534 จำนวน 5 คู่ รวมแมลงที่ปล่อยไปทั้งหมดตลอดเวลาที่ทำการศึกษาจำนวน 29 คู่ เฝ้าสังเกตพฤติกรรมของแมลง 2 เวลา คือ ช่วงเช้า 9:00 - 9:30 นาฬิกา และช่วงบ่าย 15:00 - 15:30 นาฬิกา ตั้งแต่วันที่ 27 มิถุนายน ถึง 11 กรกฎาคม 2534 ระยะเวลาที่ศึกษาทั้งหมด 15 วัน.

2. ประสิทธิภาพการวางไข่ของแมลงในฤดูกาลต่างๆ (Seasonal Change in the Fecundity)

เตรียมท่อนกาแฟสำหรับให้ตัวเมียวางไข่ โดยใช้ต้นกาแฟขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยประมาณ 1.3 ซม. ตัดรากและใบออกให้หมดให้มีความยาวจากโคนถึงปลายประมาณ 25 ซม. พันด้วยเชือกฟางสีขาวใสเป็นริ้ว เริ่มจากโคนต้นขึ้นมาจนถึงปลาย ยึดหัวท้ายด้วยหมุดหัวโต จุดประสงค์เพื่อให้ตัวเมียได้สอดอวัยวะสำหรับวางไข่ (Ovipositor) ผ่านระหว่างเชือกฟางและผิวเปลือกท่อนกาแฟ ทำให้สังเกตกลุ่มไข่ได้ง่าย ตรงโคนท่อนกาแฟพันด้วยกระดาษทิชชูชุบน้ำพอหมาดๆ เพื่อให้ท่อนกาแฟคงความสด และยังใช้สำหรับเป็นแหล่งน้ำให้ด้วงหนวดยาวได้อาศัยกิน ทำการเปลี่ยนท่อนกาแฟใหม่ทุกวัน ศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของแมลง วัดขนาดของตัวเต็มวัย ท่อน

กาแฟที่มีไข่นำมาตรวจนับ จดบันทึกปริมาณไข่ของแมลงแต่ละคู่ในแต่ละวัน เนื่องจากขณะที่ด้วงหนวดยาวตัวเมียวางไข่จะสร้างสารเหนียวยึดไข่ด้านหนึ่งให้ติดแน่นกับเปลือกไม้ จึงเป็นการยากที่จะเขี่ยไข่แต่ละฟองจากผิวเปลือกกาแฟ ดังนั้นหลังจากที่นับจำนวนไข่แล้ว จึงแกะเชือกฟางที่พันท่อนกาแฟออกก่อน แล้วถากเปลือกกาแฟออกบางๆ โดยให้ติดกลุ่มไข่แต่ละกลุ่มที่วางติดบนผิวเปลือกนั้น จากนั้นจึงนำมาวางบนกระดาษกรองใน Petri dish เพื่อตรวจนับจำนวนหนอนที่ฟักจากไข่ในแต่ละวัน.

การทดลองประสิทธิภาพในการวางไข่ของแมลง ได้ทดลองซ้ำหลายครั้งในสภาพอุณหภูมิห้อง ในช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2533 และเดือนธันวาคม 2533 และถัดมาในปี 2534 เริ่มทดลองในเดือนกุมภาพันธ์, มีนาคม, สิงหาคม, และตุลาคม.

3. ประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์และความยืนยาวของอายุตัวเต็มวัย (Fecundity and Longevity)

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการในเดือนตุลาคม 2534 ด้วงหนวดยาวที่เจาะออกมาจากท่อนไม้ในกรงวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มแรก เป็นตัวเต็มวัยเพศเมียที่ยังไม่ได้รับการผสมพันธุ์ (Virgin female) แยกใส่กล่องพลาสติกขนาด 6 x 8.5 x 3.5 ซม. กล่องละ 1 ตัว กลุ่มที่ 2 ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์กันแล้วแยกจับใส่กล่องพลาสติกขนาด 18.5 x 27.5 x 10.5 ซม. กล่องละ 1 คู่ วิธีการเตรียมท่อนกาแฟให้แมลงวางไข่เหมือนในข้อ 2 นับจำนวนไข่ที่วางบนท่อนกาแฟในช่วง 3 วัน จนกระทั่งตัวเมียตาย จึงผ่าท้องเพื่อตรวจนับไข่ที่เหลือในท้อง สำหรับตัวเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ เมื่อตายลงก็ทำการผ่าท้องเพื่อตรวจนับดูไข่เช่นเดียวกัน.

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. พฤติกรรมในการผสมพันธุ์

หลังจากที่ปล่อยแมลงเข้าไปในกรงขนาดใหญ่ แมลงส่วนใหญ่จะบินจากจุดที่ปล่อยไปเกาะนิ่งอยู่รอบๆ กรง มีบางตัวบินตรงไปเกาะบนต้นกาแฟ แมลงมีการจับคู่ และผสมพันธุ์กันในช่วงเวลาเดียวกันกับที่แมลงเริ่มมีกิจกรรมต่างๆ ในช่วงเวลา 8:00 - 18:30 นาฬิกา โดยจะมีความถี่สูงในการจับคู่ผสมพันธุ์ในช่วงบ่ายถึงเย็น (วิสิทธิ์พานิช และ บูรณพานิชพันธุ์, 2535) ในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจในแต่ละวัน พบแมลงเกาะกัน และจับคู่ผสมพันธุ์กัน บริเวณเพดานกรง บนผนังและบนต้นกาแฟวันละ 1-2 คู่ โดยส่วนใหญ่แล้วจะพบแมลงจับคู่ผสมพันธุ์กันบนผนังกรงที่สูงกว่า 3 เมตรขึ้นไป หรือบนเพดานกรงมากกว่าบนต้นกาแฟ.

พฤติกรรมในการจับคู่ผสมพันธุ์ของหนอนเจาะต้นกาแฟ มี 2 แบบ แบบแรก ตัวเมียเข้าหาตัวผู้ซึ่งเกาะนิ่งอยู่ แบบที่ 2 ตัวผู้เป็นฝ่ายเข้าหาตัวเมียก่อน ในแบบแรกการจับคู่เริ่มจากตัวเมียเป็นฝ่ายเข้าหาตัวผู้ โดยพบว่าตัวผู้เกาะนิ่งอยู่ด้านบนใบบริเวณใกล้ยอดกาแฟ (Figure 1, A) ตัวเมียบินโฉบเข้ามาใกล้ ซึ่งอาจจะเกิดจากการมองเห็น หรือได้กลิ่นจากเพศผู้ จากนั้นบินลงมาเกาะบนใบ บริเวณยอดของต้นกาแฟต้นเดียวกัน (Figure 1, B) เมื่อตัวเมียเกาะบนใบแล้วสักครู่ทั้งคู่ต่างเดินเข้ามาหากัน แล้วจึงเริ่มจับคู่ผสมพันธุ์ (Figure 1, C) แบบที่ 2 ตัวเมียบินมาเกาะบนใบหรือลำต้นกาแฟ ตัวผู้ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงจะเริ่มรับรู้ว่ามีตัวเมียมาเกาะอยู่ โดยจะขยับหนวดไปมาแล้วบินโฉบเข้ามาใกล้บริเวณที่ตัวเมียเกาะอยู่ จากนั้นก็จะเดินอย่างรวดเร็วมาหาตัวเมียเพื่อจับคู่ผสมพันธุ์ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า วันหนึ่งๆ แมลงสามารถผสมพันธุ์กันได้หลายครั้งติดต่อกัน แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 10 วินาที (วิสิทธิ์พานิช, 2534).

จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ของแมลงชนิดนี้ ทั้งคู่ต่างก็ดึงดูดเข้าหาซึ่งกันและกัน อาจจะเป็นตัวเมียบินเข้าหาตัวผู้ที่เกาะอยู่ หรือตัวผู้บินเข้าหาตัวเมียที่เกาะอยู่ ซึ่งมีโอกาสเท่ากัน ในแมลงหลายชนิดเพศผู้จะผลิตสารเคมีหรือฮอร์โมนเพศ เพื่อดึงดูดเพศเมีย แมลงเพศผู้บางชนิดมีรูปร่าง สีสันสดุดตา ที่ทำให้เพศเมียสามารถสังเกตได้ง่าย จากการศึกษาของ Iwabuchi (1982) พบว่า ด้วงหนวดยาวเจาะเถาองุ่น (*Xylotrechus pyrrhoderus*) เพศเมีย มีความว่องไวในการเสาะแสวงหาเพศผู้เพื่อจับคู่ผสมพันธุ์ โดยสามารถรับรู้ตำแหน่งของเพศผู้จากการใช้หนวดสัมผัสกลิ่นฮอร์โมนเพศของเพศผู้ที่ปล่อยออกมา แม้จะอยู่ในระยะทางที่ห่างไกลออกไป ไม่สามารถมองเห็นตัวก็ตาม อย่างไรก็ตาม ด้วงหนวดยาวเพศผู้หลายชนิด ก็สามารถที่จะรับรู้ว่ามีแมลงเพศเมียอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้หนวดเป็นอวัยวะสำคัญในการรับรู้เช่นเดียวกัน (Linsley, 1959).

หนอนเจาะต้นกาแฟ *X. quadripes* ระยะที่เป็นตัวเต็มวัยไม่กินอาหาร ดังนั้นในสภาพธรรมชาติ แมลงทั้ง 2 เพศ มีโอกาสน้อยที่จะได้เจอกัน เพราะไม่มีจุดดึงดูดคือแหล่งอาหารที่จะทำให้มีโอกาสได้พบกันมากขึ้น กลิ่นของฮอร์โมนเพศ และการมองเห็นจึงอาจจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ด้วงหนวดยาวเจาะต้นกาแฟสามารถที่จะคลำทิศทางมาพบกันและจับคู่ผสมพันธุ์กันได้.

2. ประสิทธิภาพการวางไข่ของแมลงในฤดูกาลต่างๆ

ประสิทธิภาพในการวางไข่ของด้วงหนวดยาว คำนวณจากผลรวมของการวางไข่ของแมลงแต่ละตัวในช่วงทุกๆ 3 วัน หลังจากที่แมลงเจาะออกมาจากต้นกาแฟในแต่ละเดือนตลอดการทดลอง แสดงใน Figure 2. จะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนมิถุนายน, กรกฎาคม, สิงหาคม 2533 และสิงหาคม, ตุลาคม 2534 ตัวเมียมีประสิทธิภาพในการวางไข่ค่อนข้างสูงเฉลี่ย 119.8, 134.13, 144.49, 145.4 ฟอง ในแต่ละเดือนดังกล่าวตามลำดับ และเป็นช่วงที่มีการวางไข่ได้ยาวนานมากกว่า 30 วัน ในขณะที่ในช่วงเดือนธันวาคม 2533 กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2534 พบว่า

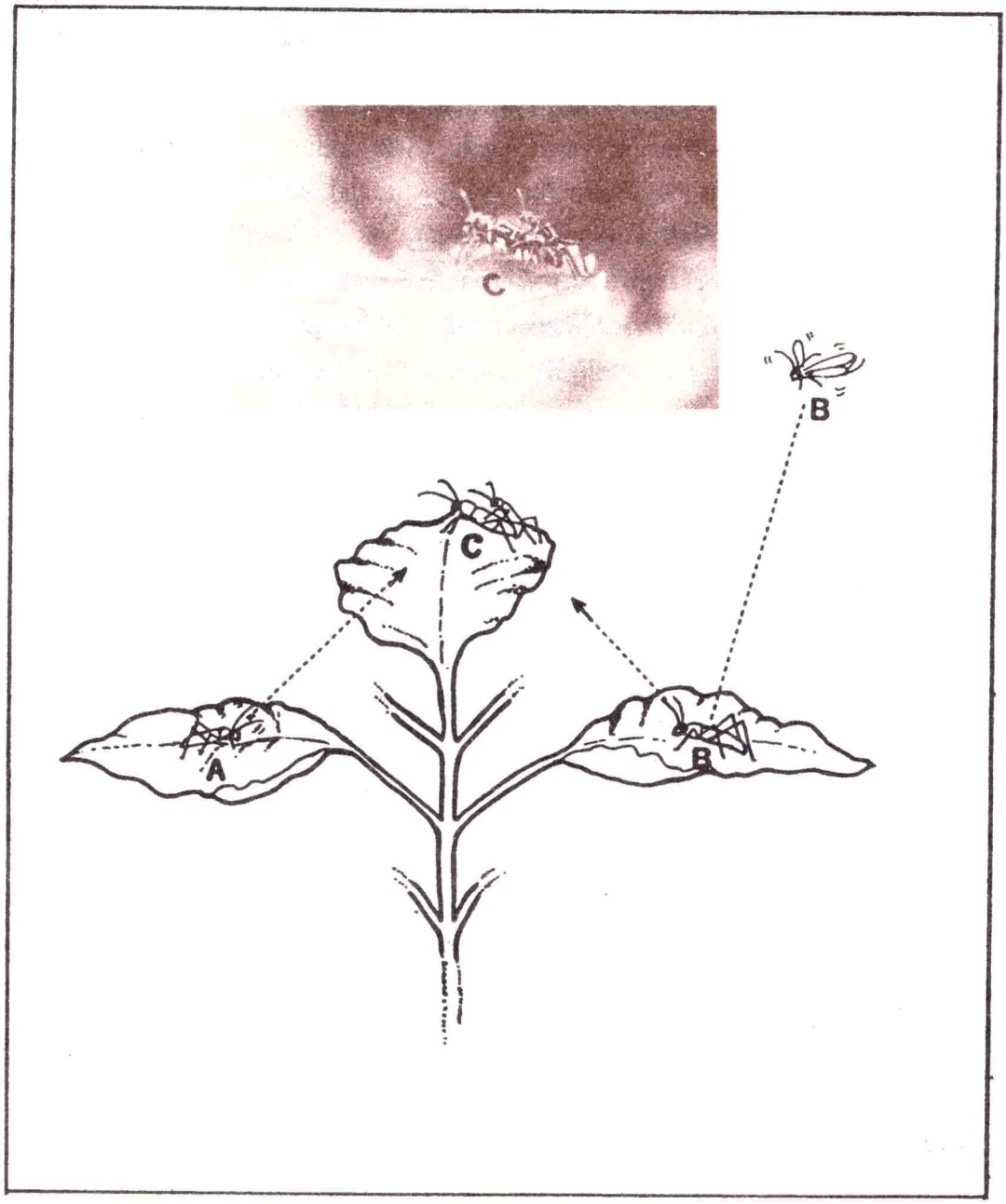

Figure 1. Sketch of a coffee plant in the field cage illustrating the mating behavior of coffee stem borer *Xylotrechus quadrips* Chevrolat on the plant. A, male beetle stayed on coffee leaf and waited for female; B, female beetle landed on the leaf; C, both male and female met and mated on the upper most leaf.

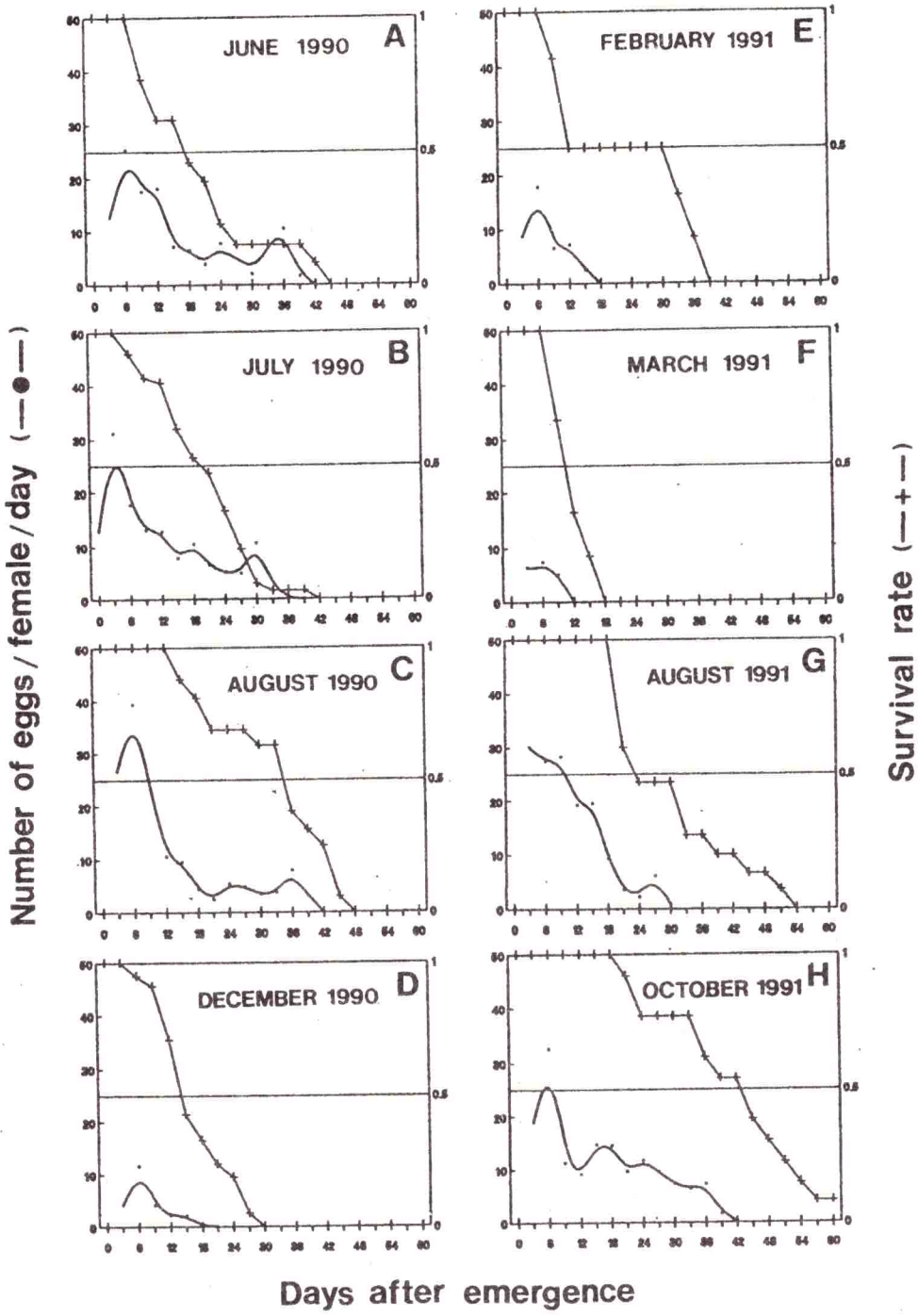

Figure 2. Fecundity curve (—●—) and survival rate curve (—+—) of adult female after emergence in the years of 1990 and 1991.

ประสิทธิภาพในการวางไข่ของแมลงลดลง เฉลี่ย 24.09, 42.33 และ 18.66 ฟอง ตามลำดับ และแมลงมีการวางไข่ช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 10-20 วัน เท่านั้น การฟักจากไข่เป็นหนอนมีเปอร์-เซนต์การฟักค่อนข้างสูงในแต่ละเดือน อยู่ในช่วงประมาณ 76-100 เปอร์เซนต์.

จากการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนที่ทำการทดลอง ผลปรากฏว่า ในเดือนมิถุนายน, กรกฎาคม, สิงหาคม 2533 และสิงหาคม, ตุลาคม 2534 มีความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 76.02, 74.17, 76.03, 78.69 และ 75.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ เฉลี่ย 58.77 และ 53.57 เปอร์เซ็นต์ จากการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่และความชื้นสัมพัทธ์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง (Linear regression) ($r = 0.73$, $p < 0.05$) ดังแสดงใน Figure 3. เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น มีผลทำให้แมลงวางไข่ได้เป็นจำนวนมากขึ้น.

ในสภาพสวนกาแฟตามธรรมชาติ จะพบตัวเต็มวัยเจาะออกมาจากต้นกาแฟเป็นจำนวนมาก เพื่อออกมาบินจับคู่ผสมพันธุ์และวางไข่ ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงตุลาคม (วิสิทธิ์พานิช, 2535) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว เป็นช่วงฤดูฝนสภาพความชื้นในอากาศค่อนข้างสูง จึงอาจจะเป็นช่วงที่มีสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นที่เหมาะสมต่อแมลงในการเจริญพันธุ์.

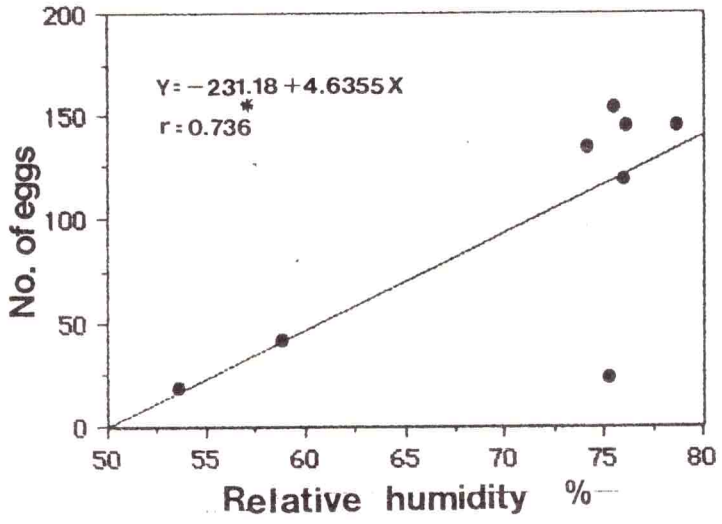

Figure 3. Relationship between relative humidity and number of eggs.

แมลงมีการวางไข่น้อยในช่วงเดือนธันวาคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม อาจจะเป็นเพราะว่าในช่วงในเดือนธันวาคม และกุมภาพันธ์ เป็นฤดูหนาว มีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.95 และ 28.16 องศาเซลเซียส ส่วนในเดือนมีนาคม เป็นเดือนที่เริ่มเข้าสู่ฤดูร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.9 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เพียง 53.57 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ตามสภาพธรรมชาติก็จะพบแมลงออกมาบิน เพื่อจับคู่ผสมพันธุ์ และวางไข่น้อยมากในช่วงเวลาดังกล่าว (วิสิทธิ์พานิช, 2535).

Adachi (1988) ได้ทำการศึกษาฤดูกาลต่างๆ ที่มีผลต่อการวางไข่ของด้วงหนวดยาวเจาะต้นส้ม (*Anoplophora malasiaca*) พบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการวางไข่ของแมลง เมื่ออุณหภูมิลดลงจะมีผลทำให้แมลงวางไข่ได้น้อยลงตามไปด้วย สำหรับการทดลองการวางไข่ของด้วงหนวดยาวเจาะต้นกาแฟครั้งนี้ เมื่อวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับจำนวนไข่ที่ด้วงหนวดยาววางแล้ว พบว่า มีความสัมพันธ์ในลักษณะควอดดราติก (Quadratic) ($r = 0.899$, $P < 0.01$) ดังแสดงใน Figure 4 กล่าวคือ ตัวเมียจะวางไข่มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจำนวนไข่ที่พบมากจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ประมาณ 31.02 - 31.52 °C เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่านี้อย่างเช่นเดือนมีนาคม อุณภูมิเฉลี่ยสูง 32.90 °C แมลงจะวางไข่ลดน้อยลง.

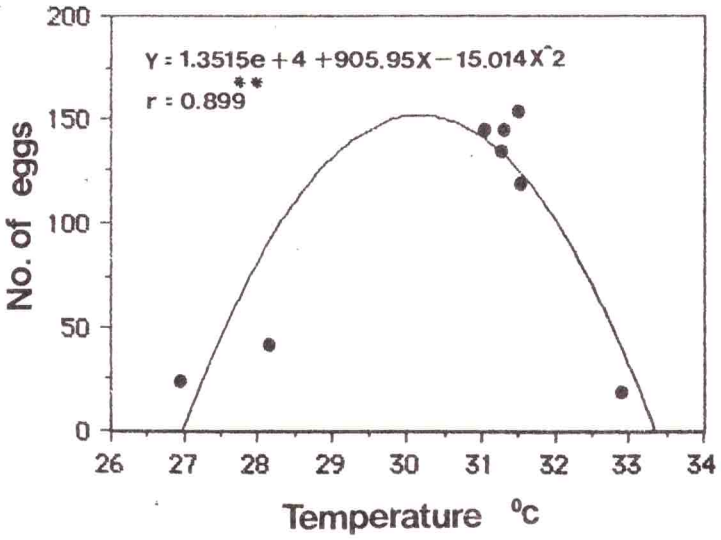

Figure 4. Relationship between temperature and number of eggs.

3. ประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์และความยืนยาวของอายุตัวเต็มวัย

3.1 ตัวเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ (Virgin Female)

ด้วงหนวดยาวตัวเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ จะไม่ยอมวางไข่ แม้จะมีไข่ที่เจริญสมบูรณ์เต็มที่อยู่เต็มท้อง จากการผ่าท้องตรวจดูไข่หลังจากที่ตัวเมียตาย จากแมลงจำนวน 27 ตัว พบว่ามีไข่อยู่ในท้องเฉลี่ย 67.41 ฟอง ตัวเมียที่มีไข่น้อยที่สุด 13 ฟอง และมากที่สุด 162 ฟอง จากการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของตัวเมียและจำนวนไข่ที่สมบูรณ์ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง ($r = 0.90$, $P < 0.01$) (Figure 5.) ความยืนยาวของอายุตัวเต็มวัยของตัวเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ เฉลี่ย 28.63 วัน ตัวเมียที่มีอายุน้อยที่สุด 13 วัน และอายุมากที่สุด 49 วัน ขนาดและอายุของแมลงมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งเช่นกัน ($r = 0.81$, $P < 0.01$) (Figure 6.) แมลงที่มีขนาดลำตัวใหญ่มีน้ำหนักมาก จะมีอายุยืนยาวกว่าแมลงที่มีขนาดเล็ก.

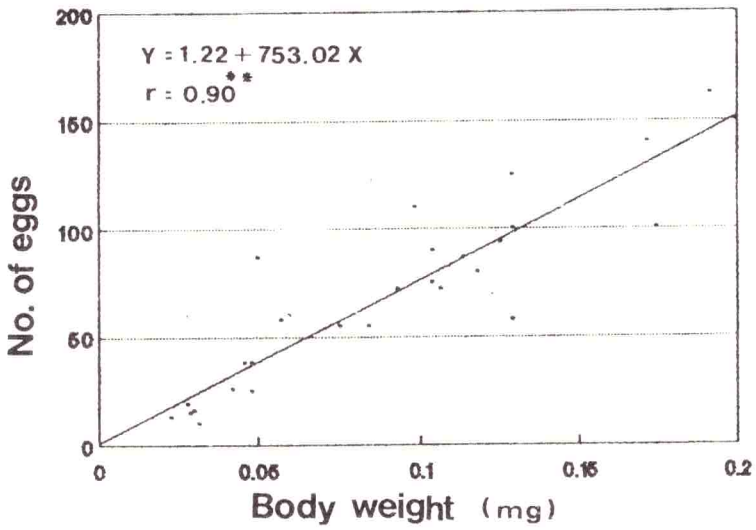

Figure 5. Relationship between virgin female body weight and number of mature eggs.

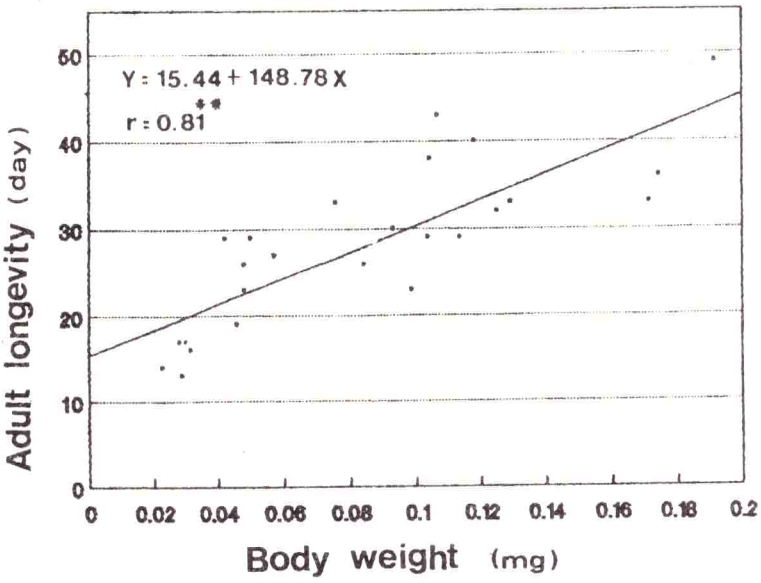

Figure 6. Relationship between virgin female body weight and longevity.

3.2 ตัวเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์

ตัวเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว หลังจากนั้นประมาณ 1-5 วัน จึงเริ่มวางไข่ ซึ่งมีช่วงก่อนการวางไข่ (Pre-ovipositional period) เฉลี่ย (± SD) 2.69 ± 1.03 วัน (Table 1.) ตัวเมียตัวหนึ่งๆ สามารถวางไข่ได้ตั้งแต่ 7 ถึง 350 ฟอง เฉลี่ย 144.46 ± 114.78 ฟอง ตลอดชั่วอายุ (Table 1.) ด้วงหนวดยาวตัวเมียส่วนใหญ่ไม่ได้วางไข่จนหมด เพราะหลังจากที่แมลงตายแล้วทำการผ่าท้องตรวจดู พบว่ามีไข่ที่สมบูรณ์อยู่ในท้องจำนวนตั้งแต่ 1-80 ฟอง เฉลี่ย 13.85 ± 25.57 ฟอง ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าตัวเมียจะวางไข่เพียง 91.25% ของจำนวนไข่ที่ผลิตขึ้น ตัวเมียมีอายุยาวนาน 24-78 วัน เฉลี่ย 46.85 ± 15.77 วัน ตัวเมียอายุน้อยที่สุด 24 วัน ขณะที่ตัวที่อายุมากที่สุดอยู่ได้นานถึง 78 วัน (Table 1.) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ พบว่า ขนาดของลำตัวมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับจำนวนไข่ที่วาง ($r = 0.75$, $P < 0.01$) (Figure 7.) และขนาดของลำตัวก็มีสัมพันธ์กับความยืนยาวของอายุ ($r = 0.63$, $P < 0.05$) (Figure 8.) ตัวเมียที่มีขนาดตัวใหญ่ น้ำหนักมาก สามารถผลิตไข่ได้มาก และตัวเมียที่มีอายุยาวนานมีประสิทธิภาพในการวางไข่ได้มากกว่าตัวเมียที่มีอายุสั้น.

Table 1. Date of collection, body size and some reproductive properties of *Xylotrechus quadripes* females used in this trial

Individual number	Date of collection	Body size (mm)	Preovipositional period (days)	Longevity (days)	No. of eggs deposited	No. of eggs of remain	Tatal no. of eggs
1	10.24	2.7 x 13.0	3	65	32	10	42
2	10.24	2.7 x 12.0	5	49	44	3	47
3	10.24	3.0 x 12.0	3	40	87	1	88
4	10.24	3.3 x 12.5	3	55	69	-	69
5	10.25	2.2 x 11.0	3	41	7	-	7
6	10.25	4.5 x 15.6	2	59	180	-	180
7	10.25	4.0 x 11.5	2	27	194	2	196
8	10.25	4.5 x 16.0	2	26	59	60	119
9	10.25	2.4 x 11.5	2	24	73	80	153
10	10.25	4.0 x 15.3	2	44	290	2	292
11	10.30	4.5 x 17.0	1	78	350	2	352
12	10.30	4.8 x 18.0	4	51	306	13	319
13	10.31	3.5 x 13.8	3	50	187	7	194
Mean			2.69	46.85	144.46	13.85	158.31
SD			1.03	15.77	114.78	25.57	110.94

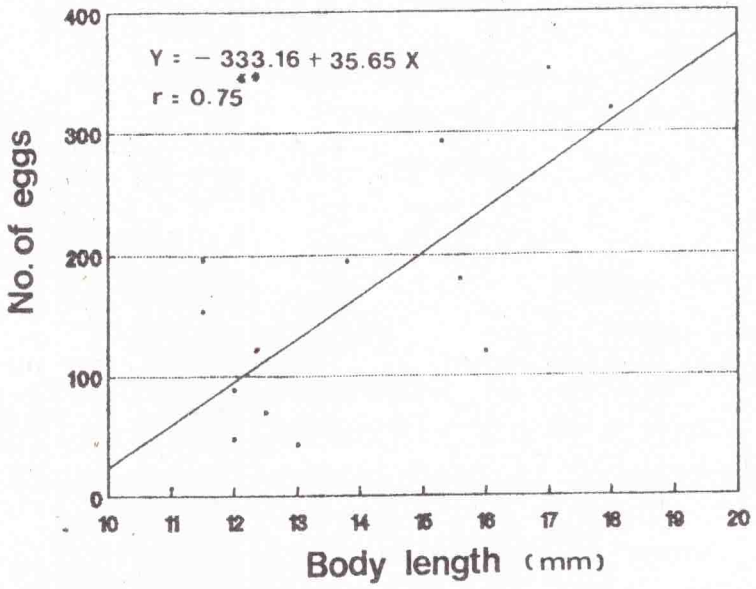

Figure 7. Relationship between body length and number of eggs.

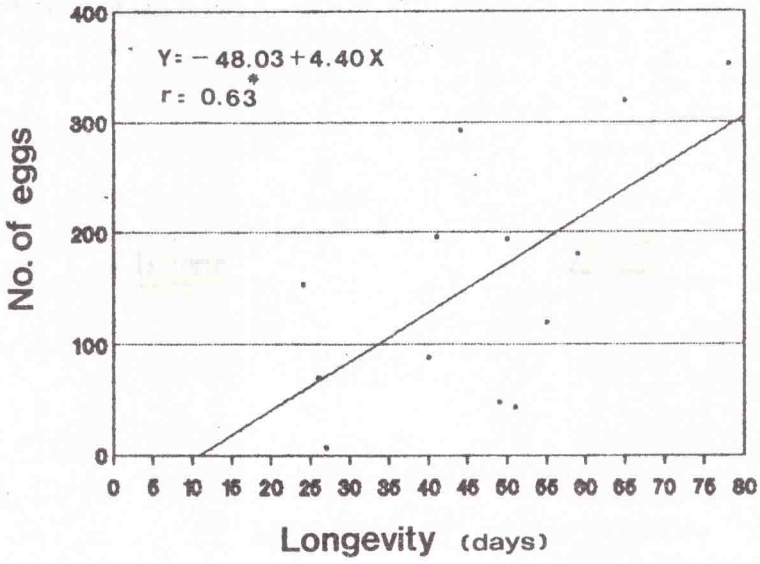

Figure 8. Relationship between longevity and number of eggs.

ผลการทดลองครั้งนี้ใกล้เคียงกับผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการวางไข่ และขนาดรูปร่างของด้วงหนวดยาวที่ได้มีการศึกษาแล้วหลายชนิด เช่น Ochi (1969) รายงานว่า ประสิทธิภาพของวางไข่ของด้วงหนวดยาว *Monochamus alternatus* จะเพิ่มขึ้นเมื่อแมลงมีขนาดใหญ่ขึ้น และในด้วงหนวดยาวเจาะต้นส้ม *Anoplophora malasiaca* ว่าขนาดของตัวเต็มวัยและความยืนยาวอายุมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งกับประสิทธิภาพในการวางไข่ (Adachi, 1988).

ประสิทธิภาพในการวางไข่ของด้วงหนวดยาว คำนวณจากการวางไข่ของแมลงแต่ละตัวในช่วงทุกๆ 3 วัน หลังจากที่แมลงเจาะออกมาจากต้นกาแฟจนกระทั่งแมลงตาย พบว่าแมลงวางไข่เป็นจำนวนมากในช่วงสัปดาห์แรกที่เจาะออกมาจากต้นกาแฟ โดยพบช่วงที่สูงที่สุด เฉลี่ย 32.54 ฟอง หลังจากนั้นปริมาณการวางไข่จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ตามอายุขัยที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งแมลงตาย ซึ่งข้อมูลนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาชีวประวัติของหนอนเจาะต้นกาแฟในห้องปฏิบัติการช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2533 (วิสิทธิ์พานิช, 2534) รูปแบบการวางไข่ของแมลงเมื่อนำมาเขียนกร๊าฟ จะมีรูปร่าง คล้ายระฆัง (Bell - shaped) ซึ่งจะมีหางส่วนท้ายค่อนข้างยาว (Figure 2, H) รูปแบบการวางไข่ของแมลงชนิดนี้คล้ายคลึงกับรูปแบบการวางไข่ของด้วงหนวดยาวหลายชนิด เช่น *Anoplophora malasiaca, Monochamus alternatus* และ *Acalolepta luxuriosa* (Adachi, 1988; Togashi and Magira 1981; Akutzu, 1985) ส่วนใหญ่แล้วตัวเมียจะวางไข่เป็นจำนวนมากในช่วงครึ่งแรกของอายุขัยมากกว่าในช่วงครึ่งหลังของอายุขัย ประสิทธิภาพในการวางไข่ (Potential fecundity) ของด้วงหนวดยาว ซึ่งคำนวณจากผลรวมของการวางไข่ในช่วงอายุต่างๆ ของตัวเต็มวัย ช่วงเฉลี่ย 145.4 ฟอง.

จากกร๊าฟอัตราการอยู่รอด (Survivalship curve) ของแมลง (Figure 2, H) จะเห็นว่า หลังจากที่เจาะออกมาจากต้นกาแฟ แมลงมีอัตราอยู่รอดสูงในช่วง 18 วัน หลังจากนั้นแมลงเริ่มตายลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะหลังจาก 30 วันไปแล้ว แมลงมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น เมื่ออายุของแมลงมากขึ้น.

เอกสารอ้างอิง

พงษ์แสวง, ไกวิทย์., จิตต์ชื่น, วินัย., คมสัน, อัมพร., สุทธยศ, สุชา. (2533). สารฆ่าแมลงบางชนิดกับหนอนแทะเปลือกลำต้นกาแฟ. รายงานการประชุมทางวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 2 กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ.

วิสิทธิ์พานิช, จริยา. (2532). แมลงศัตรูกาแฟอราบิก้าที่สำคัญบนที่สูงของประเทศไทย และแนวทางป้องกันกำจัด. วารสารเกษตร 5(1): 55-62.

วิสิทธิ์พานิช, จริยา. (2534). การศึกษานิเวศวิทยาของหนอนเจาะต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat (Coleoptera : Cerambycidae) ในภาคเหนือของประเทศไทย I. รูปร่างลักษณะและชีววิทยาของแมลง. วารสารเกษตร. 7(3): 228-241.

วิสิทธิ์พานิช, จริยา และ บูรณพานิชพันธุ์, ไสว. (2535). ลักษณะนิสัยและพฤติกรรมตัวเต็มวัยของหนอนเจาะต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat ในเวลากลางวัน. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 8(3) กำลังจัดพิมพ์.

Adachi, I. (1988). Reproductive biology of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* Thomson (Coleoptera : Cerambycidae), in citrus trees. Appl. Ent. Zool. 23(30) : 256-264.

Akutzu, K. (1985). Studies on biology and control of udo longicorn beetle (*Acalolepta luxuriosa* Bates). Bull. Tokyo Metrop. Agric. Exp. Stn. 18: 1-72.

Iwabuchi, K. (1982). Mating behavior of *Xylotrechus pyrrhoderus* Bates (Coleoptera : Cerambycidae) I. Behavioral sequences and existence of the male sex pheromone. Appl. Ent. Zool. 17(4) : 494-500.

Linsley, E.G. (1959). Ecology of Cerambycidae. Ann. Rev. Ent. 4 : 99-138.

Ochi, K. (1969). Ecological studies on cerambycid injurious to pine trees (II) Biology of two *Monochamus* (Coleoptera, Cerambycidae). J. Jap. For. Soc. 51: 188-192.

Subramanium, T.V. (1934). The coffee stem borer. Bull. Dept. Agric. Mysore, Ent. Ser. 11, 18 pp., Bangalore.

Sekhar, P.S. (1958). Pests of coffee and their control. Indian Coffee 22: 220-242.

Togashi, K. and Magira, H. (1981). Age-specific survival rate and fecundity of the adult Japanese pine sawyer, *Monochamus altesnatus* Hope (Coleoptera : Cerambycidae), at different emergenic times. Appl. Ent. Zool. 16(4) : 351-361.

Wyniger, R. (1962). Pests of Crop in Warm Climates and their control. Besel Verlag Fur Recht and Gesell Schaff AG. 55 p.

ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ข้าพเจ้า .....

ที่อยู่ ..... อำเภอ ..... จังหวัด ..... รหัสไปรษณีย์ .....

โทรศัพท์ ..... อาชีพ/ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

มีความต้องการสมัครเป็นสมาชิก "วารสารเกษตร" ตั้งแต่ ฉบับที่ .... ปีที่ ..... เดือน .....

พ.ศ. ..... เป็นต้นไป

เป็นจำนวน ..... ฉบับ หรือ ..... ปี

พร้อมนี้ได้ส่งเงินค่าสมาชิกจำนวน ..... บาท (.....) มาโดยทาง

☐ ธนาณัติ

☐ เช็คไปรษณีย์

สั่งจ่าย ณ ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002

ลงชื่อ ..... ผู้สมัคร

(.....)

กรุณา ส่งแบบฟอร์มไปที่

บรรณาธิการ วารสารเกษตร

หรือ คุณวิไลพร ธรรมตา

งานวิจัยและพัฒนา

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

อัตราค่าสมัครปีละ 120.- บาท ท่านจะได้รับ วารสารเกษตร ราย 4 เดือน รวม 3 ฉบับ ค่าส่งทางไปรษณีย์ฟรี และท่านสามารถสมัครครั้งละกี่ปีก็ได้ เช่น 2 ปี 240 บาท 3 ปี 360 บาท เป็นต้น

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่รับตีพิมพ์

1.1 ผลงานวิจัย

1.2 บทความรีวิวปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

2.1 ต้นฉบับ : ควรส่งต้นฉบับที่เตรียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ในแผ่นบันทึกข้อมูล บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 65 ตัวอักษร และหน้าละ 32 บรรทัด โดยพิมพ์เว้นบรรทัดห่างและพิมพ์หน้าเดียว พร้อมกับพิมพ์ลงบนกระดาษ A4 อย่างละ 1 ชุด

2.2 บทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

2.3 คำย่อ (Key word) ของชื่อเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

2.4 ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษล้วน พิะพ์แยกไว้ต่างหากจากเนื้อเรื่อง แต่ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏในเนื้อเรื่องอย่างชัดเจน

2.5 ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏในเนื้อเรื่องอย่างชัดเจน ภาพถ่าย (ขาวดำ) มีขนาด 9.00 x 13.5 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกสีดำเขียนบนกระดาษอาร์ตหนา หรือกระดาษเขียนแบบ ส่วนกราฟให้ส่งข้อมูลดิบแนบมาด้วย

2.6 เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

2.6.1 ในเนื้อเรื่อง : การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบนามสกุล และปี (พศ.) เช่น สิทธิพรชัย (2526) รายงานว่า .... หรือ ... (สิทธิพรชัย, 2526) ในกรณีที่เป็นภาษาอังกฤษก็เช่นเดียวกัน ใช้นามสกุลและปี (คศ.) เช่น Jone and Smith (1980) ในกรณีที่มีผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้และคณะ หรือ *et al.* ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงใส่ชื่อหมดทุกคน

2.6.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่

1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้ :-

ผู้แต่ง (ชื่อสกุล, ชื่อต้น) ปี (พ.ศ. แต่ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ ค.ศ.)

ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ย่อถ้ามี) ปีที่ : หน้า

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

2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้ :-

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

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

3. การเสนอเรื่อง

เรื่องลงพิมพ์ส่งได้ตลอดเวลา ถึง

บรรณาธิการ วารสารเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

JOURNAL OF AGRICULTURE

VOLUME 8 NO. 2 MAY-AUGUST 1992

ISSN 0857-0841