วารสารเกษตร

ปีที่ 2 เล่มที่ 1 มกราคม 2529

ISSN 0857-0841

วารสารเกษตร

Journal of Agriculture

ISSN : 0857-0841

เจ้าของ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทร. 221699 - 116 เชียงใหม่, 50002

วัตถุประสงค์
1. เผยแพร่ผลงานวิจัย และบทความทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

ระเบียบการ
1. ออกราย 6 เดือน (มกราคม และ กรกฎาคม)
2. ค่าบำรุงสมาชิกบอกรับวารสาร ต้องชำระล่วงหน้าโดยทางธนาณัติหรือตั๋วแลกเงินทางไปรษณีย์ที่บรรณาธิการ (ปท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) ปีละ 60 บาท
3. การส่งเรื่องตีพิมพ์ ส่งให้กับบรรณาธิการ, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50002

ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร

วันที่_____เดือน_____พ.ศ._____

ข้าพเจ้า_____

ที่อยู่_____อำเภอ_____

จังหวัด_____โทรศัพท์_____ อาชีพ/ตำแหน่ง_____

สถานที่ทำงานหรือสถานศึกษา_____

_____

สาขาวิชาที่สนใจ_____

_____

_____

ขอสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร พร้อมนี้ได้ส่งเงินค่าสมัครสมาชิกจำนวน 60 บาท มาโดย

☐ ธนาณัติ

☐ เช็คไปรษณีย์

ส่งจ่าย ณ ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในนามของบรรณาธิการ

ลายเซ็น_____ผู้สมัคร

บทบรรณาธิการ

การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตฉันใด การปรุงวารสารเกษตรก็ถือว่าเป็นความจำเป็นฉันนั้น ตั้งแต่ฉบับนี้เป็นต้นไปกองบรรณาธิการได้กำหนดให้เรื่องที่พิจารณาตีพิมพ์ มีชื่อเรื่องเป็นภาษาอังกฤษกำกับชื่อเรื่องภาษาไทย และ ได้ตกลงกันให้มีส่วนเป็นภาษาอังกฤษแทรกอยู่ในเรื่องอีกด้วย เพื่อเผยแพร่ผลงานของผู้เสนอเรื่องลงตีพิมพ์ให้กว่างไกลยิ่งขึ้นจนถึงผู้ร่วมงานในต่างประเทศ ทั้งนี้ได้ตั้งความหวังจะมีการติดต่อกันและกัน ระหว่างนักวิจัยข่าวไทยและชาวต่างประเทศเกิดขึ้น จากการปรับปรุงวารสารเกษตรครั้งนี้ ยิ่งกว่านั้นการปรับปรุงนี้จะช่วยเหลือให้นักวิชาการทั้งหลายสามารถอ้างอิงเอกสารจากเรื่องที่ตีพิมพ์แล้วในวารสารเกษตรนี้ในวารสารภาษาต่างประเทศใด ๆ ได้อย่างมีเอกภาพ เนื่องจากมีชื่อเรื่องภาษาอังกฤษกำกับไว้เป็นการแน่นอน ผู้นำไปอ้างอิงไม่จำเป็นต้องแปลชื่อเรื่องจากต้นฉบับเดิมเป็นภาษาอังกฤษ แบบต่างคนต่างแปลเอาเองอีกต่อไป ในทำนองเดียวกันนั้น ผู้อ่านที่พบการอ้างอิงจากวารสารของเราก็สามารถติดตามเรื่องเต็มจากผู้รายงานเจ้าของเรื่องได้ง่ายยิ่งขึ้น

ในโอกาสที่ปี พ.ศ. 2529 เป็นปีที่ 20แห่งการสถาปนาคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กองบรรณาธิการจึงขอเชิญชวนนักวิจัย นักวิชาการทั้งหลาย ทั้งภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และในที่ต่าง ๆร่วมส่งผลงานของท่านมาลงตีพิมพ์ฉลองวาระครบรอบปีที่ 20 กับคณะเกษตรศาสตร์ เพื่อเป็นเกียรติร่วมกันสืบไป และในวาระแห่งปีใหม่นี้ กองบรรณาธิการและผู้ร่วมงานในคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอส่งความปรารถนาดีให้นักวิจัย และผู้อ่านทุกท่าน ประสบแต่ความสุขและความสำเร็จตลอดปี 2529

บรรณาธิการ

วารสารเกษตร 2, 1 : 1-16 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 1-16 (1986)

สมรรถภาพในการผลิตของวัวรุ่นที่ได้รับฟางข้าวเสริมกระถินและรำ เปรียบเทียบกับฟางปรุงแต่งและรำ

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002

COMPARISON OF DIETS OF RICE STRAW, LEUCAENA LEAVES AND RICE BRAN WITH UREA TREATED STRAW AND RICE BRAN FOR GROWING CATTLE.

Boonserm Cheva-Isarakul and Boonlom Cheva-Isarakul
Deaprtment of Animal Husbandry,
Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.
Chiang Mai 50002

ABSTRACT : Sixteen cross-bred Black and White bulls initially about 105 kg and 7 months of age were randomly allocated to 2 groups. One group was given 5% urea treated straw ad libitum and the other untreated rice straw ad libitum plus 0.5 kg dry leucaena leaves. All bulls also received 1 kg rice bran/d. The nutritive value of the four feedstuffs (untreated straw, urea treated straw, leucaena leaves, and rice bran) were as follows:- 4.3, 5.3, 28.6 and 13.3% CP; 51.9, 58.3, 58.8 and 64.8% IVOMD.

Animals given untreated rice straw plus leucaena leaves consumed more dry matter (2.8 VS 2.4 kg/d), organic matter (2.3 VS 2.0 kg/d), crude protein (310 VS 198 g/d) and digestible organic matter (1.4 VS 1.1 kg/d), and growth rate and feed conversion ratio were also better ($P < 0.05$) than those receiving treated rice straw with the same level of rice bran.

Supplementation of rice straw with dry leucanena leaves at 0.5 kg/d gave better animal performance and lower feed cost than urea-treated straw when 1 kg/d rice bran was also given.

บทคัดย่อ วัวรุ่นลูกผสมสายเลือดยาว-ดำ อายุประมาณ 7 เดือน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 105 กก. จำนวน 16 ตัว ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มโดยการสุ่ม กลุ่มแรกได้รับฟางปรุงแต่งด้วยยูเรีย 5% อย่างเต็มที่ กลุ่มหลังได้รับฟางธรรมดาเต็มที่และเสริมด้วยใบกระถินแห้ง 0.5 กก. ต่อตัวต่อวัน วัวทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับรำละเอียดด้วยวันละ 1 กก. ต่อตัว คุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด (ฟางธรรมดา ฟางปรุงแต่ง ใบกระถินแห้ง รำละเอียด) คือโปรตีนรวม 4.3, 5.3, 28.6 และ 13.3% พลังงานย่อยได้ 8.5, 9.6, 10.8 และ 12.7 เมกะจูลส์/กก.วัตถุแห้ง และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ 51.9, 58.2, 58.8 และ 64.8% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกัน วัวกลุ่มที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมกระถิน กินอาหารได้มากกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางปรุงแต่งทุกด้าน คือวัตถุแห้ง (2.8 กับ 2.4 กก./วัน) อินทรีย์วัตถุ (2.3 กับ 2.0 กก./วัน) โปรตีนรวม (310 กับ 198 ก./วัน) และอินทรีย์วัตถุย่อยได้ (1.4 กับ 1.1 กก./วัน) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่า ($P < 0.05$) ด้วย ผลจากการทดลองนี้สรุปได้ว่า การให้ฟางธรรมดาเสริมด้วยกระถินและรำละเอียด (0.5 และ 1.0 กก./ตัว/วัน) จะทำให้วัวรุ่นมีสมรรถภาพในการผลิตดีกว่า และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าพวกที่ได้รับฟางปรุงแต่งด้วยยูเรียและรำในอัตราเดียวกัน

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่า ฟางข้าวเป็นอาหารหลักสำหรับวัวควายในฤดูแล้ง แต่เนื่องจากฟางข้าวมีความน่ากินน้อย โภชนะและการย่อยได้ต่ำ จึงทำให้สัตว์ไม่สามารถรักษาน้ำหนักตัวไว้ได้ เมื่อกินฟางเป็นอาหารแต่เพียงอย่างเดียว (วงศ์ศรีแก้ว และวรรณพัฒน์ 2526, ศิริ และ เนียมทรัพย์ 2526) การใช้ยูเรียปรุงแต่งฟางมีผลทำให้การ

ย่อยได้ของฟางดีขึ้น (พรหมมา และคณะ 2525 วรรณวัฒน์ และคณะ 2525, ชีวอิสระกุล และ โพธิกานนท์ 2527) ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนีย ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของยูเรียเมื่อละลายน้ำจะมีฤทธิ์เป็นด่าง สามารถย่อยสลายพันธะระหว่างลิกนินและเซลลูโลสทำให้เอ็นไซม์จากจุลินทรีย์สามารถเข้าย่อยสลายเซลลูโลสและโภชนะภายในเซลล์ได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้โปรตีนรวมในฟางสูงขึ้น เป็นเหตุให้สัตว์กินฟางได้มากขึ้นและมีสมรรถภาพในการผลิตดีขึ้น (พรหมมา และคณะ 2525, Perdox et al. 1982) อย่างไรก็ดี การปรับปรุงคุณภาพฟางด้วยยูเรียนี้ยังไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควรในทางปฏิบัติ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตสูง เพราะยูเรียในบ้านเรามีราคาแพง และต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนแรงงานในการหมักด้วย จากการประเมินของศูนย์ส่งเสริมการเลี้ยงโคนม (2526) พบว่าต้นทุนในการทำฟางปรุงแต่งจะตกประมาณ กก.ละ 0.52-1.36 บาท ขณะที่ฟางธรรมดามีราคา กก.ละ 0-0.86 บาท การเสริมฟางด้วยอาหารหยาบคุณภาพสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่หาได้ง่ายในฟาร์ม เช่น ใบกระถิน ต้นถั่วลิสงหลังเก็บฝัก ใบปอ ใบแคฝรั่ง ใบหัวไชเท้าหลัง หรือฝักจามจุรี จะช่วยทำให้สัตว์ได้รับโภชนะเพิ่มขึ้นและเจริญเติบโตดีขึ้น (ถวิลประวัติ และคณะ 2519, ศิริ และ เนยยาทรัพย์ 2526 และ Perdox et al. 1982) การเสริมฟางด้วยวัสดุดังกล่าวน่าจะเป็นวิธีที่เกษตรกรนำไปใช้ เพราะจากเป็นวิธีที่ง่ายสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อย Promma et al. (1984) ได้รายงานว่า วัวนมที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมด้วยกระถิน 0.5% ของน้ำหนักตัว/วัน ผลิตนมได้ในปริมาณและคุณภาพที่ทัดเทียมกับพวกที่ได้รับฟางปรุงแต่งด้วยยูเรีย 4 และ 6% รายได้สุทธิจากการใช้ฟางธรรมดาเสริมด้วยกระถินเป็นอาหารฐานในการผลิตนม มีแนวโน้มว่าจะสูงกว่าพวกใช้ฟางปรุงแต่งเล็กน้อย แต่ความแตกต่างนี้ก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ ชีวะอิสระกุล และ โพธิกานนท์ (2527) พบว่า วัวรุ่นที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมด้วยกระถิน 0.5 กก./ตัว/วัน มีอัตราการเจริญเติบโตทัดเทียมกับพวกที่ได้รับฟางปรุงแต่งด้วยยูเรีย 6% เป็นอาหารฐาน อัตราการเปลี่ยนอาหาร (กก.อาหาร/

กก.น้ำหนักเพิ่ม) และต้นทุนที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ของพวกที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมด้วยกระถิน ก็มีแนวโน้มที่จะดีกว่า แม้ว่าความแตกต่างนี้จะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม การเลี้ยงวัวรุ่นโดยใช้อาหารหยาบทั้ง 2 กลุ่ม ร่วมกับการใช้อาหารผสมที่มีโปรตีน 16% เสริมวันละ 1 กก.ต่อตัว จะทำให้วัวดังกล่าวมีอัตราการเจริญเติบโตได้วันละประมาณ 0.45 กก. อย่างไรก็ดีในท้องที่ห่างไกลและสำหรับเกษตรกรที่มีทุนทรัพย์น้อยอาหารผสมที่ค่อนข้างจะมีปัญหาในการซื้อหา ดังนั้นถ้าสามารถใช้วัตถุดิบอื่นเช่น ฟาง ซึ่งเกษตรกรสามารถซื้อได้ในราคาถูก หรือมีอยู่แล้ว ก็จะทำให้สะดวกยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการทดลอง เพื่อยืนยันว่าการใช้ฟางธรรมดาเสริมด้วยใบกระถิน สามารถใช้แทนฟางหมักได้ โดยในการทดลองนี้ใช้ฟางเป็นอาหารหยาบแทนอาหารผสม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองนี้ได้ทำที่ไร่นิกคละเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้โครุ่นลูกผสมสายเลือดขาว-ดำ จำนวน 16 ตัว อายุประมาณ 7 เดือน น้ำหนัก 87-122 กก. แบ่งวัวทั้งหมดออกเป็น 8 คู่ ให้แต่ละคู่มีน้ำหนักเท่าหรือใกล้เคียงกัน ในแต่ละคู่ลุ่มให้แต่ละตัวได้รับอาหารกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในสองกลุ่มนาน 98 วัน ในระหว่างเดือน ก.ค.-ต.ค. 2527 ดังนี้

1) ฟางปรุงแต่งด้วยยูเรีย 5% เต็มที่ และรำละเอียดผสมแร่ธาตุ 1 กก./ตัว/วัน
2) ฟางธรรมดาเต็มที่เสริมด้วยใบกระถินแห้ง 0.5 กก. และรำละเอียดผสมแร่ธาตุ 1 กก./ตัว/วัน

แร่ธาตุที่ใช้มีส่วนผสมจาก กระดูกป่น 262 ก. เกลือ 158 ก. $MgSO_4.7H_2O$ 30.5 g. $FeSO_4.7H_2O$ 17.4 g., $MnSO_4.H_2O$ 10.3 g., Sulfur 5 g., $CuSO_4.5H_2O$ 2.8 g., $CoCl_2$ 0.12 g. และ KI 0.24 g. ต่อรำ 100 กก.

ฟางปรุงแต่งทำโดยแผ่ฟางลงบนพลาสติกที่ปูพื้นชั้นละ 100 กก. ราดด้วยสารละลายยูเรีย 5 กก. ที่ละลายในน้ำ 100 ลิตร ปูฟางชั้นที่ 2 ทับและราดด้วยสารละลายยูเรียสลับกันไปเช่นนี้จนใช้ฟางครบ 500 กก. และสารละลาย 500 ลิตร ปิดกองฟางด้วยพลาสติกให้สนิท เอามัดฟางที่เหลือคลุม ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จึงเปิดกองออก นำฟางมาตากแดดจนแห้งสนิทเพื่อเก็บไว้ใช้ในการทดลอง ก่อนใช้เลี้ยงสัตว์หั่นฟางทั้ง 2 ชนิด (ฟางปรุงแต่งและฟางธรรมดา) โดยใช้เครื่องหั่นสับ ให้มีขนาดยาวประมาณ 4-6 นิ้ว

สัตว์ทดลองถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว มีน้ำให้กินตลอดเวลา ก่อนการทดลองได้ถ่ายพยาธิและฟื้นเห็บ การให้อาหารกระทำวันละ 2 ครั้ง เวลา 8.30 และ 15.30 น. ปริมาณอาหารที่เหลือจะถูกชั่ง เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินได้ ตัวอย่างอาหารจะถูกเก็บทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง แล้วสะสมไว้เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate Analysis (Naumann and Bassler 1976); Neutral detergent fibre (NDF), Acid detergent fibre (ADF) และ Acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีของ Goering and van Soest (1970); In vitro organic matter digestibility (IVOMD) และพลังงานย่อยได้ (DE) โดยวิธี Gas Production ของ Menke et al. (1979).

ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ติดต่อกัน 3 วัน ตอนเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง ในระหว่างการทดลองได้ชั่งน้ำหนักตัวสัตว์ทุก 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้คือ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหาร และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวแต่ละ 1 กก. นำมาคำนวณหาความแตกต่างทางสถิติในระหว่างทวก โดยวิธีเปรียบเทียบคู่ (paired comparison) ตามวิธีการของ Snedecor and Cochran (1973)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมี, การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และปริมาณพลังงานในอาหารทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากตารางจะเห็นได้ว่า ฟางข้าวปรุงแต่งที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีนรวมสูงกว่าฟางธรรมดาเพียง 1% เท่านั้น นับว่าต่ำกว่าการทดลองอื่น ๆ ซึ่งมักพบว่าฟางปรุงแต่งมีโปรตีนสูงกว่าฟางธรรมดา ประมาณ 3.5% (วรรณพัฒน์ และคณะ 2525, ยีวะอิสระกุล และ โพธิกานนท์ 2525, วงศ์ศรีแก้ว และ วรรณพัฒน์ 2526, Saadhullah et al. 1983) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการนำฟางที่หมักได้ไปตากแดดจนแห้งก่อนเก็บไว้ใช้ในการทดลอง จึงมีการสูญเสียไนโตรเจนไปในรูปของแอมโมเนียมาก ในการทดลองของ Promma et al. (1984) ก็พบว่าฟางที่ปรุงแต่งด้วยยูเรีย 4% มีโปรตีนรวมสูงกว่าฟางธรรมดาเพียง 1.5% เท่านั้น การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของฟางปรุงแต่งในการทดลองนี้ สูงกว่าฟางธรรมดาประมาณ 6.5% (58.3 กับ 51.8%) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วรรณพัฒน์ และคณะ (2525), ยีวะอิสระกุล และ โพธิกานนท์ (2527) และ Promma et al. (1984) ที่พบว่า ฟางปรุงแต่งมีการย่อยได้เพิ่มขึ้น 5-10% ใบกระถินแห้งที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพดีมาก เพราะมีโปรตีนสูงถึง 28.6% ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Sampet and Pattaro (1979) และ Cheva-Isarakul (1982).

ปริมาณอาหารที่กินได้และปริมาณโภชนะที่สัตว์ทั้ง 2 กลุ่มได้รับ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 พวกที่ได้รับฟางปรุงแต่งกินอาหารหยาบได้ต่ำกว่าพวกที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมกระถินอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กระถินให้ทั้งโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุ และวิตะมิน แก่จุลินทรีย์ในรูเมน ทำให้สามารถขยายจำนวนประชากรเพื่อช่วยในการย่อยอาหารได้ดีขึ้นจึงทำให้สัตว์สามารถกินอาหารได้มากขึ้น ปริมาณโปรตีนและอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ที่สัตว์กลุ่ม 2 ได้รับ ก็สูงกว่าสัตว์กลุ่ม 1 อย่างมีนัยสำคัญ

Table 1. Chemical composition and IVOMD (% dry matter) of the experimental feed.

	Rice Straw		Leucaena leaves	Rice Bran
	Untreated	Treated		
Dry matter (%)	90.5	90.5	89.7	90.3
Crude protein (%)	4.3	5.3	28.6	13.3
Crude fat (%)	1.4	1.2	5.5	16.5
Organic matter (%)	80.9	80.3	80.1	87.3
NDF (%)	78.6	80.5	35.5	19.8
ADF (%)	59.5	62.3	24.5	9.6
ADL (%)	3.3	4.0	12.5	2.6
IVOMD (%)	51.9	58.3	58.8	64.8
DE (MJ/kg DM)	8.5	9.6	10.8	12.7

NDF, neutral detergent fibre.

ADF, acid detergent fibre.

ADL, acid detergent lignin.

DE, digestible energy estimated by the method of Menke *et al* (1979).

IVOMD, *in vitro* organic matter digestibility.

อัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวทุก 1 กก. ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 กราฟที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพวกที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมใบกระถินมีน้ำหนักเริ่ม อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหาร ดีกว่าพวกที่ได้รับฟางปรุงแต่งอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะฟางปรุงแต่งที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีนรวมค่อนข้างต่ำ ประกอบกับใบกระถินแห้งที่ใช้เสริมฟางธรรมดาในกลุ่ม 2 มีคุณภาพดีมาก และสัตว์กลุ่ม 2 ก็กินอาหารได้มากกว่าสัตว์กลุ่ม 1 อย่างมีนัยสำคัญ จึงทำให้สัตว์กลุ่ม 2 ได้รับโภชนะสูงกว่าสัตว์กลุ่ม 1 ซึ่งมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตดีกว่า และใช้อาหารได้ประหยัดกว่า อย่างไรก็ดีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารในการทดลองนี้ ยังนับว่าค่อนข้างเลว เมื่อเทียบกับการทดลองก่อนของ ชีวะอิสระกุล และ โพธิกานนท์ (2527) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากรำที่ใช้ในการทดลองนี้ มีโภชนะต่ำกว่าอาหารผสมที่ใช้ในการทดลองก่อน ซึ่งมีโปรตีนรวมถึง 16.4% และมีอินทรีย์วัตถุ 91% ประกอบกับสภาพแวดล้อมและการจัดการดูแลในการทดลองนี้เลวกว่าในการทดลองก่อน คือ คอกมีสภาพชื้นแฉะ และสัตว์ทดลองได้ถูกรบกวนจากแมลงวันคอก เห็บ และไรขี้เรื้อนมาก แม้จะได้ทำการกำจัดทั้งก่อนและระหว่างการทดลองก็ไม่สามารถแก้ปัญหาได้หมดสิ้น ดังจะเห็นได้จากกราฟที่ 1 สัตว์ชะงักการเจริญเติบโตในช่วงสัปดาห์ที่ 4-6 เพราะถูกรบกวนจากไรขี้เรื้อน

ต้นทุนในการทำฟางหมัก และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ของสัตว์ทั้ง 2 กลุ่ม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 วัวที่ได้รับฟางปรุงแต่งจะต้องใช้ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่าพวกที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมกระถิน อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้พบว่าต้องใช้ต้นทุนในการผลิตน้ำหนักตัวสูงมาก ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารที่เลวดังได้กล่าวมาแล้ว สำหรับในทางปฏิบัติ ถ้าเกษตรกรมีสภาพการเลี้ยงดูที่ดี, มีใบกระถินเองในฟาร์มและสามารถหาซื้อรำได้ในราคาถูก ก็จะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้มาก

Table 2. Feed intake and production by bulls given urea-treated straw or untreated straw supplemented with Leucaena leaves (n = 8).

	Urea-treated rice straw	Untreated rice straw + Leucaena	SEM	Difference
Intake DM (kg/d)				
Straw	1.9	1.4	0.17	NS
Leucaena	0	0.5	-	-
Rice Bran	0.9	0.9	-	-
Total	2.4	2.8	0.18	$P < 0.05$
Intake total DM (% LW)	2.0	2.3	0.10	$P < 0.01$
Intake crude protein (g/d)				
Straw & Leucaena	78	191	8.21	$P < 0.01$
Total	198	310	8.21	$P < 0.05$
Intake digestible OM (kg/d)	1.1	1.4	0.08	$P < 0.05$
Initial body weight (kg)	105.7	106.4	-	-
Final body weight (kg)	128.0	136.2	2.81	$P < 0.01$
Liveweight gain (kg/d)	0.23	0.30	0.02	$P < 0.01$
Feed conversion (kg feed/kg gain)	10.4	9.3	0.41	$P < 0.05$

DM, day matter; OM, organic matter; LW, live weight; SEM, standard error of mean.
NS = non significant different at 5% level.

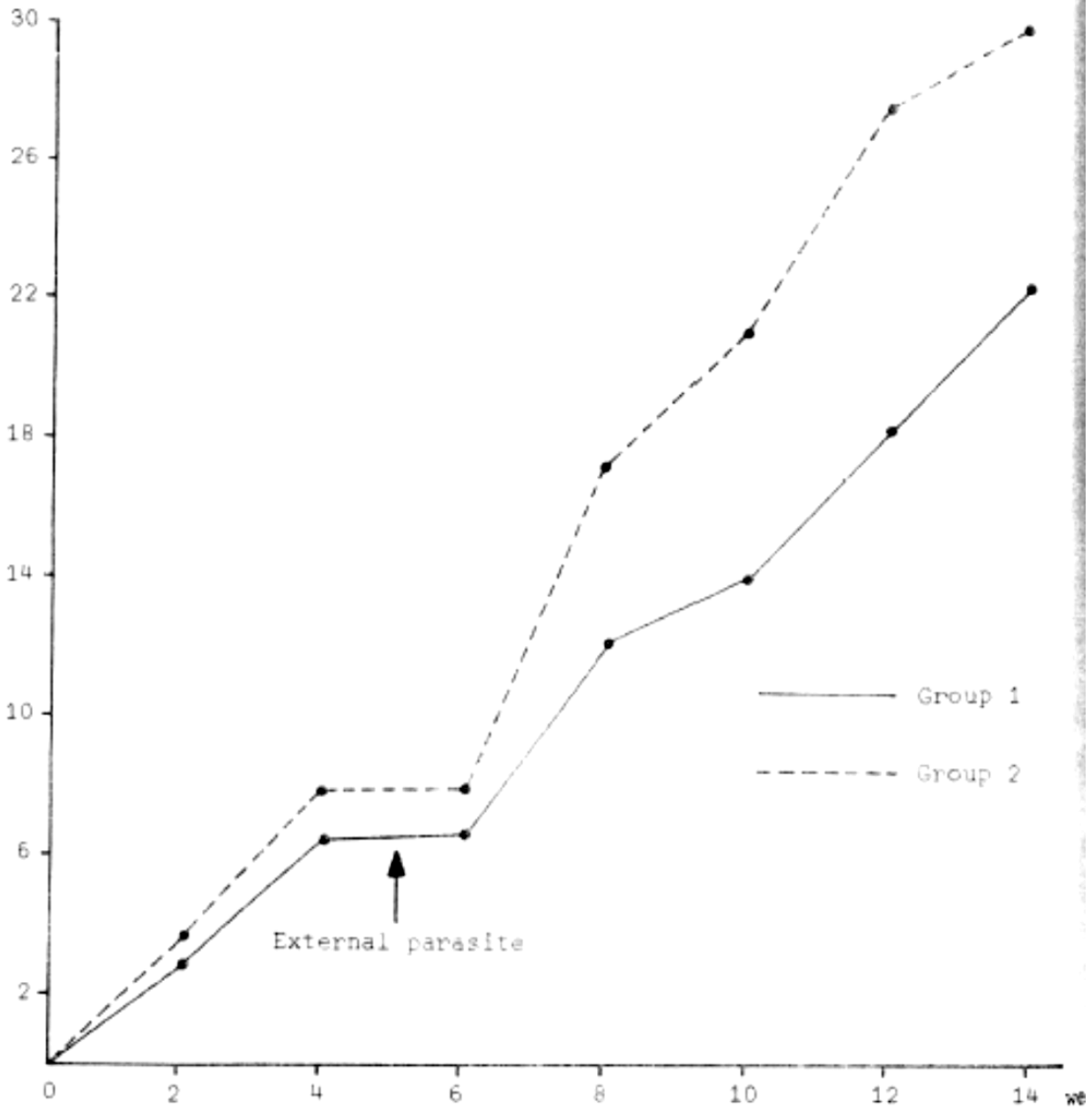


Figure 1. Average live weight gains of animals in group 1 (5% urea treate straw) and group 2 (normal straw + Leucaena leaves)

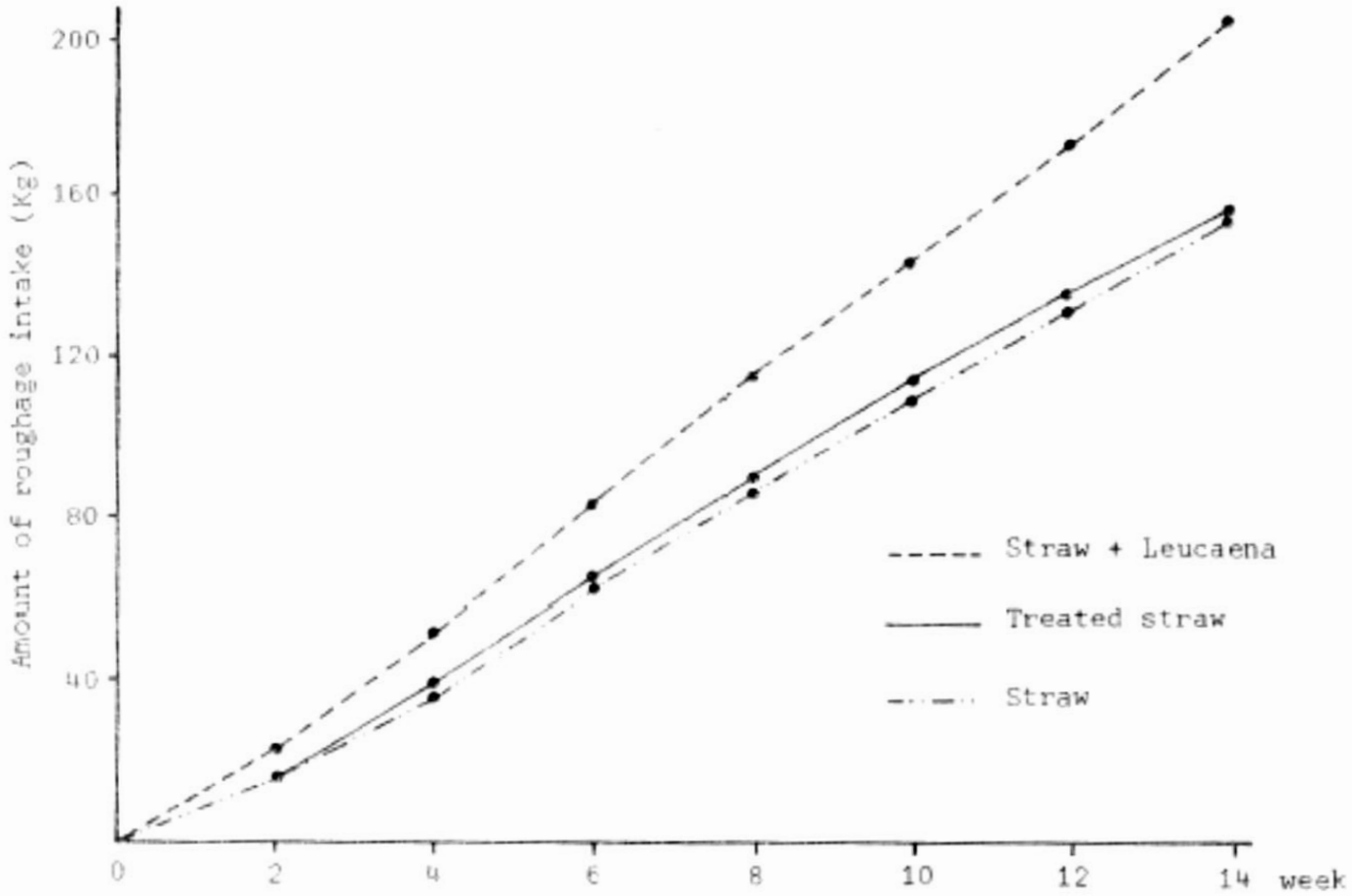


Figure 2. Amount of feed intake for 5% urea treated straw (group 1), normal straw + Leucaena leaves (group 2)

Table 3. Estimated cost of treating straw and cost of feed consumed per animal through the experiment and per kg. liveweight gain.

a) Cost of treating straw	Cost (Baht)
1000 kg. rice straw (at harvesting period)	0
1 roll of plastic (assumed to last for re-use)	95
50 kg. urea (@ 7 Baht/kg.)	350
Labour, 9 man-hours (at 10 Baht/hr.)	90
1000 kg. treated rice straw	535
Price/kg. treated rice straw	0.54

b) Average cost of feed consumed per animal and per kg weight gain.

	Urea-treated straw	Untreated straw + Leucaena
Straw intake (kg.)	153	156
Leucaena intake (kg.)	0	43
Rice bran intake (kg.)	99	99
Cost of rice straw consumed (B)	16	0
Cost of Leucaena consumed (B)	0	123
Cost of rice bran consumed (B)	333	333
Cost of feed per animal (B)	419	456
Average live weight gain (kg.)	22.4	29.9
Cost of feed/kg. gain	18.7	15.2

Leucaena leaves 2.5 Baht/kg, rice bran 3.4 Baht/kg.
27 Baht = approx. 1 US $.

สรุปผลการทดลอง

การใช้กระถินเสริมฟางข้าวธรรมดาในอัตราประมาณ 0.5 กก./ตัว/วัน ในการเลี้ยงวัวรุ่นโดยมีรำเป็นอาหารเสริมในอัตรา 1 กก./ตัว/วัน จะทำให้วัวรุ่นมีการเจริญเติบโตดีกว่า ใช้อาหารประหยัดกว่า และเสียต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. น้อยกว่าการใช้ฟางปรุงแต่งด้วยยูเรีย และเสริมรำในอัตราเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการอาหารสัตว์ ไทย-เยอรมัน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการเคมี และ คุณจิตรา ไชยเทพ ที่ช่วยในการวิเคราะห์ทางเคมี ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม และ โพธิกานนท์, นิรันดร. (2527). สมรรถภาพในการผลิตของวัวรุ่นเพศผู้ที่ได้รับฟางธรรมดาเสริมด้วยกระถิน เปรียบเทียบกับฟางปรุงแต่งด้วยยูเรียเป็นอาหารฐาน. รายงานการประชุมวิชาการ สายสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 22. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ถวิลประวัติ, สารทิล; เทียบศรี, สนอง, คัน, ที. เบนจามิน และ รัตนติลก ณ อูเทิด สุนทราภรณ์. (2514). การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟีฟอาหารสัตว์โปรตีนสูงผสมฟางข้าวในการเลี้ยงกระบือ. รายงานประจำปี 2514. ศูนย์เกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

พรหมมา สงคิด; รัตนวณิช อภิชาติ; ตุ้ยศาภีร์ สมเพชร; วิทยากร นิพนธ์ และ สุวภาพ อรวรรณ. (2525). การทดลองใช้ฟางข้าวซึ่งได้รับการปรุงแต่งคุณภาพแล้วเป็นอาหารหยาบหลักสำหรับเลี้ยงโคนมรุ่น. รายงานการประชุมวิชาการ สายสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 20. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

วงศ์ศรีแก้ว, วิระศักดิ์ และ วรรณพัฒน์, เมธา. (2526). ผลการใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรียต่อน้ำหนักสัมประสิทธิ์การย่อยได้ และค่าโลหิตวิทยาของกระบือ. แก่นเกษตร 11(5) : 233-239.

วรรณพัฒน์, เมธา; ประเสริฐสุข, สมโภชน์; จันทร์ไทย, ศักดิ์สิทธิ์ และ ศิวประภากร อภิชิต. (2525). การใช้ฟางหมักยูเรียและมันเส้น เพื่อเลี้ยงโคในช่วงหน้าแล้ง รายงานประชุมทางวิชาการ สายสัตวศาสตร์. ครั้งที่ 20. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ศิริ, อนุชา และ เนียมศรีพบ์, พิสุทธิ์. (2526). การศึกษาระดับของมันสำปะหลังเป็นอาหารเสริมของฟางข้าวในการเลี้ยงโคช่วงฤดูแล้ง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 1(1) : 10-17.

ศูนย์ส่งเสริมการเลี้ยงโคนม. (2526). การปรุงแต่งคุณภาพฟางข้าวเพื่อเลี้ยงโคนม. เอกสารเผยแพร่สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ กรมปศุสัตว์.

Cheva-Isarakul, B. (1982). The composition, intake and digestibility of legume tree leaves in North Thailand. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp 152-8, (ED. P.T. Doyle). School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria.

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

Menke. K.H.; Raab, L.; Salewski. A.; Steingass, H.; Fritz, D. and Schenider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. Agric. Sci. Camb. 93:217-222.

Naumann, K. and Bassler, R. (1976). Methodenbuch Band III. Die Chemische Untersuchung Von Futtermitteln. Verlag J. Neumann-Neudamm. Melsungen, Federal Republic of Germany.

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

Promma, S.; Tuikampee, S.; Himarat, V. and Vidhyakorn, N.(1984). Production Responses of lactating cows fed urea-treated rice straw compared to untreated rice straw supplemented with leucaena leaves. Paper presented at "The International Workshop on Relevance of Crop-Residues Utilization as Animal Feeds in Developing Countries" at Khon Kaen University, Thailand.

Saadullah, M.; Haque, M. and Dolberg, F. (1983). Effect of Chemical Treatment of rice straw supplemented with concentrate on feed intake and weight gain in growing calves. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues", pp 129-139. (Ed. G.R. Pearce). Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia.

Sampet, C. and Pattaro, B. (1979). Comparative productivity of four strains of Leucaena leucocephala under different cutting regimes. Thai J. Agric. Sci. 12:291-300.

Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1973). Statistical Methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

วารสารเกษตร 2, 1 : 17-33 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 17-33 (1986)

ผลของการใช้ข้าวเปลือกบดระดับต่าง ๆ ในอาหารไก่ไข่

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ วิรัตน์ สุรพิทยานนท์

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

EFFECT OF DIFFERENT LEVELS OF GROUND PADDY IN LAYER RATION

Suchon Tangtaweewipat and Wirat Surapittayanon

Department of Animal Husbandry,

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai, 50002

ABSTRACT : Different levels of ground paddy were used to replace corn and/or rice bran in layer rations to study their effect on egg production and quality. The energy source from corn and rice bran in the layer ration was replaced by ground paddy at 0, 50, 75 and 100% with about 17% protein. Twenty-five weeks old of 192 Isabrown pullets were distributed to 8 groups of 3 replications each. All birds were raised in individual laying cages with free acess of feed and water throughout the six 28-day periods (168 days). The laying hens receiving 100% of energy as ground paddy tended to produce less egg (66.06%) than those (69.53%) receiving practical layer ration. Feed consumption were significantly increased when other energy sources were replaced by ground paddy in the rations. No significant differences in egg production, kg. feed/doz eggs, mortality and egg quality were indicated when layers received rations in which the other energy sources were replaced by different levels of ground paddy. Conclusion was made that up to 75% of energy in the laying ration can be replaced by ground paddy without adverse effect on performance of egg production and quality.

บทคัดย่อ : การศึกษาการใช้ข้าวเปลือกบดระดับต่าง ๆ ในอาหารไก่ไข่ เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ เมื่อใช้อาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารประเภทพลังงานอื่น ๆ (ข้าวโพดและรำละเอียด) ในระดับร้อยละ 50, 75 และ 100 เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ข้าวเปลือก ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 17 เท่ากันทุกพวก โดยทำการทดลองในไก่ไข่พันธุ์อีซาบราวน์ อายุ 25 สัปดาห์ จำนวน 192 ตัว แบ่งออกโดยสุ่มเป็น 8 พวก พวกละ 3 ซ้ำ เลี้ยงบนกรงตับแบบขังเดี่ยวมีน้ำและอาหารกินตลอดเวลา และได้รับแสงสว่างวันละ 17 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 168 วัน ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ปรากฏว่าผลผลิตไข่ของแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารประเภทพลังงานอื่น ๆ ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติจากแม่ไก่ที่ได้รับอาหารเปรียบเทียบ โดยการใช้ข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารพลังงานอื่นทั้งหมดให้ผลผลิตไข่ที่มีแนวโน้มลดน้อยกว่าพวกเปรียบเทียบ 3.5% (66.06% เปรียบเทียบกับ 69.53%) ปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อมีการใช้ข้าวเปลือกบดในอาหาร ส่วนปริมาณการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล อัตราการตายและคุณภาพไข่ (น้ำหนักไข่และสีไข่แดง) ของแม่ไก่พวกที่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบดทุกระดับ ให้ผลไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับพวกที่ไม่ได้ใช้ข้าวเปลือกบด

คำนำ

ข้าวเปลือกเป็นผลิตผลทางการเกษตร ที่มักมีผลิตผลเกินความต้องการภายในประเทศ และราคาตกต่ำเนือง ๆ ผู้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะชาวชนบทใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยข้าวเปลือกเป็นทั้งแหล่งของพลังงาน โปรตีน ไวตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ สำหรับไก่เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลิตผล แต่การใช้ข้าวเปลือกดังกล่าวไม่ปรากฏระดับการใช้ที่แน่นอน ความพยายามในการหาอัตราการใช้ข้าวเปลือกที่เหมาะสมนั้น มีปรากฏในงานวิจัยต่าง ๆ เช่น ศิริ และคณะ (2526) ได้ศึกษาต้นทุนการผลิตไก่พื้นเมืองเมื่อให้อาหารที่มีโปรตีนระดับต่ำ โดยใช้ข้าวเปลือกบดล้วน ๆ และข้าวเปลือกผสมกับอาหารสำเร็จรูปไก่ไข่ระยะแรก ในอัตราส่วน 2:1 ปรากฏว่าอัตราการเจริญ-

เติบโต และอัตราแลกเนื้อของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่มีข้าวเปลือกผสมกับอาหารไก่ไข่ระยะแรก ให้ผลผลิตดีกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวเปลือกบดล้วน ๆ แต่ต้นทุนการผลิตเมื่อคำนึงเฉพาะด้านอาหาร พบว่า ไก่พื้นเมืองกลุ่มที่ได้รับอาหารประเภทข้าวเปลือกบดล้วน ๆ ใช้ต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่า ธรรมบุตร และคณะ (2525) ใช้ข้าวเปลือกบดเป็นแหล่งของพลังงานหลัก และมีโปรตีนระดับ 10, 12 และ 15% ให้แก่ไก่ลาวพันธุ์พื้นเมืองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของโปรตีนที่มีต่ออัตราการผลิตไข่ และรูปร่างลักษณะอื่น ๆ ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ปรากฏว่า อัตราการผลิตไข่และรูปร่างลักษณะอื่น ๆ ของแม่ไก่ทุกกลุ่มมิได้มีความแตกต่างกันในทางสถิติ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 10% มีแนวโน้มไข่ดกกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนในไก่กระทง มีการนำข้าวเปลือกประเภทข้าวจ้าว และข้าวเหนียวมาบด เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานแทนปลายข้าวและรำ ปรากฏว่าอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารเลวลง และต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น (สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2525)

การเลี้ยงไก่ในต่างประเทศมีการนำข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต มาบดใช้เป็นส่วนประกอบอาหารโดยใช้เป็นแหล่งของพลังงาน แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการย่อยได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพด (North, 1984) ทำนองเดียวกับข้าวเปลือกซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายสำหรับเมืองไทย การนำมาเลี้ยงไก่สามารถโรยให้กินได้เลย แต่ควรจำกัดปริมาณ และควรให้อาหารข้นบ้าง ทั้งนี้เพราะข้าวเปลือกมีส่วนเปลือกที่เป็นเยื่อใยและส่วนเมล็ดที่เป็นแป้ง มีสารอาหารชนิดอื่นน้อย ประสิทธิภาพทางอาหารมีเพียงประมาณร้อยละ 80 ของข้าวโพด (เกษตรสุวรรณ, 2523) เมื่อนำข้าวเปลือกมาผ่านขบวนการสีตามโรงสีจะได้แกลบ 19% รำละเอียด 8% รำข้าวขาว 3% ปลายข้าว 2% ข้าวสาร 65% และอื่น 3% (เวชรัชนิพิมล, 2525)

ที่กล่าวมานั้นเห็นได้ว่าการใช้ข้าวเปลือกเลี้ยงไก่ เป็นสิ่งที่มีการปฏิบัติกันจากรายงานต่าง ๆ มานานแล้วในระดับพื้นบ้าน แต่ในระดับกึ่งอุตสาหกรรมหรืออุตสาหกรรมยังมิได้มีการรายงานผลการใช้อย่างกว้างขวาง ดังนั้นการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ

1) หาระดับที่เหมาะสมของข้าวเปลือก ที่ใช้แทนที่วัตถุดิบประเภทพลังงานในอาหารไก่พันธุ์ไข่ โดยมิก่อให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่

2) เพิ่มปริมาณการใช้ข้าวเปลือกให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจช่วยยกระดับราคาข้าวเปลือกให้เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ใช้ไก่ไข่พันธุ์อิซาบราวน์ (Isabrown) จำนวน 192 ตัว อายุเริ่มทดลอง 25 สัปดาห์ (ไข่ได้ประมาณ 30% ของฝูง) ที่ได้ผ่านการทำวัคซีนตามโปรแกรมของภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่ช่วงไก่เล็ก-ไก่รุ่น และไก่สาว อย่างครบถ้วน จากนั้นแบ่งไก่ตามแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดออกเป็น 8 พวก (treatments) พวกละ 3 ซ้ำ (replications) เลี้ยงบนกรงตับช่องละ 1 ตัว มีรางน้ำอยู่ข้างบน รางอาหารอยู่ข้างล่าง ในแต่ละซ้ำรางอาหารแยกออกจากกัน รางน้ำติดต่อกันตลอด ไก่มีน้ำอาหารกินตลอดเวลา และได้รับแสงสว่าง 17 ชั่วโมงต่อวัน อาหารที่แม่ไก่ได้รับเป็นอาหารที่มีข้าวเปลือกบด (แสดงคุณค่าตามตารางที่ 1) แทนที่ส่วนของข้าวโพดและรำละเอียดที่เป็นอาหารฐานและแหล่งพลังงาน 0, 50, 75 และ 100% และเมื่อผสมกับหัวอาหารโปรตีน (แสดงคุณค่าตามตารางที่ 1) ทำให้อาหารผสมมีปริมาณโปรตีนประมาณ 17% ทุกสูตร ส่วนผสมอาหารปรากฏในตารางที่ 2 โดยให้

พวกที่ 1 ได้รับสูตรอาหารเปรียบเทียบ (มีข้าวโพดและรำละเอียดเป็นอาหารฐาน)

พวกที่ 2 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่ข้าวโพดและรำละเอียดอย่างละ 50%

พวกที่ 3 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่ข้าวโพดและรำละเอียดอย่างละ 75%

พวกที่ 4 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่ข้าวโพดและรำละเอียด 100%

พวกที่ 5 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารฐาน 50% (ไม่ใช้รำละเอียด)

พวกที่ 6 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารฐาน 75% (ไม่ใช้รำละเอียด)

พวกที่ 7 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารฐาน 50% (ไม่ใช้ข้าวโพด)

พวกที่ 8 ได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารฐาน 75% (ไม่ใช้ข้าวโพด)

Table 1. Chemical composition of protein premix concentrate and ground paddy used in experimental rations (% of dry matter).

Item	Concentrate	Ground paddy
Dry matter (%)	92.15	87.44
Crude protein (%)	35.12	8.71
Crude fat (%)	3.76	2.11
Crude fiber (%)	7.20	13.12
Ash (%)	33.72	6.12
Calcium (%)	-	0.12
Phosphorus (%)	-	0.31

Table 2. Composition and nutrient contents (% of dry matter) of experimental layer rations.

Ingredients	Group							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Concentrate	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Corn	50.0	24.5	12.0	-	34.0	16.5	-	-
Rice bran	20.0	9.5	5.0	-	-	-	35.0	17.0
Ground paddy	-	34.0	51.0	67.0	34.0	51.5	35.0	52.0
Soybean meal	-	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	-	1.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Chemical composition								
Protein (%)	16.73 1/	17.55 2/	17.41 2/	17.03 1/	16.36 1/	17.27 2/	17.03 1/	17.40 2/
Fat (%)	6.85	3.85	3.23	3.03	4.07	2.80	8.42	4.27
Fiber (%)	6.48	8.61	9.94	12.36	9.15	9.54	9.76	11.09
Ash (%)	14.04	13.73	14.09	16.57	16.36	13.64	17.90	15.23

1/ Laboratory analysis

2/ Calculated analysis

งานทดลองกระทำที่ฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในเวลา 9 ช่วงการทดลอง (periods) ช่วงการทดลองละ 28 วัน เริ่มจาก 2 พฤศจิกายน 2527 ถึง 11 กรกฎาคม 2528 รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 252 วัน การเก็บข้อมูลทางด้านผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินใช้ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วงการทดลอง น้ำหนักไข่เก็บจากปริมาณไข่ทุกฟองใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สีไข่แดง วัดจากไข่ที่สุ่มมาวันละ 2 ฟอง ของแต่ละซ้ำ เป็นเวลา 3 วันก่อนสิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 3 และ 6 โดยใช้พัดเทียบสีของบริษัทโรช ซึ่งบ่งเป็นแต้มคะแนนมีค่าสูงสุด 15 ต่ำสุด 1 ตามความเข้มของสีไข่แดง ส่วนน้ำหนักตัวไก่ชี้งทุกตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 3, 6 และ 9 โดยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และหาลำดับความแตกต่างระหว่างพวกโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งบ่งโดย สันทสักยณา (2523)

ผลการทดลอง

สมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่

โดยเฉลี่ยตลอดระยะการทดลอง 168 วันแรก สมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่ เมื่อแม่ไก่ไข่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบดระดับต่าง ๆ (ร้อยละ 0, 50, 75 และ 100) แทนที่อาหารประเภทพลังงานอื่น ๆ ปรากฏผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบถึงอิทธิพลของการใช้ข้าวเปลือกบดระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ ปรากฏว่าแม่ไก่พวกที่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารประเภทพลังงานอื่น ๆ คือ ข้าวโพด และรำละเอียด ตั้งแต่ระดับ 50-100 ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับพวกที่ไม่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบด (พวกเปรียบเทียบ) ข้อสังเกตที่เห็นได้ชัดคือ แม่ไก่พวกที่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบด

Table 3. Performance of laying hens fed different percentages of ground paddy replacing corn and rice bran (GPR, %) during 168 days in the rations.[1/]

Group	Egg production[2/] (%)	Feed/doz. eggs[2/] (kg)	Feed consumption[3/] (g/b/d)	Egg quality[2/]	
				Egg weight (g)	Yolk pigmentation[4/] (score)
Control	69.53	1.97	111.62[a]	58.85	12.70
GPR 50%	70.49	2.06	115.78[b]	58.10	12.49
GPR 75%	74.16	1.96	118.11[b]	58.99	12.21
GPR 100%	66.06	2.26	118.37[b]	58.29	12.49
GPR 50% (non rice bran)	73.41	1.98	116.43[b]	58.64	12.52
GPR 75% (non rice bran)	74.18	2.06	123.12[c]	58.79	12.60
GPR 50% (non corn)	75.14	1.93	119.42[bc]	58.50	12.17
GPR 75% (non corn)	71.50	2.01	117.86[b]	59.19	12.32

1/ Mortality rate 0-8.33%

2/ No significant differences.

3/ Means within column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

4/ Roche yolk color fan.

ระดับร้อยละ 50-75 ให้ผลผลิตไข่ไม่ด้อยกว่าพวกเปรียบเทียบ แต่ถ้าได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบดล้วน ๆ เป็นแหล่งของพลังงาน มีผลให้ผลผลิตไข่ลดต่ำกว่าพวกเปรียบเทียบ (66.06% กับ 69.53%) พวกที่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบด กินอาหารมากกว่าพวกเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ $P < 0.05$ (115.78, 118.11, 118.37, 116.43, 123.12, 119.42, และ 117.86 กรัม/ตัว/วัน เปรียบเทียบกับ 111.62 กรัม/ตัว/วัน) ส่วนปริมาณการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล และคุณภาพไข่ (น้ำหนักไข่และสีไข่แดง) ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การศึกษาผลของการใช้ข้าวเปลือกบดเพื่อแทนที่อาหารประเภทพลังงานอื่น ๆ หากแยกพิจารณาเฉพาะช่วงที่ 4-6 (ระยะเวลา 84 วัน) ซึ่งเป็นช่วงที่อายุของแม่ไก่มากขึ้น พบว่าแม่ไก่สามารถใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และปรากฏด้วยว่าสมรรถภาพการผลิตไข่ของแม่ไก่พวกที่ได้รับอาหารที่มีข้าวเปลือกบด ทุกระดับให้ผลไม่แตกต่างกับพวกเปรียบเทียบในทางสถิติ จึงพอบ่งได้ว่า ในอาหารแม่ไก่ที่มีอายุมากขึ้นสามารถคำนวณสูตรอาหารให้มีเยื่อใยสูง หรือคุณภาพต่ำลงมาตามผลผลิตของแม่ไก่ที่ให้ลดน้อยลงได้

อย่างไรก็ตาม การทดลองยังได้ติดตามผลต่อไปถึงช่วงที่ 7-9 (ระยะเวลา 84 วัน) ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้ข้าวเปลือกบดระดับต่าง ๆ ในอาหารว่ามีผลเสียต่อระบบการย่อยอาหารของแม่ไก่ในช่วงก่อนหน้านี้หรือไม่ โดยการให้แม่ไก่ทั้ง 8 พวกได้รับอาหารเปรียบเทียบ (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2) เหมือนกันหมด ผลแสดงไว้ในตารางที่ 5 ปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตไข่ของแม่ไก่ที่เคยได้รับและไม่ได้รับข้าวเปลือกบดมาตลอดระยะ 168 วันแรก ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติ

Table 4. Performance of layers fed different percentages of ground paddy replacing corn and rice bran (GPR, %) in the rations, during day 85-168 (period 4-6) of feeding trial.[1/]

Group	Egg production (%)	Egg weight (g)	Feed/doz. eggs (kg)	Feed consumption (g/b/d)
Control	72.01	59.60	1.82	108.71
GPR 50%	73.51	58.65	1.87	113.64
GPR 75%	78.32	60.34	1.75	114.09
GPR 100%	71.26	58.96	1.97	115.10
GPR 50% (non rice bran)	77.08	59.40	1.81	114.51
GPR 75% (non rice bran)	75.60	59.64	1.91	120.04
GPR 50% (non corn)	74.73	59.37	1.82	112.95
GPR 75% (non corn)	74.11	59.44	1.84	113.49

1/ No significant differences.

Table 5. Performance of layers in all groups receiving control diet during day 169-252 (period 7-9) of feeding trial.[1/2/]

Former group	Egg production (%)	Egg weight (g)	Feed/doz. eggs (kg)	Feed consumption (g/b/d)
Control	75.06	60.31	1.86	116.31
GPR 50%	74.11	61.06	1.73	106.45
GPR 75%	71.87	60.91	1.81	108.04
GPR 100%	75.42	61.42	1.74	109.30
GPR 50% (non rice bran)	67.25	61.14	2.03	111.31
GPR 75% (non rice bran)	69.66	61.13	1.93	111.33
GPR 50% (non corn)	77.33	61.16	1.72	111.04
GPR 75% (non corn)	73.46	60.76	1.78	108.04

1/ Mortality rate 0-4.17%

2/ No significant differences.

ต้นทุนการผลิตไข่

ในการพิจารณาต้นทุนการผลิตด้านอาหาร เมื่อสิ้นสุดช่วงที่ 6 ของการทดลอง (168 วันแรก) ผลปรากฏว่า การใช้ข้าวเปลือกบดแทนที่อาหารประเภทพลังงาน (ข้าวโพด และรำละเอียด) ในระดับร้อยละ 50 และ 75 ให้ต้นทุนการผลิตด้านอาหารใกล้เคียงกับพวกเปรียบเทียบซึ่งไม่มีการใช้ข้าวเปลือกบด โดยมีแนวโน้มว่าการใช้ข้าวเปลือกบดจะให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า ส่วนการใช้ข้าวเปลือกบดเป็นแหล่งพลังงานทั้งหมดในอาหาร แม้ว่าราคาอาหารต่อกิโลกรัมจะต่ำก็ตาม แต่มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตด้านอาหารสูงขึ้นร้อยละ 7.2 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ข้าวเปลือกบด นอกจากนี้ยังให้ผลผลิตไข่ที่มีแนวโน้มต่ำกว่าพวกอื่น ๆ อีกด้วย (แสดงไว้ในตารางที่ 6)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่พบว่า เมื่อมีการใช้ข้าวเปลือกบดเป็นแหล่งพลังงานทั้งหมดในอาหารที่มีผลให้ผลผลิตไข่มีแนวโน้มลดลง 3.5% เมื่อเปรียบเทียบกับพวกที่ไม่ได้รับข้าวเปลือกบด (66.06% กับ 64.53%) นั้น อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณเยื่อใยในอาหารของพวกที่ใช้ข้าวเปลือกบดแทนที่ข้าวโพด และรำละเอียด 100% มีปริมาณเยื่อใยถึง 12.36% สูงกว่าระดับ 2.21% ที่ North (1984) แนะนำไว้ และยังสูงเป็น 2 เท่าของพวกเปรียบเทียบ จึงทำให้โภชนะที่จำเป็นโดยเฉพาะระดับพลังงานที่ไก่ควรได้รับถูกแทนที่ด้วยเยื่อใย (เมื่อสูตรอาหารมีปริมาณโปรตีนเท่ากัน) Scott (1984) อ้างว่าอาหารประเภทพลังงาน และโปรตีน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลิตผล ดังนั้น การทดลองนี้จึงให้อัตราการผลิตไข่ลดลง ส่วนการพิจารณาที่แม่ไก่มีอายุมากขึ้น (อายุไก่ 38-50 สัปดาห์) แต่อัตราการผลิตไข่ไม่ลดน้อยลงทั้ง ๆ ที่ปริมาณเยื่อใยในอาหารของแม่ไก่พวกที่ได้รับข้าวเปลือกบดแทนที่ทั้งหมด มีปริมาณสูงก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็น

Table 6. Cost of egg production when laying hens fed different percentages of ground paddy replacing corn and rice bran (GPR, %) during 168 days in the rations[1/]

Group	Egg production (%)	Feed/doz. eggs (kg)	Cost of feed (Bt./kg)	Cost of feed/ doz.eggs (Bt.)
Control	69.53	1.97	4.56	8.98
GPR 50%	70.49	2.06	4.43	9.13
GPR 50% (non rice bran)	73.41	1.98	4.44	8.79
GPR 50% (non corn)	75.14	1.93	4.30	8.30
GPR 75%	74.16	1.96	4.32	8.47
GPR 75% (non rice bran)	74.18	2.06	4.32	8.90
GPR 75% (non corn)	71.50	2.01	4.25	8.54
GPR 100%	66.06	2.26	4.26	9.63

1/ Ingredients prices : concentrates 241 Bt./30 kg., corn 3.10 Bt./kg., rice bran 3.00 Bt./kg., ground paddy 2.40 Bt./kg., and soybean meal 8.00 Bt./kg.

[illegible] ซึ่งมีปริมาณกรดประกอบอิ่มตัวสูงกว่า [illegible] ซึ่งการนำไปใช้ในอาหารต่าง ๆ ไปใช้ได้ดีเท่าเทียมกับความต้องการในการสร้างผลิตภัณฑ์ [illegible] ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ [illegible] และคณะ (2532) ที่ใช้ข้าวเปลือกบดเป็นแหล่งพลังงานในไก่ไข่พันธุ์ลูกผสมเมือง [illegible] ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน แม้ว่าจะมีโปรตีนในอาหารในระดับร้อยละ 10, 11 และ 15% ที่ต่างกันอยู่ก็ตาม

ปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่ออาหารประเภทพลังงาน (ข้าวโพดและรำละเอียด) ถูกแทนที่ด้วยข้าวเปลือกบดตั้งแต่ระดับ 50% ขึ้นไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ข้าวเปลือกบดทำให้มีเยื่อใยในอาหารสูงขึ้นจาก 9.15% เป็น 10.95% เมื่อมีการใช้ข้าวเปลือกบดจากระดับ 50% เป็น 100% ตามลำดับ ในขณะที่อาหารเปรียบเทียบซึ่งไม่มีข้าวเปลือกบด มีเยื่อใยเพียง 8.48% เท่านั้น แม่ไก่ในกลุ่มที่ได้รับข้าวเปลือกบดจึงพยายามเพิ่มการกินอาหาร เพื่อให้ได้รับโภชนะอย่างครบถ้วนตามความต้องการโดยเฉพาะในระยะแรกของการไข่ แต่ถ้าในช่วงท้ายของการไข่ (อายุ 38 สัปดาห์ขึ้นไป) การใช้ประโยชน์จากอาหารเพื่อสร้างผลผลิตไข่ จะมีความสามารถใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของ [illegible] (1992) ที่กล่าวว่า ไก่กินอาหารในปริมาณที่ร่างกายต้องการในด้านพลังงาน ซึ่งเมื่อได้รับพลังงานตามต้องการแล้ว ไก่จะหยุดกินอาหาร ดังนั้น การพิจารณาเพื่อนำข้าวเปลือกบดไปใช้แทนอาหารประเภทพลังงานอื่นจึงต้องคำนึงถึงความแตกต่างของราคาวัตถุดิบ โดยข้าวเปลือกบดควรมีราคาต่อหน่วยต่ำกว่าอาหารประเภทพลังงานอื่น เช่น ข้าวโพด หรือรำละเอียด ตามการทดลองนี้ ข้าวเปลือกบดควรมีราคาต่ำกว่าข้าวโพด-รำละเอียด มากกว่า 0.50 บาท/กก. จึงจะเพียงพอสำหรับชดเชยปริมาณอาหารที่แม่ไก่กินอาหารเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ข้าวเปลือกบดแทนที่แหล่งพลังงานอื่นที่มีเยื่อใยต่ำกว่าได้

สำหรับปริมาณการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล และคุณภาพไข่ (น้ำหนักไข่และสีไข่แดง) ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างการใช้ข้าวเปลือกบดในระดับ

ตั้งแต่ร้อยละ 50-100 แทนที่ข้าวโพดและรำละเอียด และให้ผลเช่นเดียวกับรายงานการวิจัยของ ธรรมนูตร และคณะ (2525) กล่าวคือ เมื่อใช้ข้าวเปลือกบดเป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารไก่ลาวพันธุ์พื้นเมือง พบว่ารูปร่างลักษณะอื่น ๆ นอกเหนือจากอัตราการผลิตไข่แล้ว ยังมีผลไม่แตกต่างกัน แม้ว่าจะมีโปรตีนในอาหารต่ำเพียง 10% ก็ตาม

สรุปผลการทดลอง

1. ข้าวเปลือกบด สามารถนำมาใช้เป็นอาหารแหล่งพลังงานแทนที่ข้าวโพดและรำละเอียดในอาหารไก่ไข่ได้สูงถึงร้อยละ 75 (หรือร้อยละ 51 ในสูตรอาหาร) โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่

2. ข้าวเปลือกบด ใช้เป็นอาหารพลังงานแทนที่ข้าวโพดและรำละเอียดได้ทั้งหมดในอาหารของแม่ไก่ไข่ที่มีอายุมาก (ตั้งแต่อายุ 38 สัปดาห์ขึ้นไป) โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียด้านการผลิต

3. ควรใช้ข้าวเปลือกบดเป็นอาหารพลังงานแทนที่ข้าวโพดและรำละเอียดในอาหารไก่ไข่ เมื่อข้าวเปลือกมีราคาต่ำกว่าวัตถุดิบประเภทพลังงานอื่น ๆ อย่างน้อย 0.50 บาท/กิโลกรัม

คำขอบคุณ

ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล หัวหน้าหมวดอาหารสัตว์ ได้ให้ความอนุเคราะห์ต่อการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบและให้คำแนะนำเป็นอย่างมากต่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษตรสุวรรณ, สุวรรณ. 2523. การเลี้ยงไก่. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จันทาลักขณา, จรัญ. 2523. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

เวชรัชน์พิมล, ธีรยุทธ. 2525. ข้าวและผลพลอยได้จากข้าว. เพื่อนไก่. 33(376): 41-46.

ธรรมบุตร, สวัสดิ์., โชประการ, เกรียงไกร., กวิศราศัย, พิไล., และ ปาสนธ์ อัมพร. 2525. อิทธิพลของโปรตีนต่ออัตราการไข่และรูปร่างลักษณะต่าง ๆ ของแม่ไก่พื้นเมือง. รายงานการประชุมทางวิชาการ, สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2525. รายงานการศึกษาวิเคราะห์ผลงานวิจัยลำดับที่ 7 อาหารสัตว์ปีก 2517-24. กองวิเคราะห์โครงการและประเมินผล สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน.

คิริ, สุทัศน์., บุญสุขใจ, สมจิตต์., และ รัตนวราหะ, อภิชัย. 2526. การศึกษาต้นทุนการผลิตไก่พื้นเมืองด้วยอาหารที่มีโปรตีนในระดับต่ำ. รายงานการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 21. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Allen, R.D. 1984. Feedstuffs ingredient analysis table. Feedstuffs Reference Issue. 56(30) : 25-30.

North, M.O. 1984. Commercial Chicken Production Manual, 3rd. Connecticut : AVI Publishing Company. Inc.

Scott, M.L. 1984. Dietary Nutrient Allowances for Chickens, turkeys. Feedstuffs Reference Issue. 56(30) : 64-66.

วารสารเกษตร 2, 1 : 34-46 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 34-46 (1986)

ความลึกและความหนาแน่นของรากข้าวไร่ที่ปลูกภายใต้สภาพการใช้น้ำฝน

ถนอม คลอดเพ็ง วันชัย โตมี ชัยวุฒิ นิมมลังกูร และ จรูญ สุขเกษม

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

ROOTING DEPTH AND ROOTING DENSITY OF UPLAND RICE UNDER RAINFED CONDITION

Thanom Klodpeng, Vonchai Tomee,

Chaiyawoot Nimmalungkul and Charoon Sukasame

Department of Soil Science and Conservation

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai 50002

ABSTRACT : Upland rice, Kao Nong Hoi (local variety), was seeded on Typic Paleaquults, fine loamy soil under rainfed condition at the experimental farm, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University with row spacing of 30 cm and seed rate of 12 g/m. Root depth, no. of roots, and root density were measured by Frame Monolith method at 30 DAE (days after emergence) and every 15-day interval thereafter through out the growing period. Undisturbed soil samples were taken to determine soil bulk density by Core method and soil moisture content by Gravimetric method at the time of root sampling.

The results showed that upland rice roots penetrated to 60 cm. depth after 30 DAE. Root penetration was 70, 80 and > 100 cm deep after 45, 60 and 75 DAE, respectively. Number of roots and root density were maximum at 90 DAE on the top soil (0-10 cm.) and decreased rapidly with soil depth. This was probably associated with the increase in soil bulk density at the lower depth. Number of roots and root density were correlated with soil depths. These correlations were of exponential sigmoid nature at every stage of growth. The highest root density was found to be 3.2 cm/cm^3 at 90 DAE on the top soil. Since moisture status at various soil depths was adequate, root growth patterns of upland rice in the present study thus demonstrated its growth characteristics in accordance with different soil depth properties.

บทคัดย่อ : การศึกษาระบบรากของข้าวไร่ครั้งนี้ เป็นการศึกษาเมื่อมีการปลูกข้าวไร่พันธุ์ยาวหนองหอย ภายใต้สภาพการใช้น้ำฝน ที่บริเวณแปลงทดลองของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยการหยอดเมล็ดเป็นแถว มีระยะระหว่างแถวเป็น 30 ซม. ในอัตราเมล็ดพันธุ์ 12 ก./ม. ทุกช่วง 15 วัน หลังจากที่ข้าวไร่มีอายุได้ 30 วัน ทำการเก็บตัวอย่างรากโดยวิธี Frame monolith method และตัวอย่างดินโดยวิธี Core method เพื่อนำไปศึกษาความลึก ปริมาณ และความยาวของราก และปริมาณความชื้นและความหนาแน่นรวมของดิน

จากการศึกษาพบว่า ข้าวไร่พันธุ์ยาวหนองหอยที่ปลูกบนดิน Typic Paleaquults, Fine loam สามารถหยั่งรากลงไปในดินได้ลึก 60 ซม. เมื่อมีอายุได้ 30 วัน และจะหยั่งรากลงไปได้ลึกประมาณ 70, 80 และมากกว่า 100 ซม. เมื่อมีอายุได้ 45, 60 และ 75 วัน ตามลำดับ ปริมาณและความหนาแน่นของรากจะสูงที่สุดในช่วงความลึก 0-10 ซม. และจะลดลงในลักษณะเอกซ์โพเนนท์เชียล ซิกมอยด์ (exponential sigmoid) เมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้นในทุกช่วงของการเจริญ โดยมีความหนาแน่นของรากมากที่สุดประมาณ 3.2 ซม./ซม.^{3} เมื่อมีอายุได้ 90 วัน

คำนำ

ข้าวไร่ (upland rice) นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกกันอยู่ทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะในสภาพที่มีการใช้น้ำฝน ข้าวไร่สามารถปลูกได้ผลดีทั้งในสภาพที่เป็นที่ดอน (upland) และบนพื้นที่สูง (high-land) (ระดับความสูงมากกว่า 600 ม. จาก MSL โดยประมาณ) สามารถให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 0.5-1.5 ตัน/เฮกตาร์ (IRRI 1975) การศึกษาเพื่อการจัดการในด้านการเพิ่มผลผลิตของข้าวไร่ ในปัจจุบันได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ทั้งทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ และการจัดการในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่จะเห็นว่าในการศึกษาด้านระบบรากยังมีการศึกษากันน้อยมาก หรือแทบจะไม่เลย ทั้ง ๆ ที่การทราบข้อมูลเกี่ยวกับระบบรากของข้าวไร่ ก็เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการ เพื่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวไร่ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาถึงความลึก และความหนาแน่นของรากข้าวไร่ในช่วงต่าง ๆ ของการเจริญ ตลอดจนสมบัติของดินบางประการที่จะมีผลต่อการเจริญของรากข้าวไร่ โดยเฉพาะข้าวไร่พันธุ์ขาวหนองหอย ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองที่นิยมปลูกกันมากพันธุ์หนึ่งบนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ มีอายุประมาณ 135-140 วัน สูงประมาณ 120 ซม. ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง และคุณภาพของเมล็ดดี (Tiyawalee *et al*. 1983)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทำการปลูกข้าวไร่พันธุ์ขาวหนองหอย เมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2526 ที่แปลงทดลองบริเวณไร่ฝึกนักศึกษาคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในพื้นที่ประมาณ $\frac{1}{2}$ ไร่ โดยการหยอดเมล็ดเป็นแถว มีระยะระหว่างแถวเป็น 30 ซม. ในอัตราเมล็ดพันธุ์ 12 ก./ม. ก่อนปลูกได้มีการใส่ปุ๋ยผสมเกรด 15-15-15 ในอัตรา 50 กก./ไร่ พร้อม

กับ Furadan 3 g ในอัตรา 5 กก./ไร่ โดยวิธีการหว่านให้ทั่วทั้งแปลงปลูกก่อนการไถพรวนครั้งสุดท้าย หลังจากหยอดเมล็ดแล้วมีการฉีดพ่น Lesso เพื่อควบคุมวัชพืช และมีการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคนเมื่อข้าวไร่มีอายุได้ 20 วัน เมื่อข้าวไร่มีอายุได้ 30 วัน จึงเริ่มทำการเก็บตัวอย่างรากและดินไปศึกษา และทำการเก็บตัวอย่างต่อไปทุก ๆ ช่วง 15 วัน จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

การศึกษาความลึกและความหนาแน่นของราก ตลอดจนปริมาณของราก ได้ใช้ Frame monolith method (Böhm et al. 1977) โดยใช้เฟรมที่มีขนาดกว้าง 15 ซม. หนา 6 ซม. และมีความลึก 100 ซม. และใช้ 3 เฟรมในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง นำตัวอย่างแต่ละเฟรมไปแบ่งเป็นช่วงตามความลึกช่วงละ 10 ซม. ใช้น้ำชะล้างดินออกจนหมด นำรากที่ได้ไปนับจำนวนและวัดความยาวพร้อมทั้งสังเกตความลึกที่รากข้าวไร่สามารถหยั่งลงไปได้ถึง

ในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างรากทุกครั้ง จะมีการเก็บตัวอย่างดินในทุกช่วงความลึก 10 ซม. โดยใช้หลอดเก็บดิน (soil core) จนกระทั่งถึงระดับความลึก 100 ซม. เพื่อนำไปหาค่าความหนาแน่นรวมโดยวิธี Core method (Blake, 1965) พร้อมกับปริมาณความชื้นในดินโดยวิธี Gravimetric method ดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นดิน Typic Paleaquults, Fine loam ซึ่งมีหน้าตัดดินเป็น Ap-2Bg-2Bgt1-3Bgt2-4Bgt3 (ถนอม และคณะ 2528)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความลึกของราก (Root Depth)

จากการศึกษาพบว่า ข้าวไร่พันธุ์ขาวหนองหอยสามารถเจริญ และหยั่งรากลงไปในดินเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาของการเจริญเพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อมีอายุได้

30 วัน สามารถหยั่งรากลงไปได้ลึกประมาณ 60 ซม. และวัดได้ 70, 80 และมากกว่า 100 ซม. เมื่อมีอายุได้ 45, 60 และ 75 วันตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าการหยั่งรากลึกลงไปในดินในระยะแรกมีอัตราการหยั่งราก (root penetration rate) ประมาณ 2.0 ซม./วัน และจะเป็น 0.67 ซม./วัน ในระยะหลัง การที่อัตราการหยั่งรากลดลงอาจจะเป็นสาเหตุเนื่องมาจากความหนาแน่นของดินในดินชั้นล่างเพิ่มขึ้น (ตารางผนวกที่ 1) และในขณะเดียวกัน ปริมาณของอ๊อกซิเจนในดินชั้นล่างก็ต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของดิน (Baver et al. 1972; Gill and Miller 1956; Tackett and Pearson 1964) แต่อย่างไรก็ตามระดับความหนาแน่นของดินที่ทำการศึกษาครั้งนี้ก็ยังไม่สูงมากพอที่จะเป็นชั้นที่ขัดขวางต่อการหยั่งราก (mechanical impedance) ได้อย่างสมบูรณ์ ดังเช่นผลการศึกษาของ Veihmyer and Hendrickson (1948) ส่วนปริมาณความชื้นในดินนั้น พบว่ามีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับความจุในการดูดซับน้ำที่เป็นประโยชน์ได้ของดิน (ตารางผนวกที่ 2)

จำนวนราก (Number of Roots)

ปริมาณของรากข้าวไร่พันธุ์ยาวหนองหอย พบว่าจะมีมากที่สุดในช่วงความลึก 0-10 ซม. และจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้าวไร่เป็นพืชที่มีระบบรากเป็นแบบรากฝอย จึงทำให้มีปริมาณของรากเป็นจำนวนมากอยู่ในดินชั้นบน (ประสิทธิ์ 2524) นอกจากนี้เนื่องจากดินชั้นล่างมีความหนาแน่นสูงกว่าดินชั้นบน จึงทำให้ปริมาณของรากที่หยั่งลงไปในดินชั้นล่างลดลง ปริมาณของรากจะเพิ่มขึ้นเมื่อข้าวไร่มีอายุมากขึ้นโดยเฉพาะในดินชั้นบน และจะมีปริมาณสูงสุดเมื่อมีอายุได้ประมาณ 90-105 วัน หลังจากนั้นจะลดลง เนื่องจากรากบางส่วนจะตายไปเมื่อเข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยว และการเจริญของรากใหม่ที่จะทดแทนรากเก่าที่ตายไปก็จะน้อยลง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของรากข้าวไร่นี้กับความลึกของดิน พบว่าอยู่ในลักษณะของเอกซ์โพเนนท์เชียล ซึกมอยด์ในทุกช่วงของการเจริญที่ทำการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 1

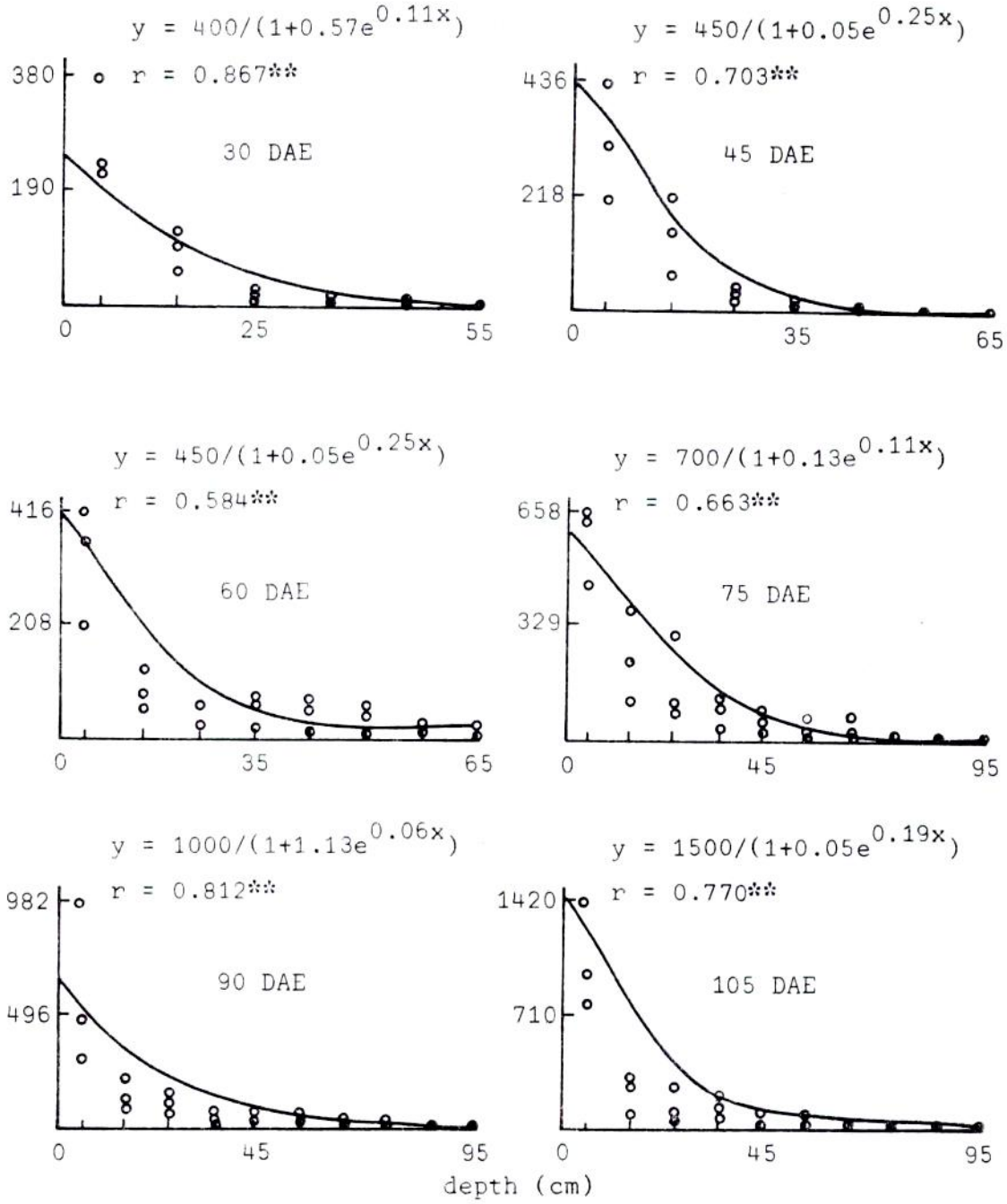


Figure 1. The relationship between no of roots of upland rice, Kao Nong Hoi, and soil depths at different stage of growth.

ความหนาแน่นของราก (Root Density)

ความหนาแน่นของราก คือ ความยาวของรากทั้งหมดในช่วงความลึกหนึ่ง ๆ ต่อปริมาตรของดินในช่วงความลึกนั้น ๆ (ถนอม และคณะ, 2528) จากการศึกษาพบว่า ข้าวไร่พันธุ์ยาวหนองหอยจะมีความหนาแน่นของรากมากที่สุดในดินชั้นบน (0-10 ซม.) และความหนาแน่นของรากจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเจริญเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีอายุได้ 90 วันแล้วจึงจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากรากบางส่วนได้ตายไปเมื่อข้าวไร่เข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยว และการที่ความหนาแน่นของรากลดลงตามความลึกในช่วงต่าง ๆ ของการเจริญก็เนื่องจากข้าวไร่มีระบบรากเป็นแบบรากฝอย ซึ่งจากรายงานการทดลองของ Böhm et al. (1977) และ Doss et al. (1960) กล่าวว่าระบบรากของพืชที่เป็นรากฝอยจะมีการเจริญของรากมากในบริเวณผิวดินหรือใกล้ผิวดิน จากการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรากกับความลึกของดินในช่วงต่าง ๆ ของการเจริญ ก็พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะของเอกซ์พอเนนท์เชียล ซึกมอยด์ เช่นเดียวกับปริมาณของราก ดังแสดงในรูปที่ 2 และความหนาแน่นของรากข้าวไร่พันธุ์นี้จะสูงที่สุดประมาณ 3.2 ซม./ซม.^{3} ที่ระดับความลึก 0-10 ซม. เมื่อมีอายุได้ 90 วัน

สรุปผลการทดลอง

ข้าวไร่พันธุ์ยาวหนองหอยที่ปลูกบนดิน Typic Paleaquults, Fine loam ภายใต้สภาพที่ใช้น้ำฝน สามารถหยั่งรากลงไปในดินได้ลึก 60, 70, 80 และมากกว่า 100 ซม. เมื่อมีอายุได้ 30, 45, 60 และ 75 วันตามลำดับ โดยจะมีความหนาแน่นของรากสูงที่สุดในดินชั้นบน (0-10 ซม.) ประมาณ 3.2 ซม./ซม.^{3} เมื่อมีอายุได้ 90 วัน

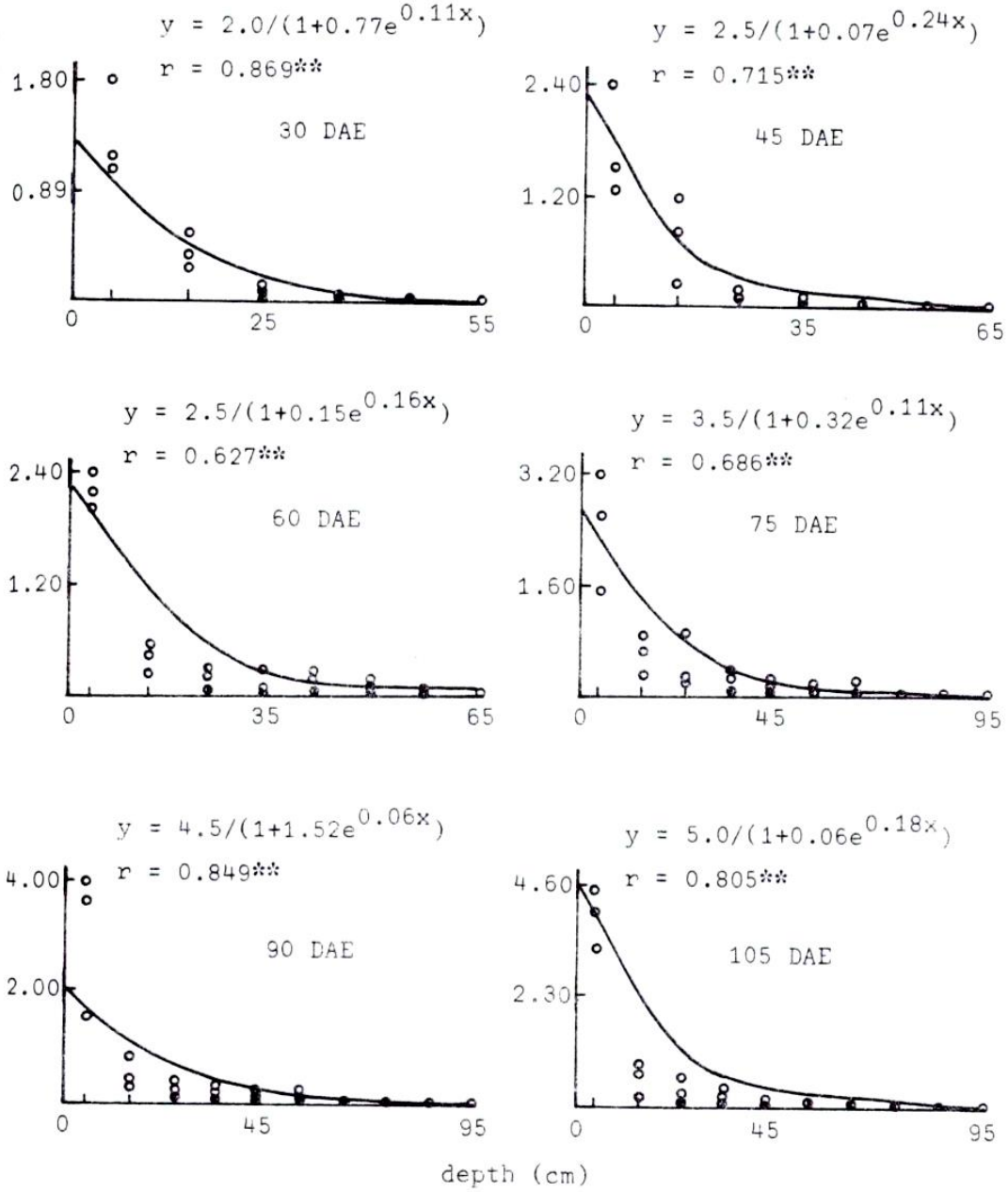


Figure 2. The relationship between rooting density of upland rice, Kao Nong Hoi, and soil depths at different stages of growth.

ทั้งปริมาณของราก และความหนาแน่นของรากจะลดลงในลักษณะเอกซ์โพเนนท์เชียล ซึก-มอยด์ เมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นในทุกช่วงของการเจริญ นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่นของดินที่ทำการศึกษาจะมีผลต่อการหยั่งราก ปริมาณและความหนาแน่นของรากไม่มากนัก ส่วนปริมาณความชื้นในขณะที่ทำการศึกษามีอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการเจริญและการหยั่งรากของข้าวไร่พันธุ์นี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการเจริญและความลึกของดิน

เอกสารอ้างอิง

ถนอม คลอดเพ็ง, จรูญ สุขเกษม และ ชัยวุฒิ นิมมลังกูร. (2528). ความลึกและความหนาแน่นของรากถั่วเหลืองและถั่วเขียวที่ปลูกภายใต้สภาพการใช้น้ำฝน. วารสารเกษตร 1, 2:113-128.

ประสูติ สุทธิสรวง. (2524). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าว. บริษัท รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977) จำกัด. กรุงเทพฯ

Baver, L.D.; Gardner, W.H.; and Gardner, W.R. (1972). Soil physics. 4th Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Blake, G.R. (1965). Bulk density. In C.A. Black (ed.). Methods of soil analysis, Part I. Agron. Mono. 9:374-390.

Böhm, W.; Maduakors, H.; and Taylor, H.M. (1977). Comparison of five methods for chacterizing soybean rooting density and development. Agron. J. 69:415-419.

Doss, B.D.; Ashley, D.A.; Bennett, O.L. (1960). Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage-species. Agron. J. 52:569-572.

Gill, W.R. and Miller, R.D. (1956). A method for study of the influence of mechanical impedance and aeration on the growth of seedling roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20: 154-157.

IRRI. (1975). Major research in upland rice. The International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines.

Tackett, J.L. and Pearson, R.W. (1964). Oxygen requirements of cotton seedling roots for penetration of compected soil cores. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:600-605.

Tiyawalee, D.; Pattaro, V.; Senthong, C.; Wivutvongvana, P.; and Julsrigival, S. (1983). Yield improvement in upland rice. Final report to ARS, USDA.

Veihmyer, F.J. and Hendrickson, A.H. (1948). Soil density and root penetration. Soil Sci. 65:487-493.

Appendix Table 1. Bulk density of soil (g/cm^3) at different depths and at various stages of upland rice growth.

DAE (day)	Depth (cm)									
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
30	1.46	1.60	1.66	1.65	1.65	1.68	1.67	1.69	-	-
45	1.22	1.36	1.62	1.57	1.58	1.64	1.62	1.64	-	-
60	1.39	1.43	1.66	1.63	1.66	1.68	1.69	1.67	-	-
75	1.38	1.43	1.59	1.63	1.70	1.67	1.63	1.71	1.67	1.60
90	1.50	1.48	1.61	1.61	1.63	1.68	1.66	1.68	1.72	1.68
105	1.41	1.48	1.61	1.67	1.62	1.62	1.59	1.60	1.66	1.61
Average	1.39	1.46	1.62	1.63	1.64	1.66	1.64	1.66	1.68	1.63

Appendix Table 2. Soil moisture content (cm of H_2O) at different depths and at various stages of upland rice growth.

DAE (day)	Depth (cm)									
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
30	2.53	2.18	2.11	2.14	2.01	2.05	2.04	2.11	-	-
45	1.20	1.11	1.38	1.63	1.61	1.69	1.68	1.82	-	-
60	1.32	1.25	1.57	1.45	1.60	1.69	1.74	1.75	-	-
75	1.09	1.52	1.75	1.85	1.97	2.01	1.92	1.91	1.86	1.90
90	3.37	2.59	1.87	1.67	1.94	2.08	2.22	2.34	2.28	2.21
105	1.77	1.86	2.24	2.32	2.39	2.67	2.64	2.74	2.73	2.72
Average	1.88	1.75	1.82	1.84	1.92	2.05	2.04	2.11	2.29	2.28

Note : Available moisture holding capacity of soil was 1.2 - 2.3 cm of H_2O

วารสารเกษตร 2, 1 : 47-62 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 47-62 (1986)

การศึกษาการใช้น้ำของข้าวนาดำ

สิทธิพร สุขเกษม และ สิทธิชัย ลอดแก้ว

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

STUDIES ON WATER REQUIREMENT OF PADDY RICE

Sitthiporn Sukkasem and Sitthichai Lodkaew

Department of Soil Science and Conservation

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai 50002

ABSTRACT : The study of water requirement for paddy rice were conducted in the lysimeter (drainage type) which was installed in the paddy field during 1983 and 1984 (The Multiple Cropping Center, Chiang Mai University). The average of the evapotranspiration (ET) of the crops, San Pa Tong and RD# 6 varieties, were 3.9 and 5.0 mm/day, respectively. The maximum values of crop coefficient (ET/E-pan) were 1.2 for San Pa Tong and 1.6 for RD# 6. The water use efficiency values, with respect to total dry matter and grain yield, were 2.80 and 1.13 kg/m^3 for San Pa Tong and 2.30 and 0.92 kg/m^3 for RD# 6, respectively.

บทคัดย่อ : จากการศึกษาการใช้น้ำของข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 ณ โครงการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างปี 2526-2527 โดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter, drainage type) ขนาด 1.2 X 1.2 X 1.0 เมตร ผลปรากฏว่าอัตราการคายระเหย

เฉลี่ยตั้งแต่ปักดำจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ ของข้าวเหนียวสันป่าตอง มีค่าเท่ากับ 3.9 และ 5.0 มม./วัน สำหรับข้าวพันธุ์ กข.6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวนาดำมีค่าสูงสุดในระยะที่ข้าวเริ่มออกดอก-ตั้งท้อง คือมีค่าเท่ากับ 1.2 และ 1.6 สำหรับข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวนาดำทั้งสองพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 2.80 และ 2.30 กก./ลบ.เมตร เมื่อเทียบน้ำหนักแห้งรวม และมีค่าเท่ากับ 1.13 และ 0.92 กก./ลบ.เมตร เมื่อเทียบกับผลผลิต ตามลำดับ

คำนำ

ปริมาณการใช้น้ำ หรือการคายระเหยน้ำของพืช (Consumptive use of water or Evapotranspiration, ET) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในวัฏจักรของน้ำ นับตั้งแต่ฝนที่ตกลงสู่พื้นดินจนกระทั่งไหลลงสู่ทะเล มหาสมุทร และระเหยกลับขึ้นสู่บรรยากาศ การคายระเหยน้ำซึ่งหมายรวมถึง การระเหย (evaporation) จากพื้นดินหรือพื้นน้ำ และการคายน้ำของพืช (Transpiration) นับวันยิ่งมีความสำคัญต่อการเกษตร ความรู้ในทางด้านการคายระเหยน้ำนี้มีความจำเป็นต่อการนำไปใช้ประกอบการวางแผนการจัดการด้านทรัพยากรน้ำ การกำหนดปริมาณ และความถี่ของการให้น้ำแก่พืช การวางแผนระบบการปลูกพืช การกำหนดชนิดของพันธุ์และช่วงเวลาปลูกให้สอดคล้องกับการจัดการชลประทาน ฯลฯ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลการใช้น้ำ หรือการคายระเหยน้ำของพืชเป็นข้อมูลพื้นฐานอันสำคัญ (Ekasingh and Suksawad 1975; Frere and Popov 1979)

การตรวจวัด หรือการประมาณการคายระเหยน้ำของพืช มีหลายวิธี อาทิเช่น การตรวจวัดโดยตรงโดยการเก็บตัวอย่างดิน การใช้เครื่องมือวัดความชื้นของดิน การตรวจวัดโดยใช้ถังวัดการคายระเหยน้ำของพืช (Lysimeter) การประมาณโดยใช้สมการสมดุลของน้ำ (Water balance) การสมดุลพลังงาน และการถ่ายเทมวลสาร

(Mass transfer) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณโดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (บุณยธโลกุล 2526; Jensen 1973)

เนื่องจากว่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช ชนิด และอายุของพืช ปริมาณความชื้นและคุณสมบัติของดิน สิ่งสำคัญในการศึกษาวิจัยการคายระเหยน้ำของพืชคือ ต้องมีการกำหนดเงื่อนไขเช่น การให้น้ำแก่พืชในปริมาณที่พอเพียง มีการบำรุงรักษาอย่างดีสม่ำเสมอเพื่อให้พืชที่ปลูกเจริญ-เติบโตได้อย่างเต็มที่ อัตราการใช้น้ำ หรือการคายระเหยน้ำของพืชจึงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ชนิดและช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ข้อมูลดังกล่าวนี้จะต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอันหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า "ศักยภาพการคายระเหย หรืออัตราการคายระเหยจากพืชอ้างอิง" (Potential evapotranspiration or Reference crop evapotranspiration, PET or ET_o) โดยคำที่ได้ใหม่นี้เรียกว่า "การคายระเหยเปรียบเทียบหรือค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช" (Relative evapotranspiration or crop coefficient, ET/PET or Kc; บุณยธโลกุล 2526; Rosenberg 1970) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดหนึ่ง ๆ มีการผันแปรไปแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต ตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ในกรณีของข้าวนาดำ อัตราการระเหยน้ำจากถาดระเหย (Class A pan) ถูกนำมาใช้ในการหาค่าการคายระเหยเปรียบเทียบ (ET/E-pan)

ในต่างประเทศ ค่า Kc ของพืชชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะพืชไร่ ได้มีการศึกษาวิจัย และพิมพ์เผยแพร่มามาก (Jensen 1973; Doorenbos and Pruitt 1977) แต่สำหรับประเทศไทย การศึกษาวิจัยด้านนี้ยังมีอยู่จำกัด ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้ก็เพื่อจะก่อตั้งค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศ ข้าวเหนียวลันป่าตองซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกแพร่หลาย และเป็นพืชหลักในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนเป็นพืชแรกที่ใช้ศึกษาวิจัย ข้าวพันธุ์ กข.6 เป็นพืชทดลองในปีต่อมา

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สถานที่วิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ทำในพื้นที่ของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตร ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งอยู่ห่างจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตร ประมาณ 40 เมตร แปลงทดลองมีขนาด 15 X 15 เมตร เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam)

ถังวัดการใช้น้ำของพืช

ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) ที่ใช้ในการศึกษาอัตราการคายระเหยหรือการใช้น้ำของข้าวนาดำเป็นแบบระบาย (drainage type) มีขนาด 1.2 X 1.2 X 1.0 เมตร (สุขเกษม และ วรรณจักร 2528) น้ำในถังวัดถูกรักษาไว้ในระดับสูงประมาณ 10 ซม. จากพื้นดิน ปริมาณน้ำที่เติม และที่ตักออก (กรณีที่ฝนตกหนัก) จากถังวัดนี้ตรวจวัดโดยใช้ขอวัดน้ำ (Hookgage)

พืช

ข้าวเหนียวลันป่าตองเป็นพืชแรกที่ใช้ในการศึกษา (ระหว่าง ส.ค. - พ.ย. 2526) กล้าข้าวอายุประมาณ 1 เดือน ถูกย้ายมาปักดำในถังวัด (lysimeter) และบริเวณรอบ ๆ โดยมีระยะปลูก 25 X 25 ซม. ข้าวพันธุ์ กข.6 เป็นพืชที่ใช้ทดลองในปีต่อมา (ส.ค. - พ.ย. 2527) โดยมีวิธีการปฏิบัติเช่นเดียวกัน ปริมาณการคายระเหยน้ำของข้าวนาดำทั้งสองชนิดดังกล่าว คำนวณหาได้โดยใช้สมการสมดุลน้ำ (Doorenbos and Kassam 1979)

$$ET^{*} = P + I$$

เมื่อ ET* คือปริมาณการคายระเหยของพืชในช่วงเวลาที่กำหนดให้ (มม.)

P คือปริมาณน้ำฝนในคาบเวลาที่กำหนดให้ (มม.)

I คือปริมาณน้ำที่เติมลงในถังวัด (มม.)

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจบันทึกประจำวัน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตร ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร (ว18°N, 98°E และ 313 ม. เหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ย) ถูกนำมาใช้ประกอบการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตารางที่ 1 และ 2 แสดงสภาพกาลอากาศ ณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร ในระหว่างการศึกษาวิจัย โดยเป็นข้อมูลเฉลี่ยในคาบเวลาที่กำหนด (6-7 วัน) สำหรับข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประจำวัน คำนวณจากอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด โดยใช้โมเดล (สุขเกษม 2527) ส่วนข้อมูลพลังงานรับสิคสิ้นสิ้นรวม (St) และพลังงานรังสีรวมสุทธิ (Rn) คำนวณจากวิธีการของ Frere (สุขเกษม และ วรรณศักร 2528)

การใช้น้ำของพืช

ค่าของอัตราการคายระเหย ปริมาณการคายระเหยและการคายระเหยสะสม (ET, ET* และ ΣET) ของข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 ตลอดช่วงฤดูปลูก (ส.ค. - พ.ย. 2526 และ ส.ค. - พ.ย. 2527) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับอัตราการคายระเหยน้ำ (ET) ของข้าวเหนียวสันป่าตอง ตั้งแต่ปักดำจนกระทั่ง 2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว พบว่ามีค่าลดลงในช่วง 4 สัปดาห์แรก (จาก 4.6

Table 1. Weekly means of agrometeorological data at the Multiple Cropping Center (MCC) during growth of paddy rice (San Pa Tong), 1983.

Date	Air temperature (°c) Max.	Min.	Mean	Air humidity mbar	(%)	Rain mm	E-pan mm	Wind km/day	n (hr)	N	So (Cal./cm^2	St day)
9-14 Aug	32.9	23.8	28.1	30.0	74.8	8.0	4.7	67.2	5.3	12.7	962.6	446.8
15-21 Aug	32.4	24.5	27.9	29.9	75.8	34.2	5.2	85.9	3.5	12.6	954.2	388.7
22-28 Aug	31.5	24.0	27.2	29.2	78.6	21.4	3.9	87.0	2.5	12.5	943.0	352.0
29-4 Sep	31.6	23.3	26.9	29.5	78.4	108.8	4.6	74.6	3.6	12.4	929.4	381.8
5-11 Sep	31.5	23.3	26.8	29.5	78.8	47.8	4.7	82.7	4.5	12.3	913.5	407.1
12-18 Sep	30.1	23.1	26.1	29.0	81.0	31.3	3.5	79.2	3.0	12.1	895.1	353.3
19-25 Sep	33.2	23.9	27.3	29.5	74.6	0.6	5.1	67.6	7.7	12.0	874.5	488.3
26-2 Oct	33.6	22.9	27.6	28.9	72.6	36.7	5.8	65.2	7.1	11.9	852.0	459.8
3-9 Oct	30.4	22.8	26.0	28.8	78.4	18.3	4.2	69.6	5.1	11.8	827.9	390.0
10-16 Oct	30.8	22.7	26.2	27.1	74.8	80.4	3.7	84.0	4.0	11.7	802.8	348.7
17-23 Oct	31.8	21.9	26.4	28.1	75.7	23.3	4.5	62.9	7.4	11.5	777.5	434.3
24-30 Oct	31.4	21.7	25.2	26.5	72.4	2.4	4.4	74.7	6.6	11.4	752.2	401.7
31-6 Nov	29.2	21.5	24.8	25.3	76.0	8.5	3.1	77.5	3.1	11.3	730.6	294.1
7-13 Nov	29.1	21.6	24.8	26.3	81.3	92.5	2.0	60.1	2.7	11.2	708.0	276.5
14-20 Nov	29.1	19.8	23.8	23.6	74.6	45.7	3.6	74.3	4.7	11.1	686.2	319.8
Total						559.9	63.0					
Mean	31.2	22.7	26.3	28.1	76.5		4.2	74.2	4.7	11.9	840.6	382.9

$St = So\ (0.29 + 0.42\ n/N)$

When St = total shortwave radiation; So = extra-terrestrial radiation

n = actual hour of bright sunshine; N = possible sunshine duration

Table 2. Weekly means of agrometeorological data at the Multiple Cropping Center (MCC) during growth of paddy rice (RD# 6), 1984.

Date	Air temperature (°c) Max.	Min.	Mean	Air humidity mbar	(%)	Rain mm	E-pan mm	Wind km/day	n (hr)	N	So (Cal./cm^2	St day)
7-13 Aug	31.8	23.6	27.1	28.3	77.4	32.6	4.0	79.9	3.1	12.7	964.2	378.5
14-20 Aug	31.5	23.0	26.8	29.3	83.4	89.8	3.7	76.5	3.7	12.6	955.6	395.0
21-27 Aug	30.9	23.3	26.6	28.3	79.7	29.3	3.4	66.6	3.2	12.5	944.7	375.5
28-3 Sep	31.3	23.8	27.0	28.8	83.7	109.6	4.6	66.6	1.9	12.4	931.5	330.1
4-10 Sep	30.1	22.6	25.8	28.0	82.4	21.6	3.9	72.3	3.2	12.3	915.9	365.7
11-17 Sep	32.4	21.3	26.1	27.1	73.0	7.4	5.3	72.9	7.1	12.2	897.9	479.9
18-24 Sep	32.7	22.5	26.9	27.7	75.8	4.7	4.4	69.9	6.7	12.0	877.6	460.3
25-1 Oct	33.4	22.5	27.1	28.2	74.6	47.0	4.5	70.0	6.4	11.9	855.3	441.2
2-8 Oct	31.4	22.6	26.4	28.6	80.3	16.9	3.8	70.0	5.0	11.8	831.4	389.1
9-15 Oct	31.2	22.2	26.1	27.5	76.9	13.0	4.2	75.7	4.5	11.7	806.4	364.1
16-22 Oct	29.7	22.3	25.4	27.6	83.1	60.3	3.1	68.1	2.7	11.6	781.1	302.8
23-29 Oct	30.8	16.9	22.9	20.8	67.0	0.0	4.8	53.1	9.6	11.4	755.8	484.8
30-5 Nov	30.9	18.6	23.9	22.7	73.7	1.7	4.2	56.1	7.4	11.3	733.6	415.1
6-12 Nov	33.0	19.2	25.1	25.4	63.0	0.0	4.5	47.8	9.5	11.2	711.2	458.6
13-19 Nov	32.3	17.2	23.7	21.9	67.4	0.0	5.8	48.8	9.8	11.2	689.1	454.4
Total						435.0	67.9					
Mean	31.5	21.2	25.6	26.3	82.0		4.5	65.8	5.8	11.9	832.6	407.2

Table 3. Water balance component, crop coefficient (ET/E-pan) and cumulative evapotranspiration (ΣET) during growth for paddy rice (San Pa Tong) in 1983.

Date	Period (days)	ET* (mm)	ET (mm/day)	E-pan (mm/day)	ET/E-pan	ΣET (mm)
9-14 Aug	6	27.6	4.6	5.1	0.9	27.6
15-21 Aug	7	28.7	4.1	5.2	0.8	56.3
22-28 Aug	7	25.2	3.6	3.9	0.9	81.5
29-4 Sep	7	23.1	3.3	4.6	0.9	104.6
5-11 Sep	7	32.9	4.7	4.7	1.0	137.5
12-18 Sep	7	25.2	3.6	3.5	1.0	162.7
19-25 Sep	7	36.4	5.2	5.1	1.0	199.1
26-2 Oct	7	36.4	5.2	5.2	1.0	235.5
3-9 Oct	7	30.8	4.4	4.8	1.1	266.3
10-16 Oct	7	30.1	4.3	3.7	1.2	296.4
17-23 Oct	7	29.4	4.2	4.5	0.9	325.8
24-30 Oct	7	30.8	4.4	4.4	1.0	356.6
31-6 Nov	7	16.8	2.4	2.8	0.9	373.4
7-13 Nov	7	11.2	1.6	2.0	0.8	384.6
14-20 Nov	7	19.6	2.8	3.7	0.8	404.2
Total	104	404.2				
Mean			3.9	4.2	0.95	

ET* = amount of evapotranspiration at the given period (mm)

Table 4. Water balance component, crop coefficient (ET/E-pan) and cumulative evapotranspiration (ΣET) during growth for paddy rice (RD# 6) in 1984.

Date	Period (days)	ET* (mm)	ET (mm/day)	E-pan (mm/day)	ET/E-pan	ΣET (mm)
7-13 Aug	7	14.9	2.1	4.0	0.5	14.9
14-20 Aug	7	23.4	3.3	3.7	0.9	38.3
21-27 Aug	7	26.8	3.8	3.4	1.1	65.1
28-30 Sep	7	25.1	3.6	4.6	0.8	90.2
4-10 Sep	7	29.6	4.2	3.9	1.1	119.8
11-17 Sep	7	42.6	6.1	5.3	1.1	162.4
18-24 Sep	7	43.1	6.2	4.4	1.4	205.5
25-1 Oct	7	51.4	7.3	4.5	1.6	256.9
2-8 Oct	7	39.4	5.6	3.8	1.5	296.3
9-15 Oct	7	38.6	5.5	4.2	1.3	334.9
16-22 Oct	7	35.5	5.1	3.1	1.6	370.4
23-29 Oct	7	47.9	6.9	4.8	1.4	418.3
30-5 Nov	7	36.6	5.2	4.2	1.2	454.9
6-12 Nov	7	36.3	5.2	4.5	1.2	491.2
13-19 Nov	7	35.0	5.0	5.8	0.9	526.2
Total	105	526.2				
Mean			5.0	4.5	1.17	

ET* = amount of evapotranspiration at the given period (mm)

เป็น 3.3 มม./วัน) หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 5-8 (ยกเว้นสัปดาห์ที่ 6) ET มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงเริ่มออกดอกและข้าวตั้งท้อง (สัปดาห์ที่ 9-12) จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสุดท้ายของฤดูปลูก และสูงขึ้นอีกในสัปดาห์สุดท้าย (ดูรูปที่ 1 A) สำหรับข้าวพันธุ์ กข.6 นั้น ค่า ET เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 8 (ดูรูปที่ 1 B) จากนั้นมีค่าลดลงค่อนข้างคงที่ในช่วงออกดอกและข้าวเริ่มตั้งท้อง (สัปดาห์ที่ 9-14) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 12 ซึ่ง ET มีค่าสูง (6.9 มม./วัน) อัตราการคายระเหยน้ำเฉลี่ยตลอดฤดูเพาะปลูกของข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 มีค่าเท่ากับ 4.2 และ 5.0 มม./วัน ส่วนปริมาณการใช้น้ำรวมตลอดฤดูเพาะปลูกมีค่า 404.2 มม. และ 526.2 มม. ตามลำดับ

จากผลการทดลองครั้งนี้เห็นได้ว่า อัตราการคายระเหย หรือการใช้น้ำของข้าวนาดำขึ้นอยู่กับกำลังการระเหยของอากาศ (evaporating power) มากกว่าอายุของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายระเหยของข้าวเหนียวสันป่าตอง กับอัตราการระเหยน้ำจากถาดระเหย ค่อนข้างดีกว่าข้าวพันธุ์ กข.6 อัตราการคายระเหยของข้าวเหนียวสันป่าตองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.6-5.2 มม./วัน ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข.6 ให้ค่าระหว่าง 2.1-7.3 มม./วัน

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

การผันแปรของอัตราส่วนระหว่างอัตราการคายระเหยน้ำของพืช และอัตราการระเหยน้ำจากถาดระเหย (ET/E-pan) หรือที่เรียกว่า "สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช" (crop coefficient) ของข้าวนาดำทั้งสองพันธุ์ ได้แสดงในรูปที่ 2 สำหรับข้าวเหนียวสันป่าตอง ET/E-pan มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ในช่วงเวลาตั้งแต่ปักดำจนกระทั่งก่อนระยะออกดอก (0.9-1.0 ระหว่างสัปดาห์ที่ 1-8) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุด

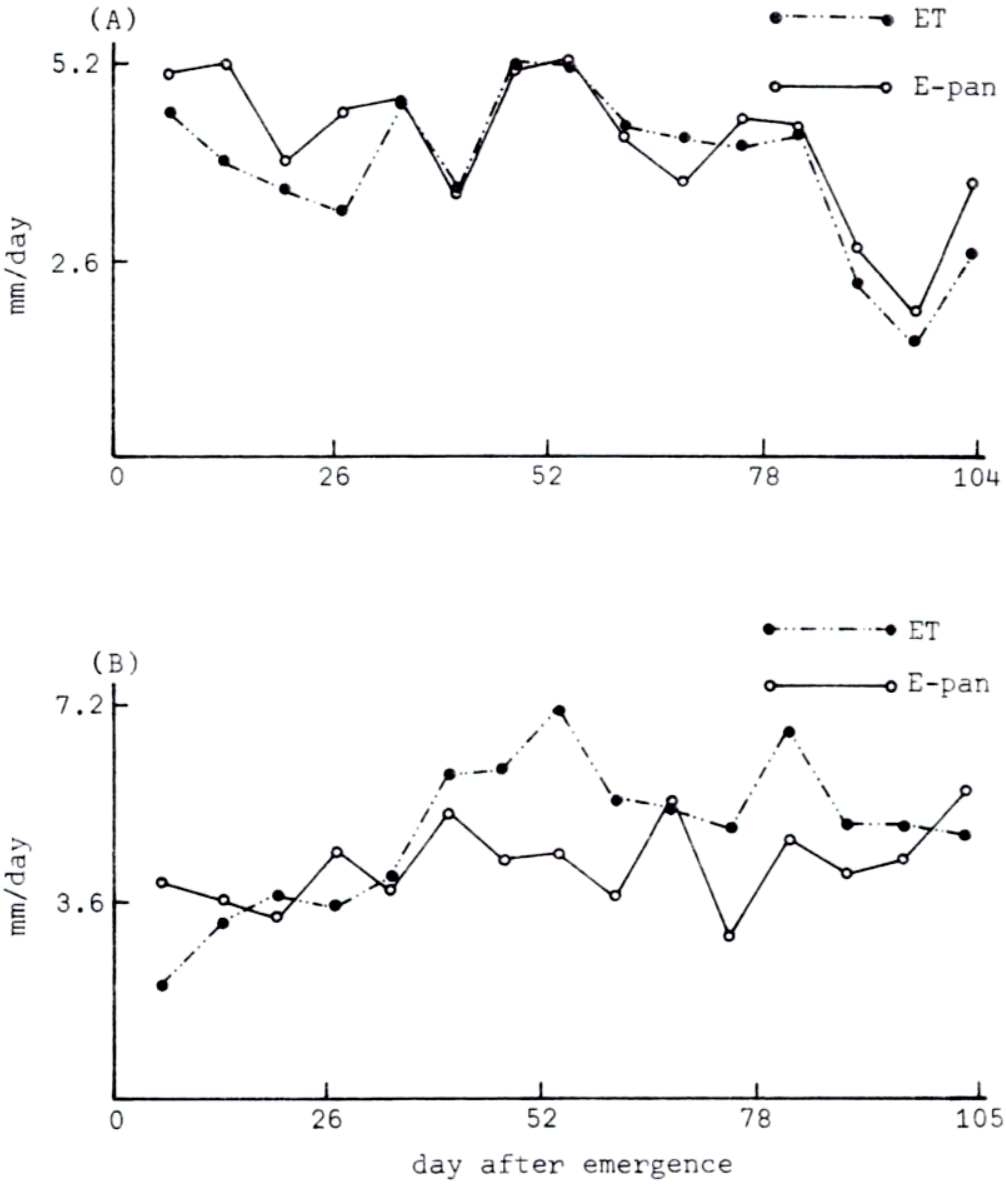


Figure 1. Variations of evapotranspiration rate (ET) and evaporation from Class A pan (E-pan) with time for paddy rice, San Pa Tong (A) and RD# 6 (B).

ในช่วงสัปดาห์ที่ 10 (1.2) และลดลงเล็กน้อย จนกระทั่งถึงช่วงเวลาก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ ขณะที่ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะการเติบโต (vegetative growth) โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 10 จากนั้นเริ่มลดลงหลังจากข้าวเริ่มตั้งท้อง จนกระทั่งก่อนระยะเก็บเกี่ยวเมื่อใบล่างเริ่มแห้งตายไป (รูปที่ 2 A) ในกรณีของข้าวพันธุ์ กข.6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (ET/E-pan) ในสัปดาห์แรกมีค่าต่ำ (0.5) และเพิ่มขึ้นเป็น 1.1 ในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 ขณะที่ดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 0.09 ถึง 1.89 ส่วนสัปดาห์ที่ 8-11 ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวเติบโตเต็มที่และเริ่มออกรวง-ตั้งท้อง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.6 และ LAI มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.45 (รูปที่ 2 B) หลังจากนั้นทั้ง ET/E-pan และ LAI มีค่าลดลงตามลำดับ

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำเฉลี่ยตั้งแต่ปักดำจนกระทั่ง 2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยวของข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.2 และ 0.5-1.6 โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดฤดูเพาะปลูกเท่ากับ 0.95 และ 1.17 ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Doorenbos และ Pruitt (1977) สำหรับข้าวเหนียวสันป่าตอง การผันแปรของค่า ET/E-pan ตามระยะการเจริญเติบโตมีไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าในระยะแรก (หลังปักดำ) อัตราการคายน้ำของข้าวมีค่าต่ำ (LAI น้อย) ในขณะที่อัตราการระเหยจากพื้นผิวน้ำมีมาก หลังจากต้นข้าวเติบโตเต็มที่ และปกคลุมพื้นที่เกือบ 100% (LAI มาก) อัตราการคายน้ำของข้าวเพิ่มขึ้น แต่การระเหยจากพื้นผิวน้ำลดลงเนื่องจากความต้านทานในการแพร่กระจายไอน้ำระหว่างพื้นผิวน้ำ และบรรยากาศ เหนือคาโนปีมีค่าสูงขึ้น แต่ในกรณีของข้าวพันธุ์ กข.6 อัตราการคายระเหยในช่วงที่ดัชนีพื้นที่ใบสูง (ระยะออกดอก-ตั้งท้อง) ยังคงมีค่ามาก อาจมีสาเหตุจากลักษณะทางทรงพุ่มของข้าวพันธุ์ กข.6 ซึ่งมีลักษณะใบตั้งตรง (ข้าวเหนียวสันป่าตองมีใบโค้งปกคลุมพื้นดิน) ดังนั้น

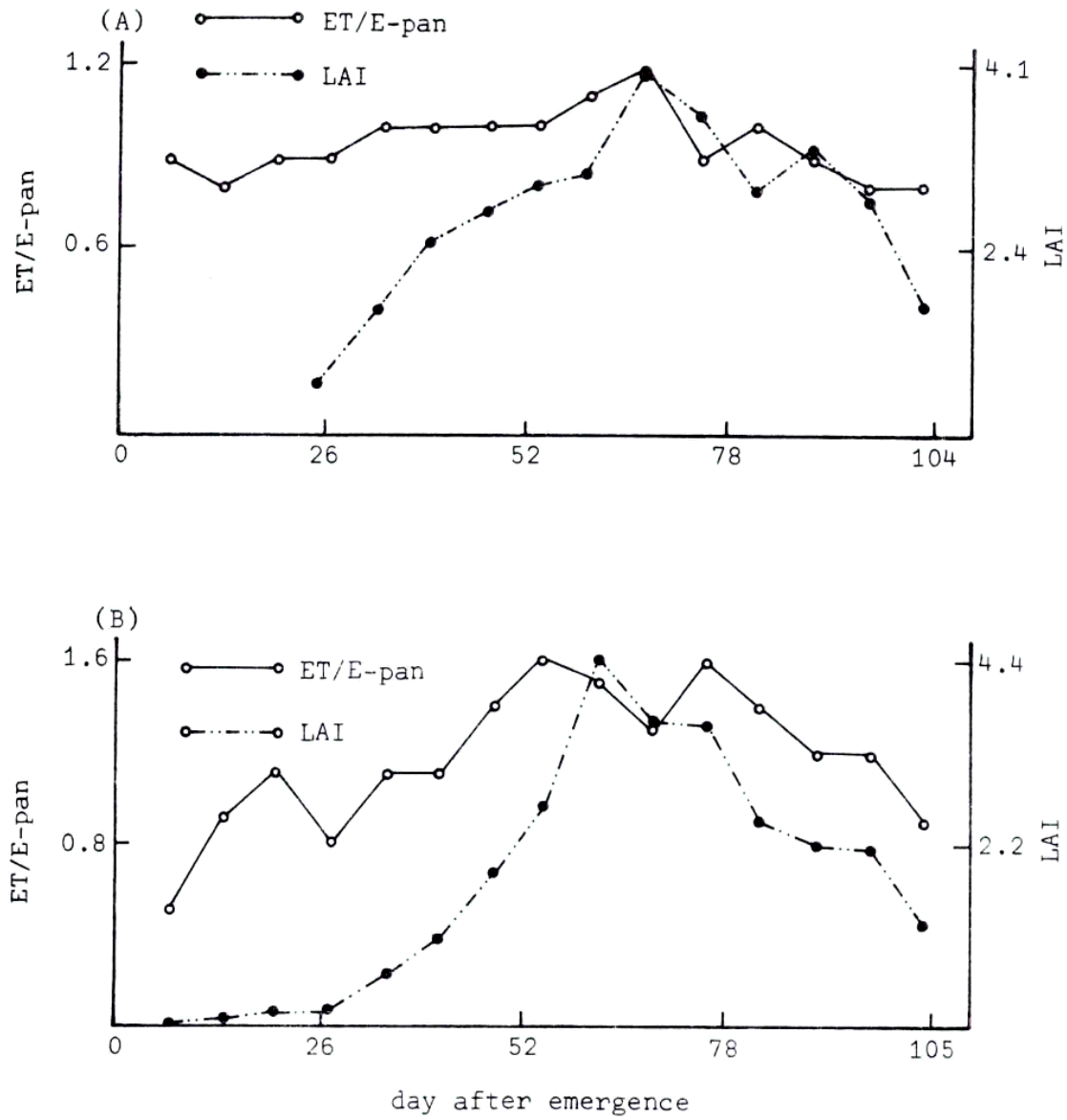


Figure 2. Change in crop coefficient (ET/E-pan) and Leaf area index (LAI) with time of paddy rice, San Pa Tong (A) and RD# 6 (B).

อัตราการระเหยจากพื้นน้ำยังมีบทบาทสำคัญ จึงทำให้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำมีค่าสูงกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง ในช่วงเวลาเดียวกัน

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช

อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งรวม (Total dry matter) หรือน้ำหนักผลผลิต (Grain yield) ต่อปริมาณน้ำที่พืชใช้ตลอดช่วงฤดูกาลเพาะปลูก หรือที่เรียกว่า "ประสิทธิภาพการใช้น้ำ" (Water use efficiency WUE) ของข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 ได้แสดงในตารางที่ 5 น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักผลผลิตของข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวพันธุ์ กข.6 มีค่าอยู่ระหว่าง 1638.7-1976.9, 1618.6-2421.0 กก./ไร่ และ 669.3-794.3, 692.4-863.0 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวเหนียวสันป่าตองทั้งที่เปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักผลผลิตมีค่าสูงกว่าของข้าวพันธุ์ กข.6

Table 5. Total dry matter, grain yield, and water use efficiency of paddy rice grown during the 2526 and 2527 periods.

Variety	Total day matter (Kg/rai)	Grain yield (Kg/rai)	Water use efficiency (Kg/m^3)	
San Pa Tong	1807.8±169.1	731.8±62.5	2.80 1/	1.13 2/
RD# 6	2019.8±401.2	777.7±85.3	2.30 1/	0.92 2/

1/ respect to total dry matter 2/ respect to grain yield

เอกสารอ้างอิง

บุณยรโลกุล, วิบูลย์. (2526). หลักชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุขเกษม, สิทธิพร. (2527). อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประจำวัน ที่ได้จากการวัดโดยตรง การคำนวณและจากโมเดล. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 1 ฉบับที่ 3. 43-52.

สุขเกษม, สิทธิพร และ รายัน วรรณจักร. (2528). ศักยภาพการคายระเหย. วารสารเกษตร (1). 1:24-41.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irri. Drain. Paper 24. FAO., Rome.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. FAO Irri. Drain. Paper 33. FAO., Rome.

Ekasingh, M. and Suksawad, N. (1975). A study of evapotranspiration rate of rice var. R.D. 9. Multiple Cropping Project : Agri. Tech. Report for 1974-75.

Frere, M. and Popov, G.F. (1979). Agrometeorological crop monitoring and forcasting. FAO, Rome.

Jensen, M.E. (1973). Consumptive use of water and irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers., New York.

Rosenberg, N.J. (1970). Microclimate : The biological environment. John Wiley & Sons., New York.

วารสารเกษตร 2, 1 : 63-75 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 63-75 (1986)

การศึกษาเบื้องต้นเพื่อใช้น้ำเวย์จากโรงงานเต้าหู้เลี้ยงจุลินทรีย์

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล, เรณู ปิ่นทอง และ ชินอิชิ คิโนชิตะ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

และ

ศูนย์ร่วมมือวิจัยและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมของจุลินทรีย์ ระหว่างประเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยโอซาก้า

PRELIMINARY STUDIES

ON

MICROBIAL UTILIZATION OF SOYBEAN WHEY FROM TOFU FACTORY

Aran H-Kittikun, Renu Pinthong and Shinichi Kinoshita

Department of Food Science and Technology

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai 50002

and

International Center of Cooperative Research and

Development in Microbial Engineering (ICME),

Faculty of Engineering, Osaka University

ABSTRACT: Preliminary study was carried out by using soybean whey (waste water from tofu factories) to cultivate different types of microorganisms in order to produce biomass,

biogas, riboflavin and cellulase enzyme. The soybean whey was composed of reducing sugar (0.5 mg/ml), total sugar (5.5 mg/ml) total amino acid (4.1 mg/ml) and total nitrogen (1.62 mg/ml). More than 30 microorganisms isolated from spoiled tofu were grown in soybean whey. The best isolate was yeast which could grow in whey with maximal growth of 2.52 units (OD 660 nm) in one day. The residue from cow-dung biogas plant was used as a starter for producing whey biogas which was done in a litre bottle by semi-batch process. The production rate was 200 ml in 2 days. *Eremothecium ashbyii* grown in whey for 5 days synthesized 0.09 mg/ml riboflavin. This production rate could be increased to 0.92 mg/ml by adding 14% soybean residue. Lastly, 5 day-old culture of *Sporotrichum cellulophilum* was able to synthesize 0.78 unit/ml of cellulase and in the addition of 10% soybean residue the cellulase production increased to 1.28 unit/ml.

บทคัดย่อ : การศึกษาเบื้องต้นนี้ทำขึ้นเพื่อที่จะหาทางใช้ประโยชน์จากน้ำเวย์ ซึ่งได้จากการตกตะกอนแยกเต้าหู้แล้ว โดยเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อผลิต มวลชีวภาพ ก๊าซชีวภาพ ไวตามินบีสอง และเอ็นไซม์เซลลูเลส ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้ น้ำเวย์ประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวซิ่ง 0.5 มก./มล. น้ำตาลทั้งหมด 5.5 มก./มล. กรดอะมิโน 4.1 มก./มล. และไนโตรเจนทั้งหมด 1.62 มก./มล. จุลินทรีย์มากกว่า 30 ชนิด แยกได้จากน้ำเต้าหู้เสียเพื่อนำมาเพาะเลี้ยงในน้ำเวย์โดยไม่เติมสารอื่นใด พบว่าจุลินทรีย์ที่เจริญดีที่สุดคือ ยีสต์ ซึ่งให้ค่า OD 660 เป็น 2.52 หน่วย ภายใน 1 วัน การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเวย์ได้ใช้กากเหลือหลังการหมักก๊าซชีวภาพจากมูลวัวเป็นเชื้อเริ่มต้น วิธีการหมักเป็นแบบกึ่งต่อเนื่อง พบว่าในขวดหมักขนาด 1 ลิตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 200 มล. ภายใน 2 วัน การเลี้ยง *Eromothecium ashbyii* ในน้ำเวย์เป็นเวลา 5 วัน สามารถผลิตไรโบฟลาวินได้ 0.09 มก./มล. ในน้ำเวย์ที่เติมกากถั่วเหลือง 14% จะผลิตไรโบฟลาวินได้เป็น 0.92 มก./มล. และการเลี้ยง *Sporotrichum cellulophilum* ที่เพาะเลี้ยงในน้ำเวย์เป็นเวลา 5 วัน สามารถผลิตเซลลูเลสได้ 0.78 หน่วย/มล. และเมื่อเติมกากถั่วเหลือง 10% จะได้เซลลูเลสเพิ่มเป็น 1.28 หน่วย/มล.

คำนำ

เต้าหู้เป็นอาหารโปรตีนสูงทำจากถั่วเหลือง นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย การผลิตเต้าหู้ในปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมทำเป็นแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน คาดว่าในอนาคตคงจะมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ วิธีการผลิตเต้าหู้อาจทำได้หลายวิธี ถ้าใช้ถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม ควรใช้น้ำ 10-15 ลิตร เพื่อแช่แล้วโม่ก่อนที่จะตกตะกอนโปรตีนออกมา ของเสียที่ได้จากการทำเต้าหู้คือ กากถั่วเหลือง น้ำทิ้งจากการแช่ถั่ว และน้ำเวย์ที่ได้หลังจากตกตะกอนโปรตีนแล้ว กากถั่วเหลืองทั้งหมดถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์แต่น้ำทิ้งและน้ำเวย์มักปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ ในน้ำเวย์ นอกจากจะมีเศษโปรตีนหลงเหลืออยู่แล้ว ยังมีคาร์โบไฮเดรท และสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ตลอดจนเกลือแร่และไวตามิน ซึ่งเหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และมีค่า BOD สูง หากมีปริมาณและยังคงปล่อยทิ้งลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ ก็จะมีผลเสียต่อระบบนิเวศน์วิทยาของแหล่งน้ำได้

นักวิทยาศาสตร์ได้หาทางนำน้ำเวย์มาใช้ประโยชน์เช่น Sugimoto (1974) ได้ใช้น้ำเวย์หลังการผลิตถั่วเหลืองเกล็ดสะกัดน้ำมัน (defatted soybean flakes) เลี้ยง *Derbaryomyces kioeckerii* พบว่าสามารถผลิตยีสต์ได้ 14.61 กรัม ของน้ำหนักแห้งต่อน้ำเวย์ 1 ลิตร Wong (1985) ได้ใช้น้ำเวย์หลังจากแยกโปรตีน แล้วเลี้ยงสาหร่าย 2 ชนิด คือ *Chlorella pyrenoidosa* และ *Scenedesmus quadricaula* พบว่าสามารถใช้สาหร่ายเหล่านั้นเป็นอาหารสัตว์ได้ดี นอกจากนี้ Yongsmith และ Apiraktivongse (1983) ใช้น้ำเวย์เลี้ยง *Propionibacterium freudenreichii* และพบว่าสามารถผลิตไวตามินบีสิบสองได้

การศึกษาเบื้องต้นครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะหาทางนำน้ำเวย์มาใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เพื่อผลิตมวลชีวภาพ ไวตามินบีสิบสอง เอ็นไซม์เซลลูเลส และก๊าซชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จุลินทรีย์

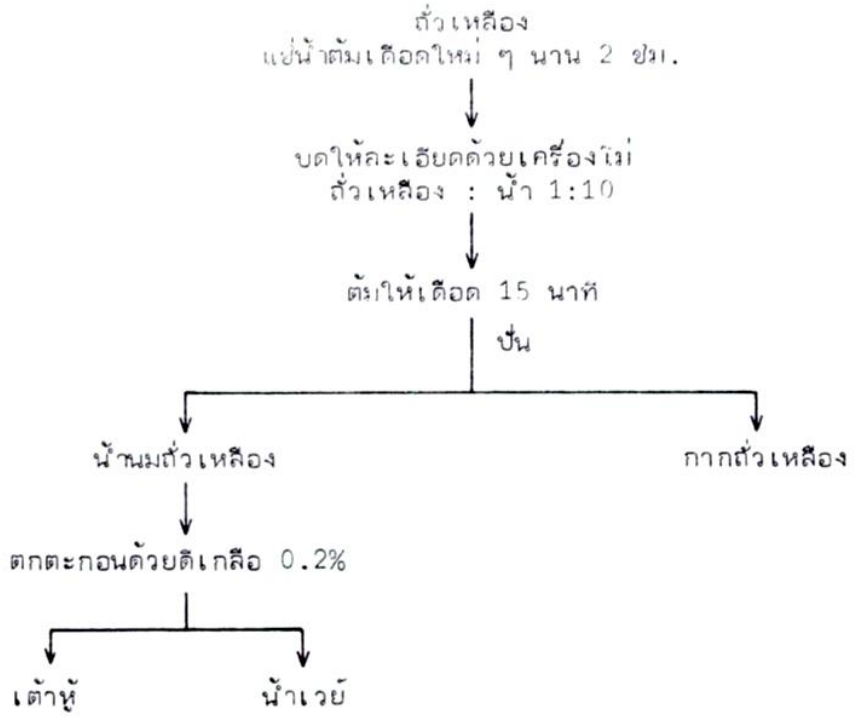
1. จุลินทรีย์ใช้ผลิตมวลชีวภาพ เป็นจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำเวย์ที่ปล่อยให้ล่ลายตัวตามธรรมชาติ

2. จุลินทรีย์เริ่มต้น (seeding culture) สำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ ใช้กากมูลวัวจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ของสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่

3. *Eremothecium ashbyii* สำหรับผลิตไรโบฟลาวิน และ

4. *Sporotrichum cellulophilum* สำหรับผลิตเซลลูเลส ได้รับความเอื้อเฟื้อจาก ICME

การเตรียมน้ำเวย์ และการเพาะเลี้ยงน้ำเวย์ที่ใช้ในการทดลอง ได้รับความเอื้อเฟื้อจากโรงงานทำเต้าหู้ในเชียงใหม่ ขั้นตอนการทำดังแสดงตามแผนภาพ



การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ เพื่อผลิตมวลชีวภาพ ไรโบฟลาวิน และเซลลูเลส ใช้น้ำเวย์ 50 มล. ใส่ฟลาสขนาด 500 มล. นำไปฆ่าเชื้อที่ 120°ซ. 15 นาที แล้วจึงเติมจุลินทรีย์ที่ต้องการศึกษา นำไปเพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง

การผลิตก๊าซชีวภาพ ได้ใช้น้ำเวย์โดยไม่ผ่านการฆ่าเชื้อใด ๆ ใส่ในขวดปากแคบขนาด 1 ลิตร ใช้เชื้อเริ่มต้น 100 มล. ผสมกับน้ำเวย์ 900 มล. ปล่อยให้หมัก 3 วัน แล้วถ่ายน้ำเวย์ในขวดออก 500 มล. ทุก ๆ 2 วัน แล้วเติมน้ำเวย์ใหม่ลงไปแทนในปริมาตรเท่า ๆ กัน

การตรวจวิเคราะห์

1. การตรวจมวลชีวภาพ ใช้วิธีวัดความขุ่นที่ OD 660 โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (Spectronic 21)

2. การวัดปริมาตรก๊าซที่ผลิตได้ ใช้วิธีการแทนที่น้ำ

3. การตรวจหาไรโบฟลาวิน ทำโดยเติม 50 mM sodium acetate buffer pH 4.5 ลงในน้ำเวย์ที่เพาะเลี้ยง *E. ashbyii* ในปริมาตรเท่า ๆ กัน ต้มให้เดือด 3 นาที แล้วนำไปปั่นด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แยกเอาส่วนใสไปวัดหาปริมาตรไรโบฟลาวิน โดยวิธี fluorometric method วัดด้วยเครื่อง fluorometer ใช้ช่วงคลื่น excitation ที่ 440 nm และมี peak emission สูงที่สุด 475 (Association of Vitamin Chemists 1966)

4. การตรวจหาปริมาณเอ็นไซม์เซลลูเลสปั่นน้ำเวย์ที่เพาะเชื้อ *S. cellulophilum* ด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสมา 0.5 มล. ผสมกับ 0.5 มล. ของ 1% carboxymethyl cellulose (CMC) ใน 50 mM sodium acetate buffer pH 4.5 ปล่อยให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้น 10 นาที ที่อุณหภูมิ 40°ซ.

แล้วนำไปวิเคราะห์หา reducing sugar เอ็นไซม์ 1 หน่วย หมายถึงปริมาณเอ็นไซม์ที่เปลี่ยน CMC ไปเป็นกลูโคสได้ 1 โมล ภายใน 1 นาที

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเวย์ นำน้ำเวย์มาวิเคราะห์หาน้ำตาลทั้งหมดโดย phenol sulphuric method (Dubois et al. 1956) หา Reducing sugars โดยใช้ DNS reagent (Miller 1951) หากรดอะมิโนทั้งหมดและ TCA precipitated protein โดยใช้ Folin phenol (Lowry et al. 1951) การหาสารประกอบไนโตรเจนใช้วิธี micro Kjeldahl หาปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยอบที่ 80°ซ. จนได้น้ำหนักคงที่ และหาเถ้าโดยเผาที่ 550°ซ. จนกระทั่งได้เถ้าขาว

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบของน้ำเวย์

การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเวย์ พบว่ามี pH 6.4 มีค่า COD 24000 ppm. และมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีน้ำตาลทั้งหมดและกรดอะมิโนทั้งหมดเป็น 5.5 และ 4.1 มก/มล. ตามลำดับ Yongsmit และ Apiraktivongse (1983) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเวย์ และรายงานว่านอกจากจะมีคาร์โบไฮเดรทและโปรตีนแล้วยังมีธาตุพวกเหล็ก สังกะสี แคลเซี่ยม แมงกานีส ทองแดง โปเตี่ยม และโปแตสเซี่ยม ด้วย

การเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำเวย์

การทดลองนี้แยกได้จุลินทรีย์ 30 ชนิด จากเต้าหู้เสีย เป็นบักเตรี 7 ชนิด และยีสต์ 23 ชนิด แต่ยังไม่ได้จัดจำแนกว่าเป็นจุลินทรีย์ genus และ species ใดบ้าง เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงในน้ำเวย์ได้ผลตามตารางที่ 2 พบว่ายีสต์เจริญได้ดีกว่าบักเตรี และ

ทำให้น้ำเวย์มี pH เป็นด่าง ยีส์ต์หมายเลข 4 เจริญดีที่สุด วัด OD 660 nm ได้ 2.52 เมื่อวิเคราะห์หาน้ำตาลทั้งหมด และกรดอะมิโนในน้ำเวย์หลังจากเลี้ยงจุลินทรีย์ พบว่ายังคงเหลืออยู่ 40-50% ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารอาหารที่เหลืออยู่ในรูปที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยได้ หรืออาจจะเนื่องจากในน้ำเวย์ขาดธาตุอาหารที่จำเป็นบางอย่าง

การผลิตไรโบฟลาวิน

การเพาะเลี้ยง *E. ashbyii* ในน้ำเวย์ที่ไม่ได้เติมสารอาหารอื่นใด เป็นเวลา 5 วัน สามารถผลิตไวตามินบีสองได้เพียง 0.09 มก/มล. เมื่อเติมกากถั่วเหลือง (มีความชื้น 70%) ปริมาณต่าง ๆ กันลงไป ผลการผลิตไรโบฟลาวินแสดงในตารางที่ 3 พบว่าเมื่อเติมกากถั่วเหลืองลงไป 14% สามารถผลิตไรโบฟลาวินได้สูงถึง 0.92 มก/มล. แต่ถ้าใช้กากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงกว่านี้อัตราการผลิตจะลดต่ำลง

เนื่องจากการทำเต้าหู้ใช้ดีเกลือ ($MgSO_4$) เป็นตัวทำให้โปรตีนตกตะกอน ดังนั้นสารพวกฟอสฟอรัสที่มีอยู่อาจตกตะกอนด้วย จึงเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์เจริญในน้ำเวย์ได้ไม่ดี เมื่อทดลองเติม KH_2PO_4 ลงในน้ำเวย์ในปริมาณต่าง ๆ กัน แล้วเลี้ยง *E. ashbyii* พบว่าปริมาณ KH_2PO_4 ที่เหมาะสมคือ 5 มก/มล. ถ้าเติม KH_2PO_4 ในปริมาณสูงกว่านี้จะมีผลยับยั้งการผลิตไรโบฟลาวิน (ตารางที่ 4)

การผลิตเซลลูเลส

การเพาะเลี้ยง *S. cellulophilum* ในน้ำเวย์ โดยไม่เติมสารอาหารใด ๆ เป็นเวลา 5 วัน สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสได้ 0.78 หน่วย/มล. การเติมกากถั่วเหลืองปริมาณต่าง ๆ กันลงไป พบว่า สามารถกระตุ้นการผลิตเซลลูเลสในน้ำเวย์ได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ตารางที่ 5) โดยการเติมกากถั่วเหลืองลงไป 10% จะ

ช่วยเพิ่มการผลิตเซลลูเลสได้สูงสุดเป็น 1.28 หน่วย/มล. เนื่องจาก *S. Cellulo-philum* ต้องการอากาศมาก จึงได้เพาะเลี้ยงเชื้อรานี้บนกากถั่วเหลืองโดยตรง โดยใช้กากถั่วเหลือง 20 กรัม ใส่ฟลาสขนาด 500 มล. พบว่าเมื่อครบ 5 วัน สามารถผลิตเซลลูเลสได้ 7 หน่วยต่อกรัม ของกากถั่วเหลือง

การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเวย์

ในช่วง 2-3 วันแรก มีก๊าซออกมามาก เนื่องจากจุลินทรีย์ได้รับอาหารจากกากมูลโคร่วมกับน้ำเวย์ หลังจากหมักได้ 3 วัน และทำการเปลี่ยนน้ำเวย์ทุก ๆ 2 วัน พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 200 มล. ภายใน 2 วัน โดยน้ำเวย์มี COD เริ่มต้น 24000 ppm. และหลังจากหมัก 2 วัน มี COD สุดท้าย 8000 ppm. ซึ่งยังคงมีค่าสูงมาก แสดงว่าสภาพการหมักยังไม่เหมาะสม การผลิตก๊าซชีวภาพนอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการผลิต เช่น ปริมาณเชื้อเริ่มต้น ความถี่และปริมาณอาหารที่เติม ระยะเวลาที่หมัก pH และอุณหภูมิการหมัก ซึ่งน่าจะศึกษาต่อไป

Table 1. Compositions of whey.

	mg/ml
Reducing sugars	0.5
Total sugars	5.5
Total amino acids	4.1
Total proteins	0.9
Total nitrogen	1.6
Total solid	11.6
Ash	2.5

Table 2. Growth and nutrient utilization by different micro-organisms

Culture number	Growth (day)	Growth (OD 660)	final pH	Residual nutrients (mg/ml)	
				Total sugar	Total amino acid
2	2	3.60	7.76	1.0	2.1
4	1	2.52	7.34	2.3	2.2
5*	1	2.47	7.92	3.1	2.0
6	1	1.82	6.98	3.1	2.4
9*	2	1.40	8.12	3.7	2.2
10	2	1.00	6.36	4.6	2.5
11	2	1.60	6.40	3.7	2.4
14	1	2.32	7.16	3.1	2.3
15*	3	2.40	8.30	3.2	2.5
16*	3	2.23	8.30	3.1	2.2
19	1	1.62	6.94	3.1	2.6
20	2	2.00	7.54	3.1	2.1
21*	3	2.12	8.52	3.1	2.2
22	2	1.90	6.26	3.3	2.4
23*	3	2.11	8.43	3.1	2.2
24	2	1.40	6.18	3.9	2.4
26	1	1.80	6.86	3.1	2.5
28*	3	2.31	8.35	3.4	2.2

* bacteria

Table 3. Effect of soybean residue on riboflavin production by *E. ashbyii* (5 day old culture).

Amount of soybean residue added into 50 ml of whey (g)	Riboflavin production (mg/ml)
0	0.090
1	0.115
5	0.411
7	0.920
10	0.480
15	0.400

Table 4. Effect of phosphate on riboflavin production by *E. ashbyii* (5 day old culture)

KH_2PO_4 (mg/ml)	Riboflavin production (mg/ml.)
0	0.095
0.5	0.117
1.5	0.207
5.0	0.263
15.0	0.154
50.0	0.151

Table 5. Effect of soybean residue on cellulase production by *S. cellulophilum* (5 day old culture)

Amount of soybean residue added into 50 ml of whey (g)	Cellulase production (unit/ml)
0	0.78
1	1.04
3	1.13
5	1.28
7	1.24
10	1.06
15	1.01

เอกสารอ้างอิง

Association of Vitamin Chemists. (1966). Methods of Vitamin assay 3rd ed. The Association of Vitamin chemist, Inc. Interscience Publishers, New York.

Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.K.; Rebers, P.A.; and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Anal. Chem. 28:350-356.

Lowry, O.H.; Rosenbrough, J.J.; Farr, A.L.; and Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the Folin-phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:256-275.

Miller, G.L. (1956). Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31:426-428.

Sugimoto, H. (1974). Treatment of soybean spent solubles by means of yeast cultivation. J. Food Sci. 39:934-938.

Wong, M.H. (1985). Cultivation of microalgae in refuse compost and soybean waste extracts. Agricultural wastes. 12: 225-233.

Youngsmith, B. and Apiraktivongnse, P. (1983). Vitamin B_{12} production from soybean curd whey with Propionibacterium freudenreichii. J. Ferment. Technol. 61:105-107.

วารสารเกษตร 2, 1 : 76-91 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 76-91 (1986)

การใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารสุกร และศักยภาพในการใช้เลี้ยงสุกรในประเทศไทย

ธีระ วิสิทธิ์พานิช

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

UTILIZATION OF PIGEONPEA SEED AS PIG FEED AND ITS POTENTIAL IN THAILAND

Theera Visitpanich

Department of Animal Husbandry

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai 50002

SUMMARY : Pigeonpea seeds contain approximately 20% of crude protein and 3609 kg cal digestible energy/kg. (air-dry basis). In Thailand, the benefits of adding pigeonpea seed to the traditional diet of native pigs raised by the hilltribe people of Northern Thailand have been reported. It is recommended that boiled pigeonpea seeds should be added to the diet at a daily rate of 1% of body weight.

In Australia, diets containing 30% pigeonpea meal produced lower growth rate and feed conversion efficiency in pigs than those on rations containing soybean meal, while there was no detrimental effects in chicks. The inferior protein quality of pigeonpea meal appeared to be due to the presence of anti-nutritional factors in the seed, possibly trypsin-inhibitors (26.0 untis/mg) and tannins (0.43 mg/g). However, heat treatment can improve its protein quality. The performances of pig fed on diets based on heat-treated pigeonpea (autoclaved at 110 °C for

15 minutes) and soybean meal were similar in all parameters. Further treatment with alkali (0.8 N. NaOH) in combination with various autoclaving temperatures had no additional effect as determined in rats.

It can be concluded that pigeonpea seeds are suitable as protein and energy sources for animal. However, the potential for using in commercial animal feed in Thailand depends on its yield and price comparing to other feeds.

ความย่อ : เมล็ดถั่วมะแฮะมีโปรตีนประมาณ 20% และพลังงานที่ย่อยได้ประมาณ 3609 กก.แคลอรี่/กก./เมล็ดแห้ง ในประเทศไทยมีรายงานว่าเมล็ดถั่ว-มะแฮะต้มประมาณ 30 นาที ช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารสุกรที่ใช้บนที่สูง (รำข้าวผสมต้นกล้วยปาล์มเติมน้ำร้อน) ได้ดี โดยการเสริมในอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน ช่วยให้สุกรเติบโตดี และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด ในออสเตรเลีย ผลการทดลองกับไก่ชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้ถั่วมะแฮะดิบผสมลงในอาหารสัตว์ที่ระดับ 30% แต่ในสุกรจะทำให้สุกรเจริญเติบโตช้าลง สาเหตุเนื่องจากสารยับยั้งทริพซิน และ/หรือ สารแทนนินที่มีอยู่ในเมล็ดถั่ว แต่ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ความร้อนที่เหมาะสม เช่น นึ่งในหม้อความดันที่อุณหภูมิ 110 °ซ. เป็นเวลา 15 นาที ทำให้สารพิษถูกทำลาย เป็นผลให้คุณค่าทางอาหารของถั่วมะแฮะสูงเทียบเท่ากับของกากถั่วเหลือง แต่ในการพยายามปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนของเมล็ดถั่วมะแฮะให้สูงกว่าของกากถั่วเหลือง โดยการแช่ในสารละลายด่าง (0.8 N. NaOH) ร่วมกับการใช้ความร้อนในระดับต่าง ๆ ไม่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนให้ดีขึ้นไปอีกในการทดลองกับหนู ความเป็นไปได้ของการใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ขึ้นอยู่กับผลผลิตและราคาของถั่วมะแฮะ เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ

คำนำ

ถั่วมะแฮะ (Cajanus cajan; Pigeonpea) เป็นพืช (ต้นเป็นพุ่ม) ชนิดหนึ่งที่ปลูกกันแพร่หลายในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศอินเดีย ซึ่งผลิตถั่วมะแฮะได้

ถึง 92% ของปริมาณการผลิตทั้งโลก (FAO 1972) เดิมการปลูกถั่วมะแฮะมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเมล็ดมาใช้เป็นอาหารคนเป็นหลัก แต่เนื่องจากเมล็ดรวมทั้งต้นและใบของถั่วมะแฮะมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีคุณสมบัติดีเด่นคือ เป็นพืชที่ทนแล้งได้ดีชนิดหนึ่ง ปัจจุบันมีการนำถั่วมะแฮะไปปลูกเพิ่มเติมตามแหล่งต่าง ๆ ของโลก โดยเฉพาะในเขตที่แห้งแล้ง และพยายามศึกษาหาวิธีใช้ถั่วมะแฮะให้เป็นประโยชน์เพิ่มเติม โดยการใช้เป็นอาหารสัตว์

สำหรับในวงการเลี้ยงสุกร (รวมทั้งสัตว์อื่น ๆ) ของประเทศไทยเรานั้น เมล็ดพืชตระกูลถั่ว โดยเฉพาะกากถั่วเหลือง (Soybean meal) ซึ่งเป็นผลิตผลที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกไปแล้ว นับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญนอกเหนือจากปลาป่นซึ่งมีราคาแพง แต่ประเทศไทยเราเองยังผลิตถั่วเหลืองได้ไม่พอกับความต้องการใช้ในประเทศ ทำให้ถั่วเหลืองมีราคาแพง และเป็นผลให้แต่ละปีต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ในปี 2525 ประเทศไทยต้องสั่งถั่วเหลืองเข้าเป็นปริมาณถึง 17,830 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2526) ดังนั้น ในวงการนักอาหารสัตว์ จึงมีการพิจารณาถึงพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น ๆ ที่อาจจะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์แทนกากถั่วเหลือง เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนและลดต้นทุนการผลิต ซึ่งถั่วมะแฮะก็เป็นพืชตระกูลถั่วอีกชนิดหนึ่งที่ได้มีการทดลองนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ รายงานต่อไปนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ในส่วนที่เกี่ยวกับการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารสุกร รวมทั้งความเป็นไปได้ในการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารสุกร (และสัตว์อื่น ๆ) ในประเทศไทย

คุณค่าทางอาหารของเมล็ดถั่วมะแฮะ

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วมะแฮะ (สายพันธุ์ UQ 50) เมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองและถั่วชิคพี (Chickpea) สองสายพันธุ์ได้แก่ สายพันธุ์เยื่อใยต่ำ (CPI 56296-b) และสายพันธุ์เยื่อใยสูง (CPI 61277) แสดงไว้ในตารางที่ 1

จากตารางจะเห็นได้ว่าถั่วมะแฮะมีปริมาณโปรตีนรวมค่อนข้างต่ำ (20.4%) โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง (43.6%) รวมทั้งปริมาณของกรดอมิโนที่จำเป็น คือ ไลซีน (Lysine) และเมทไรโอนีน (Methionine) ก็ต่ำกว่า สำหรับคุณภาพของโปรตีนเมื่อพิจารณาจากปริมาณของกรดอมิโนที่สำคัญ จะเห็นได้ว่าเมล็ดถั่วมะแฮะก็คล้าย ๆ กับเมล็ดพืชตระกูลถั่วโดยทั่วไป คือ มีปริมาณของกรดอมิโนไลซีนค่อนข้างสูง แต่มีเมทไรโอนีน+ซีสตีน (Cystine) ซึ่งเป็นกรดอมิโนกลุ่มที่มีกำมะถัน (Sulphur amino acid) กับทริพโทฟาน (Tryptophan) ค่อนข้างต่ำ โดยกรดอมิโนกลุ่มที่มีกำมะถันจะเป็นกรดอมิโนที่มักขาดและจำกัดการเจริญเติบโตเป็นอันดับแรก (First limiting amino acid)

ในแง่ของพลังงานนั้น จากการทดลองกับสุกรรุ่น Visitpanich et al. (1985a) พบว่า ถั่วมะแฮะมีพลังงานย่อยได้ (Digestible energy content) = 3609 กก.แคลอรี่/กก. ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง (3632 กก.แคลอรี่/กก.) และมีพลังงานที่ย่อยได้สูงกว่าเมล็ดธัญญพืชที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญบางชนิด เช่น ข้าวสาลี (3441 กก.แคลอรี่/กก.) ข้าวบาร์เลย์ (3035 กก.แคลอรี่/กก.) ข้าวฟ่าง (3441 กก.แคลอรี่/กก.) ตามที่รายงานโดย Batterham et al. (1980) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากเป็นแหล่งโปรตีนแล้ว ถั่วมะแฮะยังเป็นแหล่งอาหารพลังงานที่ดีของสุกรด้วย แม้จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันอยู่ต่ำ (1.4%)

Table 1: Chemical composition (%, w/w, air-day basis) of soybean chickpea and pigeonpea meals (Visitpanich et al. 1985a)

	Soybean meal	Chickpea CPI 56296-b	Chickpea CPI 61277	Pigeonpea
Dry matter	91.0	91.8	91.3	88.3
Crude protein	43.6	23.5	22.5	20.4
Gross energy (Kcal/Kg)	n.a.[A]	4469.3	4373.7	4158.6
Digestible energy (Kcal/Kg)	n.a.[A]	3871.8	3561.1	3608.9
Metabolizable energy (Kcal/Kg)	n.a.[A]	3656.7	3417.7	3393.8
Crude fibre	5.4	3.3	10.0	7.5
Acid-detergent fibre	8.5	6.3	14.8	9.3
Neutral-detergent fibre	8.4	11.3	19.1	13.7
Hemicellulose	-0.1[B]	5.0	4.3	4.4
Ether extract	2.7	4.5	3.7	1.4
Ash	7.8	3.6	3.8	4.3
Tannin	0.33	0.57	0.69	0.43
Trypsin-inhibitor activity (units mg^{-1})	2.6	14.0	10.0	26.0
Essential amino acids				
Lysine	2.88	1.42	1.24	1.18
Methionine	0.52	0.19	0.16	0.16
Cystine	0.35	0.16	0.23	0.35
Threonine	1.79	0.82	0.79	0.80
Tryptophan	0.45	0.15	0.15	0.15
Isoleucine	2.18	0.98	0.92	0.78
Leucine	3.27	1.65	1.53	1.45
Histidine	1.22	0.61	0.52	0.67
Phenylalanine	2.14	1.26	1.13	1.71
Tyrosine	1.74	0.63	0.50	0.55
Valine	2.35	0.98	0.88	0.84

[A] n.a., not analysed.

[B] The negative value may be due to variability associated with the ADF and NDF analyses.

สำหรับปัญหาเรื่องสารพิษ หรือสารที่เป็นตัวต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหาร (Anti-nutritional factor) นั้น ถั่วมะแฮะก็มีปัญหาเช่นเดียวกับเมล็ดถั่วดิบอื่น ๆ เป็นส่วนมาก โดยมีสารยับยั้งทริพซิน (Trypsin-inhibitor) อยู่ 26 หน่วย/มก. ซึ่งสูงกว่าในกากถั่วเหลือง (2.6 หน่วย/มก.) แต่ก็ต่ำกว่าที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบมาก (ประมาณ 80 หน่วย/มก.) นอกจากนี้ยังมีสารยับยั้งไคโมทริพซิน (Chymotrypsin-inhibitor) ประมาณ 4 หน่วย/มก. (Jambunathan and Sing 1981) ซึ่งสารดังกล่าวนี้จะเป็นตัวขัดขวางการทำหน้าที่ของน้ำย่อยทริพซิน และไคโมทริพซิน ทำให้สัตว์ย่อยโปรตีนได้น้อยลง รวมทั้งทำให้ตับอ่อนขยายตัว และเกิดการสูญเสียกรดอมิโนที่จำเป็นโดยเฉพาะกลุ่มที่มีกำมะถัน ซึ่งเสียในรูปน้ำย่อยที่ถูกขับออกมามากกว่าปกติ เป็นสาเหตุรวมกันทำให้สัตว์ชะงักการเจริญเติบโตหรือโตช้าลง (Liener 1976; Yen et al. 1977)

อย่างไรก็ตามสัตว์แต่ละชนิดก็มีความสามารถในการต้านทานต่อสารพิษพวกนี้แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ในพวกสัตว์เคี้ยวเอื้องจะไม่มีปัญหาเรื่องสารพิษพวกนี้มากนัก ในขณะที่ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว ความสามารถในการต้านทานสารพิษระหว่างสุกร ไก่ และหนู ก็แตกต่างกัน (Yen et al. 1977) แต่เป็นโชคดีที่สารพิษพวกนี้ส่วนใหญ่ถูกทำลายได้ง่าย โดยการใช้ความร้อนที่เหมาะสม (Elias et al. 1976; Geervani 1981; Visitpanich et al. 1985b)

นอกจากสารพิษสองตัวดังกล่าวแล้ว เมล็ดถั่วมะแฮะยังมีสารแทนนิน (Tannin) บริเวณผิวเปลือกของเมล็ด ซึ่งแม้จะมีอยู่น้อย (0.43 มก/กรัม) แต่สารแทนนินสามารถทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ (หนู) ชะงักหรือช้าลงได้ โดยการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์อะไมยเลส (Amylase) และโปรตีโอไลติค (Proteolytic) Beichert et al. (1980) ดังนั้นแทนนินก็อาจเป็นปัญหาทำให้คุณค่าในทางอาหาร

ของถั่วมะแฮะต่ำลงได้ อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าในข้าวฟ่างแทนนินสามารถถูกทำลายหรือลดปริมาณลงได้โดยการแช่ในสารละลายด่าง (Reichert et al. 1980)

ผลการทดลองใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์

ปัจจุบันรายงานเกี่ยวกับผลการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารของมนุษย์นับว่ามีอยู่มาก โดยเฉพาะจากประเทศอินเดีย แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในสัตว์กระเพาะเดี่ยว ยังมีค่อนข้างจำกัด สำหรับในไก่มีเพียงรายงานโดย Argikar (1970) และในฮาวาย Krauss (1982) ที่ชี้ให้เห็นว่ามีการใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารเลี้ยงไก่พื้นบ้านกันทั่วไป ส่วนในออสเตรเลีย Springhall et al. (1974) แสดงให้เห็นว่า เมล็ดถั่วมะแฮะสามารถใช้ผสมในอาหารไก่ได้ถึง 30% โดยไก่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเทียบเท่ากับเมื่อใช้อาหารมาตรฐานที่มีกากถั่วเหลืองและข้าวโพดเป็นหลัก

สำหรับในสุกรมีรายงานจากอินเดีย (Sharda et al. 1976) ว่าเมล็ดถั่วมะแฮะที่เสียหาย คัดทิ้งจากการใช้เป็นอาหารคนแล้ว ผสมกับเมล็ดถั่วเขียวที่คัดทิ้งสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดและกากมะพร้าวที่ระดับ 10% ในสูตรอาหารสุกรได้ดีโดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียใด ๆ ทั้งสิ้น ส่วนในประเทศไทยผลงานทดลองเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรบนที่สูงของ Falvey and Visitpanich (1980a) ชี้ให้เห็นว่าการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะ ซึ่งปกติชาวเขาบางกลุ่มก็ปลูกไว้เพื่อกินฝักอ่อน และเก็บเมล็ดไว้เลี้ยงสัตว์อยู่แล้ว เสริมลงในอาหารหลักที่ชาวเขาใช้เลี้ยงสุกร (รำผสมต้นกล้วยป่าสับ และเติมน้ำร้อน) ช่วยให้สุกรเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้กินแต่อาหารหลักอย่างเดียว โดยการเสริมถั่วมะแฮะในรูปบดและต้ม นานประมาณ 30 นาที จะส่งผลให้สุกรเติบโตได้ดีที่สุด และการเติบโตมีแนวโน้มจะลดลงเป็นลำดับ เมื่อเสริมแบบต้มทั้ง

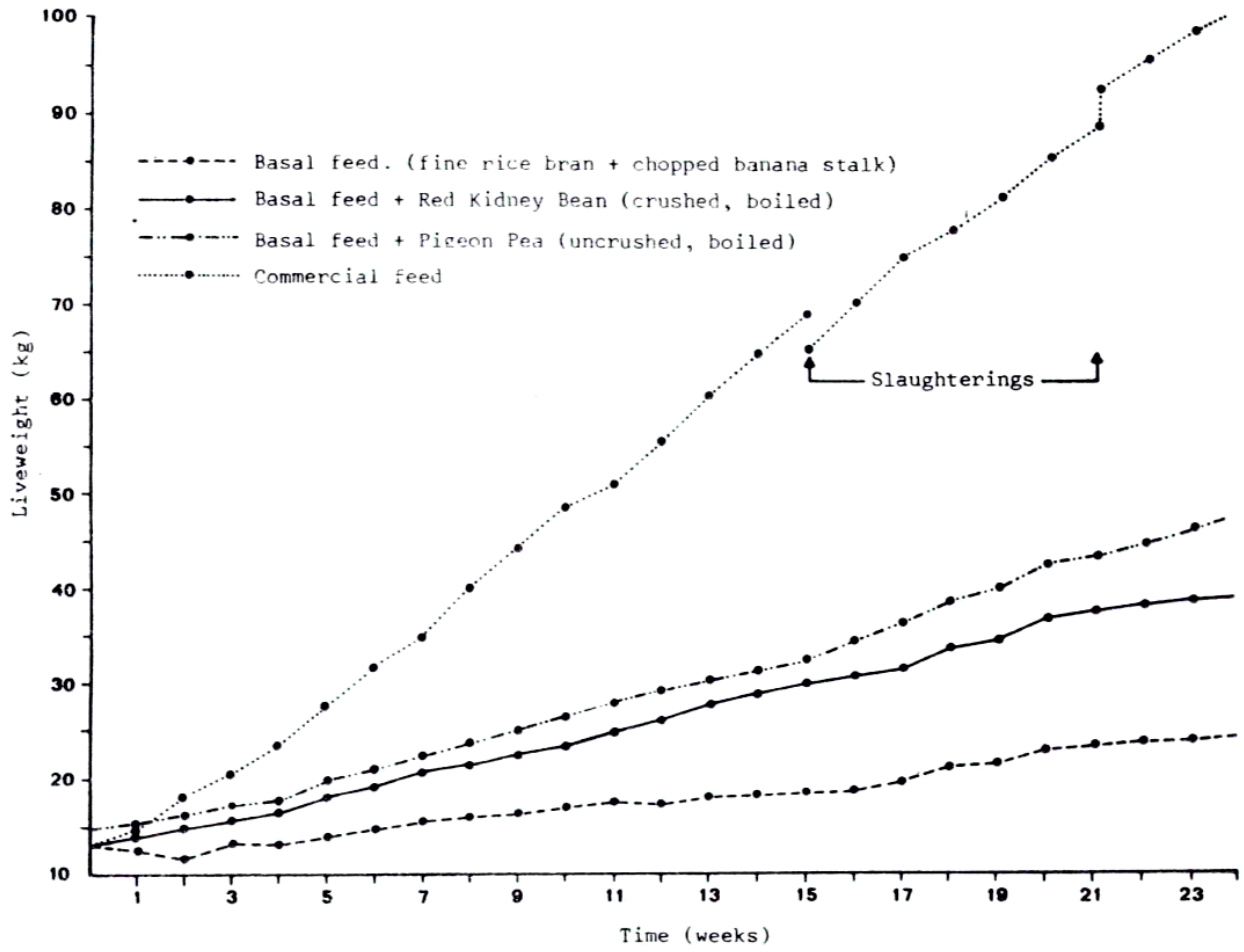


Figure 1 : Liveweights of highland pigs fed four different diets over a period of 168 days (Falvey and Visitpanich 1980b)

เมล็ด หรือบดแล้วไม่ต้ม (น้ำหนักเพิ่มของลูกรที่ให้กินแต่อาหารหลัก เมื่อเทียบกับเสริมด้วยถั่วมะแฮะบด, ถั่วมะแฮะบดต้ม และถั่วมะแฮะต้มทั้งเมล็ด = 30.1:172.9:216.4:201.7 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ) และการใช้ถั่วมะแฮะต้มทั้งเมล็ดเสริมจะช่วยให้ลูกรเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้เมล็ดถั่วแดงหลวง (Phaseolus vulgaris) บดต้ม ซึ่งแสดงผลในภาพที่ 1 (Falvey and Visitpanich 1980b) โดยการเสริมถั่วมะแฮะลงในอาหารหลักในอัตรา 1% ของน้ำหนักตัวต่อวัน จะช่วยให้ลูกรเจริญเติบโตดีและมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมในอัตรา 2 และ 3% (Falvey et al. 1981)

ผลการทดลองดังกล่าวแล้วชี้ให้เห็นว่า เมล็ดถั่วมะแฮะสามารถใช้เป็นแหล่งอาหาร (ทั้งโปรตีนและพลังงาน) ในการเลี้ยงลูกรแบบพื้นบ้านได้ดีชนิดหนึ่ง แต่การทดลองดังกล่าวยังจำกัดอยู่เฉพาะในการเลี้ยงลูกรแบบง่าย ๆ การทดลองอย่างจริงจังเพื่อประเมินคุณค่าทางอาหารของเมล็ดถั่วมะแฮะในการใช้เป็นอาหารลูกร เปรียบเทียบกับการใช้กากถั่วเหลืองและการใช้ถั่วซีคพี ได้กระทำในประเทศออสเตรเลีย (Visitpanich et al. 1985a,b) ผลการทดลองพบว่า การใช้เมล็ดถั่วมะแฮะดิบบด 30% ผสมลงในสูตรอาหารลูกรรุ่นที่ใช้ข้าวสาลีเป็นอาหารฐานทำให้ลูกรเจริญเติบโตช้าลงรวมทั้งประสิทธิภาพในการใช้อาหารเลวลงกว่าลูกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ใช้กากถั่วเหลืองและถั่วซีคพีเป็นแหล่งอาหารโปรตีน (ตารางที่ 2) และการใช้ถั่วมะแฮะดิบในอัตรา 30% ทำให้ลูกรบางตัวมีอาการผิดปกติ โดยพบว่าจากลูกรจำนวน 16 ตัว ที่กินอาหารสูตรนี้หนึ่งตัวตาย และ 2 ตัวโตช้าผิดปกติ ในขณะที่ลูกรอีก 56 ตัว ซึ่งกินอาหารสูตรอื่นโตเป็นปกติ จากผลทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ถั่วมะแฮะดิบเลี้ยงลูกรน่าจะมีปัญหาเนื่องมาจากสารพิษที่มีอยู่ในถั่วมะแฮะดังได้กล่าวมาแล้ว

Table 2 : Response of growing pigs to wheat-based diets containing either soybean, chickpea or pigeonpea meal as protein concentrates (Visitpanich *et al.* 1985a)

	Diet 1: soybean meal	Diet 2: chickpea CPI 56296-b	Diet 3: chickpea CPI 61277	Diet 4: pigeonpea meal	s.e.m.
Liveweight gain (g day^{-1})	632	616	607	576	15.53
Feed conversion ratio	2.14	2.16	2.21	2.30	0.05
Dressing percentage	75.0^{a}	74.6^{a}	74.7^{a}	72.4^{b}	0.61
Carcass gain (g day^{-1})	500^{a}	484^{a}	478^{a}	430^{b}	12.43
Feed conversion ratio (carcass basis)	2.70^{a}	2.77^{a}	2.81^{a}	3.07^{b}	0.07
P_2 (mm)	15.0	14.4	14.8	11.7	0.86
Lean in ham (%)	65.8	65.3	65.3	68.0	0.71

Values with different superscripts within each line differ significantly ($P < 0.05$)

ในความพยายามปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของถั่วมะแฮะ โดยการใช้ความร้อนที่ระดับต่าง ๆ (นึ่งในหม้อความดันที่อุณหภูมิ 110°, 124° และ 140°ซ. เป็นเวลา 15 นาที) เพื่อทำลายสารพิษ พบว่าการนึ่งที่อุณหภูมิ 110°ซ. เป็นเวลา 15 นาที นับว่าเพียงพอในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนของถั่วมะแฮะให้เท่ากับของกากถั่วเหลืองโดยลดปริมาณสารยังยั้งทริพซิน จาก 16.0 เหลือเพียง 0.7 หน่วย/มก. และทำให้ลูกรที่ได้รับอาหารที่มีถั่วมะแฮะนึ่งโต และมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่กินถั่วมะแฮะดิบ และดีเท่ากับกลุ่มที่กินอาหารที่มีกากถั่วเหลือง (ตารางที่ 3) แต่ในความพยายามที่จะปรับปรุงคุณภาพของโปรตีน ของถั่วมะแฮะให้ดียิ่งขึ้นไปกว่าของถั่ว-เหลือง โดยใช้สารละลายด่างเข้าช่วยตามวิธีการของ Reichert et al. (1980) เพื่อหวังลดสารแทนนินด้วยการแช่ถั่วมะแฮะไว้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.8 นอมัล เป็นเวลา 25-30 นาที เมื่อเทสารละลายด่างออกแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปนึ่งที่ความร้อนระดับต่าง ๆ กัน (100°, 110°, 120°, 124° และ 140°ซ.) เป็นเวลา 15 นาที ผลการทดลองกับหนูเป็นจำนวน 4 ครั้ง สรุปได้ว่าการแช่สารละลายด่างไม่สามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของโปรตีนของถั่วมะแฮะให้ดีขึ้นไปได้อีก

ศักยภาพในการใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย

จากผลการทดลองต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว ชี้ให้เห็นว่าการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะดิบเป็นอาหารสัตว์ สำหรับในไก่ถ้าใช้ไม่เกิน 30% จะไม่มีปัญหาอะไร แต่ในลูกรจะมีปัญหาตรงสารพิษที่มีอยู่ในเมล็ดถั่ว ซึ่งเป็นตัวการทำให้คุณภาพของโปรตีนของถั่วมะ-แฮะด้อยลงไป แต่ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้ความร้อนในระดับที่เหมาะสมทำลายสารพิษ ทำให้คุณภาพของโปรตีนของถั่วมะแฮะสูงขึ้นเท่ากับของกากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นอาหารโปรตีนสำคัญที่ใช้ในอาหารสัตว์ทั่วไป ดังนั้นปัญหาเรื่องคุณภาพของโปรตีนหรือ

Table 3: Effect of temperature of autoclaving of pigeonpea seeds for 15 min on trypsin-inhibitor activity and growth-promoting ability of the meal, relative to soybean meal, for growing pigs (Visitpanich *et al*. 1985b)

	Diet 1: soybean meal	Diet 2: pigeonpea meal	Diet 3: 110°C pigeonpea	Diet 4: 124°C pigeonpea	Diet 5: 140°C pigeonpea	s.e.m.
Trypsin-inhibitor activity (units mg^{-1})	-	11.2	0.7	0.7	0.7	
Pig response						
Liveweight gain (g per day)	627^{a}	552^{b}	618^{a}	630^{a}	608^{a}	19.3
Feed conversion ratio	2.08^{a}	2.33^{b}	2.08^{a}	2.07^{a}	2.15^{a}	0.06
Dressing percentage	75.5	74.6	74.1	74.2	74.7	0.6
Carcass gain (g per day)	504^{a}	436^{b}	482^{a}	493^{a}	482^{a}	15.3
FCR (carcass basis)	2.59^{a}	2.93^{b}	2.67^{a}	2.65^{a}	2.72^{a}	0.07
Backfat thickness (P_2, mm)	14^{ab}	13^{b}	13^{b}	13^{b}	15^{a}	0.5
Lean in ham (%)	66.8	67.4	68.5	68.2	67.4	0.6

Values with different superscripts within each line differ significantly ($P < 0.05$)

คุณค่าทางอาหารของถั่วมะแฮะจึงไม่ใช่เรื่องใหญ่ สิ่งสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดความเป็นไปได้ของการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ น่าจะอยู่ที่ผลผลิตและราคาของถั่วมะแฮะต่อหน่วยโปรตีน เมื่อเทียบกับแหล่งอาหารโปรตีนอื่น ๆ ที่สำคัญ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองแล้ว ราคาของเมล็ดถั่วมะแฮะควรจะต่ำกว่ากากถั่วเหลืองเท่าตัวหรือมากกว่านั้น จึงจะสมควรนำมาใช้ เนื่องจากการใช้เมล็ดถั่วมะแฮะต้องคิดถึงค่าใช้จ่ายในการต้มหรือนึ่ง ก่อนนำมาใช้ (สำหรับสุกร) ในขณะที่กากถั่วเหลืองได้ผ่านความร้อนที่เกิดขึ้นจากขบวนการหีบเอาน้ำมันมาแล้ว

อย่างไรก็ตามเนื่องจากถั่วมะแฮะมีจุดเด่นที่เป็นพืชทนแล้งและปลูกง่าย รวมทั้งเมล็ดมีสัดส่วนของโปรตีน และพลังงานอยู่ เหมาะสมที่จะใช้เป็นทั้งแหล่งโปรตีนและแหล่งพลังงานพร้อมกัน ดังนั้นตามเขตชนบทหรือเขตที่แห้งแล้งซึ่งปลูกพืชอาหารสัตว์อื่น ๆ ไม่ค่อยได้ผล ถั่วมะแฮะน่าจะเป็นพืชที่เหมาะสมในการปลูก เพื่อใช้เมล็ดเลี้ยงพวกสุกรหรือไก่

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2526). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะ-ปลูก 2525/26. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

Argikar, G.P. (1970) Gram. In "Pulse Crops of India" ICAR, New Delhi. pp 54-135.

Batterham, E.S.; Lewis, C.E.; Lowe, R.F. and the late McMillan, C.J. (1980). Digestible energy content of cereals and wheat by-products for growing pigs. Anim. Prod. 31:259-271.

Elias, L.G.; Hernandez, M. and Bressani, R. (1976). The nutritive value of precooked legume flours processed by different methods. Nutr. Rep. Inter. 14:385-403.

Falvey, L. and Visitpanich, T. (1980a). Nutrition of highland seine. 2. Preparation of pigeonpea seed fed in conjunction with rice bran and banana stalk. Thai. J. Agric. Sci. 13:29-34.

Falvey, L. and Visitpanich, T. (1980b). Nutrition of highland swine. 3. Grain legume supplementation and growth potential. Thai. J. Agric. Sci. 13:109-118.

Falvey, L.; Mikled, C. and Visitpanich, T. (1981). Grain legume supplement optimization in highland pig diets Thai. J. Agric. Sci. 14:139-145.

Food and Agriculture Organization. (1972). FAO Production Year Book. FAO, Rome.

Geervani, P. (1981). Nutritional evaluation of pigeonpea (Variety Hyderabad 3A) processed by traditional methods. In "Proceedings International Workshop on Pigeonpeas" ICRISAT, Patancheru, India, 1980. Vol. 2, pp 427-434.

Jambunathan, R. and Singh, U. (1981). Grain quality of pigeonpea. In "Proceeding Internation Workshop on Pigeonpeas" ICRISAT, Patancheru, India, 1980. Vol. 1, pp 351-356.

Krause, F.G. (1932). The pigeonpea (Cajanus indicus) : its improvement culture, and utilization in Hawaii. Univ. of Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 64, Honolulu. Hawaii.

Liener, I.E. (1976). Legume toxins in relation to protein digestibility a review. J. Food Sci. 41:1076-1981.

Feichert, R.D.; Fleming, S.E. and Schwab, D.J. (1980). Tannin deactivation and nutritional improvement of sorghum by anaerobic storage of H_2O, or NaOH-treated grain. J. Agric. Food Chem. 28:824-829.

Sharda, D.P.; Pradhan, K. and Singh, P. (1976). A note on the effect of damaged pulses in the diet on the performance and carcass quality of growing-finishing pigs. Ind. J. Anim. Sci. 46:677-679.

Springhall, J.; Akinola, J.O. and Whiteman, P.C. (1974). Evaluation of pigeonpea seed (Cajanus cajan) meal in Chicken rations. In "Proc. Australasian Poultry Sci. Con." Havart Tasmania pp 117-119.

Visitpanich, T.; Batterham, E.S. and Norton, B.W. (1985a). Nutritional value of chickpea (Cicer arietinum) and pigeonpea (Cajanus cajan) meals for growing pigs and rats.

I. Energy content and protein quality. Aust. J. Agric. Res. 36:327-335.

Visitpanich, T.; Batterham, E.S. and Norton, B.W. (1985b). Nutritional value of chickpea (Cicer arietinum) and pigeonpea (Cajanus cajan) meals for growing pigs and rats.

II. Effect of autoclaving and alkali treatment. Aust. J. Agric. Res. 36:337-345.

Yen, J.T.; Jensen, A.H. and Simon, J. (1977). Effect of dietary raw soybean and soybean trypsin inhibitor on trypsin and juice of growing swine. J. Nutr. 107:156-165.

วารสารเกษตร 2, 1 : 92-106 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 92-106 (1986)

พัฒนาการวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์

ไพโรจน์ วิริยจารี
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002

DEVELOPING MINICOLUMN METHOD FOR AFLATOXIN ANALYSIS

Pairote Wiriyacharee
Department of Food Science Technology
Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
Chiang Mai 50002

SUMMARY : Until now, an improved minicolumn method for aflatoxin analysis has been developed. The purpose of this work is to find an acceptable method that can screen a wide range of commodities. Preliminary purification of extract is necessary to remove the major portion of some interfering substances. The method must be more rapid and simple to be employed and be practical for field or in-plant application. It belongs to procedure which requires only plastic and glass tubes that reduces a lot of maintanance. In certain steps of analysis the use of some suitable chemicals also lessens potential toxicity in the laboratory, as well as environmental polution.

ความย่อ : การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยใช้มินิคอลัมน์ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีวิเคราะห์ให้สามารถใช้ได้กับตัวอย่างหลายประเภท ขั้นตอนการสกัดอฟลาทอกซินให้บริสุทธิ์จากตัวอย่างแต่ละประเภทมีความสำคัญต่อการกำจัดสารต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังต้องสามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว ง่าย และสะดวก

เพื่อที่จะได้นำไปใช้นอกสถานที่ การใช้หลอดพลาสติกหรือหลอดแก้วบรรจุสารต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณอฟลาทอกซินได้ถูกพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่าย การใช้สารเคมีที่เหมาะสมยิ่งขึ้น ในระหว่างการวิเคราะห์จะช่วยลดปัญหาการเป็นพิษแก่ผู้ปฏิบัติการในห้องทดลอง และมีผลดีต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย

คำนำ

สารพิษที่พบในอาหารมีอันตรายต่อการดำรงชีพของมนุษย์เป็นอย่างมาก อฟลาทอกซินเป็นสารพิษชนิดหนึ่งที่พบในอาหารบางชนิด โดยเฉพาะในผลิตผลทางการเกษตร สารพิษชนิดนี้สร้างโดยเชื้อราหลายเหล่า เช่น *Aspergillus* sp., *Penicillium* Cp. และ *Rhizopus* sp. เป็นต้น (Goldblatt 1969) เชื้อราเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ในที่มีความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณร้อยละ 80-85 และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 30 องศาเซลเซียส (Coker et al. 1984) ด้วยเหตุผลนี้จึงพบสารพิษอฟลาทอกซินได้มากที่สุดในเขตร้อน แต่เชื้อรานี้ก็สามารถเจริญเติบโตได้แม้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างช้า ๆ สารพิษดังกล่าวเมื่อปนเปื้อนในอาหารไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อรับประทานเข้าไปจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะอาจเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งที่ตับ (กลิ่นสุคนธ์ 2524) จึงเป็นเหตุผลอันหนึ่งที่ทำให้งานค้นคว้าวิจัยทางด้านสารพิษอฟลาทอกซินมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพื่อป้องกันสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคที่อาจจะได้รับอันตรายจากสารพิษดังกล่าวจึงได้มีสถาบัน องค์กรต่าง ศึกษาค้นคว้า และพัฒนาวิธีป้องกันการเกิดสารพิษนี้ ตลอดจนพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงชนิดและปริมาณที่พบในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อหาตรรชนีบ่งชี้ว่าอาหารนั้นเหมาะแก่การบริโภคหรือไม่ การวิเคราะห์อฟลาทอกซินใช้หลักการที่สารพิษนี้ สามารถเรืองแสงได้ภายใต้แสงอุลตราไวโอเลท เช่น อฟลาทอกซิน B_1, B_2 และอฟลาทอกซิน

M_1, M_2 สามารถเรืองแสงสีน้ำเงินเมื่ออยู่ภายใต้แสงอุลตราไวโอเลท ส่วนอฟลาทอกซิน G_1 และ G_2 สามารถเรืองแสงสีเขียว เมื่ออยู่ภายใต้แสงอุลตราไวโอเลท

ตามปกติการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบชนิดและปริมาณอฟลาทอกซินที่แน่นอน มักใช้วิธีการที่เรียกว่า ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี (Thin Layer Chromatography, TLC) ร่วมกับเครื่องมือ Fluorodensitometer (Jones 1972) ปัจจุบันการพัฒนาวิธีวิเคราะห์อฟลาทอกซินได้ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงมากขึ้น โดยการใช้วิธีที่เรียกว่า High Pressure Liquid Chromatography; HPLC (Pons et al. 1976, 1978) ซึ่งทั้งสองวิธีที่กล่าวข้างต้น เป็นวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนให้ผลที่ถูกต้องและแม่นยำมากในด้านการวิเคราะห์ทั้งชนิดและปริมาณอฟลาทอกซิน แต่เครื่องมือดังกล่าวมีราคาแพงจึงไม่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์นอกสถานที่หรือภาคสนาม คงใช้ได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการใหญ่เท่านั้น

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์อฟลาทอกซินด้วยวิธีมินิคอลัมน์ (Minicolumn Method)

เพื่อที่จะศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์อฟลาทอกซิน ให้สามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้ ซึ่งยังไม่มีเครื่องมือพิเศษในการวิเคราะห์ จึงได้มีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ในหลายรูปแบบ การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณอฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์เป็นวิธีการ ที่พัฒนามาจากขั้นตอนการทำให้อฟลาทอกซินบริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี (Column Chromatography) โดยในคอลัมน์ดังกล่าวมีสารซิลิกาเจล (silica gel) บรรจุอยู่ และปิดหัวท้ายด้วยโซเดียมซัลเฟต แอนไฮดรัส (sodium sulphate anhydrous) อฟลาทอกซินจะถูกดูดซึมที่ชั้นของซิลิกาเจล

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์อฟลาทอกซินด้วยวิธีมินิคอลัมน์ สามารถแบ่งการพัฒนาได้ดังนี้

1. การพัฒนาขนาดคอลัมน์ สารบรรจุในมินิคอลัมน์ และวิธีการวิเคราะห์

Holaday (1968) ได้ทดลองวิเคราะห์สารพิษอฟลาทอกซินโดยใช้มินิคอลัมน์แก้วขนาด 4 X 75 มิลลิเมตร บรรจุสารซิลิกาเจล ประมาณ 4.5 เซนติเมตร เมื่อจุ่มหลอดแก้วลงในสารละลายสกัดอฟลาทอกซินที่ผสมคลอโรฟอร์ม และเมทานอล จะปรากฏอฟลาทอกซินในชั้นซิลิกาเจล ห่างจากด้านล่างของคอลัมน์ประมาณ 10 มิลลิเมตร และสามารถตรวจสอบสารพิษดังกล่าว ที่ระดับ 5 ส่วนในพันล้านส่วน ขึ้นไปภายในเวลา 15-25 นาที แต่เป็นวิธีที่สามารถบ่งชี้การปรากฏอฟลาทอกซินในตัวอย่างได้คร่าว ๆ เมื่อเทียบกับการใช้ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี ซึ่งให้ผลชัดเจนแน่นอนกว่า ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1. Comparison of aflatoxin contents in five peanut samples between those obtained by minicolumn method and TLC (Holaday 1968)

Peanut	MCC (ppb.)	TLC (ppb.)
1	100-150	119
2	<30	22
3	60-100	75
4	>150	180
5	30-60	43

หลังจากนั้น ได้มีการพัฒนาคอลัมน์ของ Holaday (1968) โดยการเพิ่มชั้นของอลูมินา (alumina) ใต้ชั้นซิลิกาเจล ประมาณ 90 มิลลิเมตร เพื่อช่วยกำจัดสารเรืองแสงอื่น ๆ จากสารละลายสกัดอฟลาทอกซินซึ่งจะมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์อฟลาทอกซินในชั้นซิลิกาเจลได้

ข้อจำกัดของการแช่มินิคอลัมน์ในสารละลายสกัดอฟลาทอกซินมีมากมาย เช่น ความผันแปรในเรื่องปริมาณของสารละลายสกัดที่ถูกดูดซึมขึ้นสู่คอลัมน์หรือความสูงของแถบอฟลาทอกซินที่ปรากฏ และแถบอฟลาทอกซินที่กระจายเกินขอบเขตหลังจากยกคอลัมน์ออกจากสารละลายสกัด

ดังนั้น Velasco (1972) ได้ทำการทดลองใหม่ โดยการนำสารละลายสกัดอฟลาทอกซินที่ทราบปริมาตรแน่นอนเติมใส่มินิคอลัมน์ที่ด้านบน และปล่อยให้ไหลตามแรงดึงดูดของโลก ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาความผันแปรในเรื่องปริมาตรได้ ส่วนความผันแปรอีก 2 อย่าง เขาได้พัฒนาสารบรรจุในมินิคอลัมน์ โดยเพิ่มชั้นฟลอริซิล (florisil) ใต้ชั้นซิลิกาเจล และผ่านสารละลายสกัดอฟลาทอกซินผสมคลอโรฟอร์มกับอะซีโตนแทนเมทานอล แถบอฟลาทอกซินจะปรากฏที่ชั้นบนของฟลอริซิลในลักษณะที่มีแถบชัดเจนขึ้น ทั้งนี้เพราะฟลอริซิลช่วยป้องกันมิให้แถบอฟลาทอกซินมีการกระจาย โดยมีชั้นทรายเป็นฐานของชั้นฟลอริซิล

Romer (1975) ได้พัฒนามินิคอลัมน์ของ Velasco (1972) ต่อไป โดยเพิ่มชั้นของแคลเซียมซัลเฟตแอนไฮดรัส ปิดหัวท้ายของมินิคอลัมน์แทนชั้นของทราย และขยายเส้นผ่าศูนย์กลางหลอดมินิคอลัมน์ออกเป็น 6 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) การเพิ่มชั้นแคลเซียมซัลเฟตแอนไฮดรัส เพื่อเป็นสารดูดซึมน้ำที่อาจปนมากับสารละลายสกัดอฟลาทอกซิน และช่วยป้องกันความชื้นจากบรรยากาศไม่ให้สัมผัสกับสารที่บรรจุในคอลัมน์ ส่วนการขยายเส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์นั้น ช่วยเพิ่มปริมาตรของสารละลายสกัดอฟลาทอกซินที่จะผ่านมินิคอลัมน์ให้มากขึ้น

Holaday (1975) ได้ทดลองบรรจุสารฟลอริซิล และอลูมินา อย่างละ 15 มิลลิเมตร ในมินิคอลัมน์ (ดังภาพที่ 1) เพื่อวิเคราะห์อฟลาทอกซิน แต่จากการเปรียบเทียบการนำสารละลายสกัดอฟลาทอกซินโดยวิธีของ Holaday (1975) มาผ่านในหลอดแก้วที่พัฒนาโดย Velasco (1972) และโดย Holaday เอง ปรากฏว่าการใช้หลอด

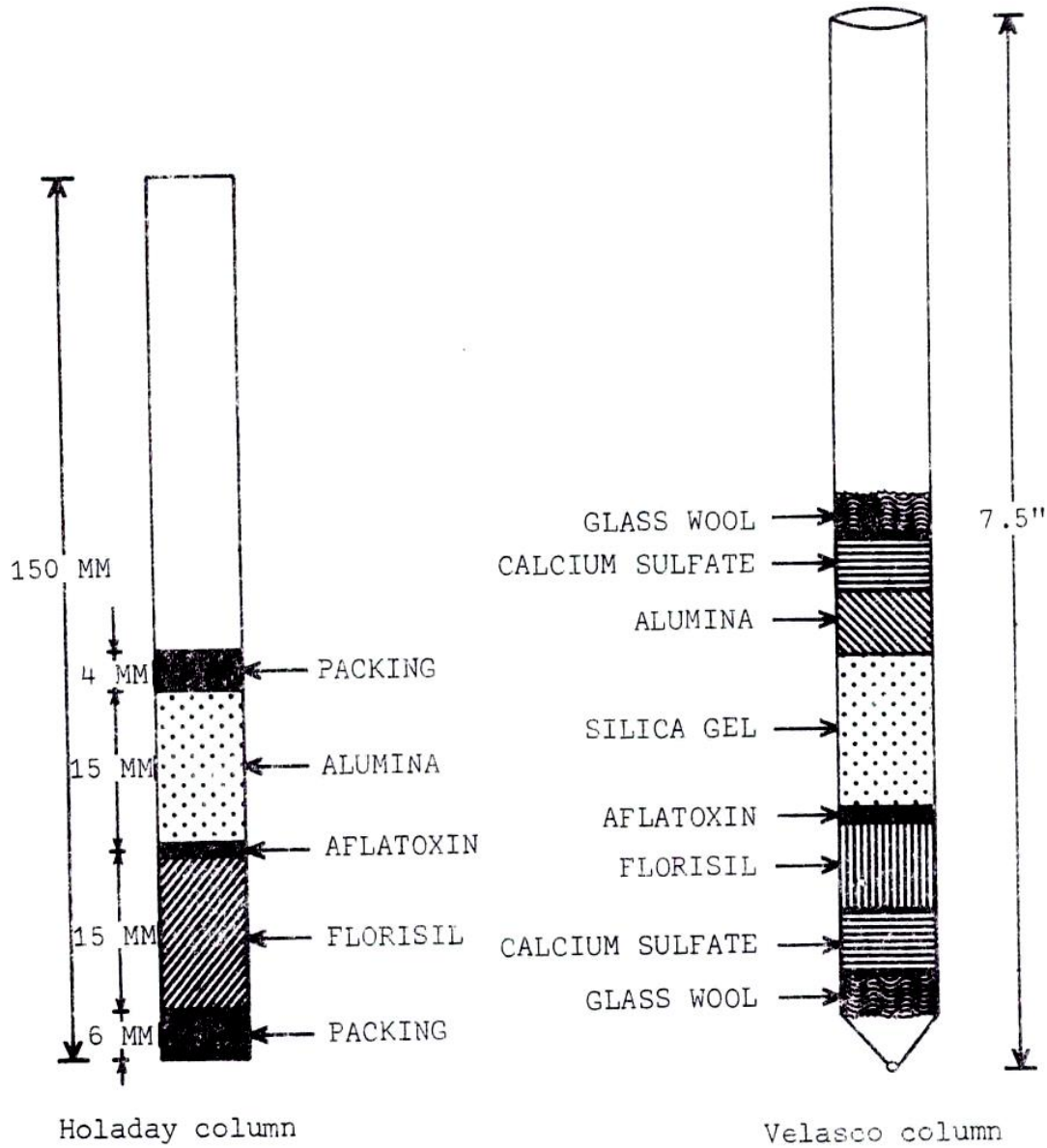


Figure 1. Diagram of column developed by Holaday (1975) and Velasco (1972)

ตาม Velasco ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่า ซึ่งปัจจุบันวิธีการดังกล่าวได้รับการยอมรับจาก AOAC

การวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยมินิคอลัมน์ สามารถจะใช้แรงดันเพื่อให้การไหลของสารละลายในคอลัมน์ผ่านเร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้แรงดันมีขีดจำกัดคือไม่ควรให้สารละลายไหลเร็วเกิน 1 มิลลิลิตรต่อนาที เพราะความเร็วที่สูงกว่านี้ทำให้สารเรืองแสงประเภทอื่น หรืออฟลาทอกซินเองกระจายในชั้นต่าง ๆ ของ มินิคอลัมน์ เช่น อฟลาทอกซินจะกระจายไปสู่ชั้นฟลอริซิล และจะเกิดแถบเรืองแสงมัว ๆ ในชั้นฟลอร์ซิลได้ ส่วนสารเรืองแสงอื่นจะผ่านชั้นอลูมินา และซิลิกาเจลมายังชั้นฟลอริซิล ซึ่งมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าที่วิเคราะห์ได้

2. การพัฒนาวิธีการกำจัดสารเรืองแสงอื่น และการทดแทนสารอันตรายในขั้นตอนการสกัดอฟลาทอกซิน

ปัญหาการวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์ในระยะแรก พบว่าสารละลายสกัดอฟลาทอกซินมีสารเรืองแสงประเภทอื่นปะปนมาด้วย มีผลทำให้แถบเรืองแสงของอฟลาทอกซินเข้มขึ้น หรือมีขนาดกว้างขึ้น ทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้คลาดเคลื่อน Velasco (1972) จึงได้คิดค้นวิธีการกำจัดสารเรืองแสงอื่นโดยเพิ่มขั้นตอนการทำให้สารเรืองแสงดังกล่าวตกตะกอน โดยใช้เฟอริค เจล (ferric gel) แต่วิธีนี้มีปัญหาในขั้นตอนการเตรียมสารละลายเฟอริค เจล เพราะต้องเตรียมให้สารละลายมีความเป็นกรดที่ค่า 4.6 มิฉะนั้นจะทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กมากจนสามารถเล็ดลอดผ่านกระดาษกรองได้ ซึ่ง วิริยจารี (2524) ก็เคยสังเกตพบว่าสารละลายนี้ขุ่นเกินควร เป็นสาเหตุให้ Holaday (1973) คิดปรับปรุงโดยใช้ตะกั่วอะซีเตท (lead acetate) ช่วยในขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ ทำให้สามารถกำจัดสารเรืองแสงอื่น ๆ ได้ และสามารถให้ความแม่นยำในการตรวจสอบที่ระดับ 3-5 ส่วนในพันล้านส่วน โดยใช้เวลาวิเคราะห์ 15 นาที

แต่ตะกั่วอะซีเตท เป็นสารเคมีอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการ ดังนั้น McKinney (1975) ได้เปลี่ยนไปใช้สังกะสีอะซีเตท (zinc acetate) แทน ทำให้อฟลาทอกซินไม่สูญเสียไปในระหว่างการวิเคราะห์ อีกทั้งเป็นการลดปัญหาทางด้านมลภาวะด้วย

Holaday (1975) ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์อฟลาทอกซินให้มีความแม่นยำมากขึ้นในการตรวจสอบตัวอย่างต่าง ๆ (ตารางที่ 2) เช่น การใช้สังกะสีอะซีเตทในขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์และสกัดใหม่อีกครั้งด้วยเบนซีน ตลอดจนได้พัฒนาการใช้วัสดุที่ง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้ยังสถานที่ต่าง ๆ เช่น ได้ใช้มินิคอลัมน์พลาสติกแทนหลอดแล้วเป็นต้น

Table 2. Minicolumn results on a number of spiked samples (Holaday 1975).

Sample identification	Amount of aflatoxin added, ppb.	Minicolumn analysis, ppb.
Peanut meal A	Neg.	Neg.
Peanut meal B	15	8-16
Peanut meal C	20	8-16
Peanut butter A	20	8-16
Peanut butter B	15	8-16
Peanut butter C	Neg.	Neg.
Corn A	15	8-16
Corn B	30	16-32
Corn C	Neg.	Neg.
Rice A	Neg.	Neg.
Rice B	8	4-8
Rice C	15	8-16
Cottonseed meal A	20	8-16
Cottonseed meal B	15	8-16
Cottonseed meal C	Neg.	Neg.

ในปัจจุบัน พบว่าสารเคมีบางชนิดก่อให้เกิดมะเร็งได้ เช่น เบนซีน และคลอโรฟอร์ม จึงนำสารเคมีอื่นมาใช้ทดแทนเช่น ใช้โทลูอีน (toluene) แทนเบนซีนและใช้เมทธิลีนคลอไรด์ (methylene chloride) แทนคลอโรฟอร์ม แต่อย่างไรก็ดีการใช้สารเคมีทดแทนในวิธีการวิเคราะห์ ต้องมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำของผลการวิเคราะห์อฟลาทอกซินด้วย

การวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์ในประเทศไทย

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดย การุณยะวนิช (2521) ได้ทดลองใช้มินิคอลัมน์ เป็นหลอดแก้วขนาดเล็ก 4 x 160 มิลลิเมตร ปลายบนเป็นรูปกรวย ภายในหลอดบรรจุสาร 3 ชนิด คือ อลูมินา ซิลิกาเจล และฟลอริซิล โดยมีโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส เป็นสารดูดความชื้น สารอฟลาทอกซินจะถูกดูดซึมที่ผิวด้านนอกของชั้นฟลอริซิล ตรวจสอบได้โดยดูการเรืองแสงเป็นแถบสีฟ้าหรือสีฟ้าอมเขียว ภายใต้แสงอุลตราไวโอเลทชนิดคลื่นยาว วิธีนี้ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 1 ชั่วโมงและสามารถตรวจสอบอฟลาทอกซินในระดับ 4 ส่วน ในพันล้านส่วนได้

วิริยจาร (2524) ได้ศึกษาชนิดของสารที่ใช้บรรจุในมินิคอลัมน์และวิธีกำจัดสารเรืองแสงอื่นในขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งผลการทดลองพบว่า การใช้ซิลิกาเจลเพียงอย่างเดียว และการเพิ่มขั้นตอนการใช้เฟอริคเจลหรือตะกั่วอะซีเตท จะทำให้ได้ผลถูกต้องมากขึ้น แต่ผู้วิเคราะห์ต้องระวังอันตรายจากสารนี้ด้วย

การุณยะวนิช (2526) พบว่าการนำมินิคอลัมน์ไปใช้นอกสถานที่จะมีปัญหาเรื่องความชื้น ทำให้สารที่บรรจุภายในเสื่อมสภาพและเสียเวลาการตรวจสอบนานกว่าที่กำหนด จึงเปลี่ยนมาใช้หลอดพลาสติก (หลอดดูดเครื่องดื่ม) ซึ่งมีลักษณะใสและเบา สามารถปิดผนึกปลายให้สนิทด้วยความร้อน กลายเป็นหลอดอับอากาศ หลอดพลาสติกที่ใช้

ควรเป็นหลอดพลาสติกประเภทโพลีเอทธิลีนใส ไม่เรืองแสงภายใต้แสงอุลตราไวโอเลท มีขนาด 6 - 220 มิลลิเมตร บรรจุสารต่าง ๆ เช่นเดียวกับมินิคอลัมน์แก้ว โดยเปลี่ยนสารดูดความชื้นเป็นแคลเซียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (ดังภาพที่ 2) สารละลายที่ใช้ในการตกตะกอนสารเรืองแสงประเภทอื่นคือ น้ำเกลืออิ่มตัวผสมขึ้นจากเมทธานอลกับโซเดียม-คลอไรด์ (ร้อยละ 1) ในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 และแยกออกด้วยการตกตะกอนในสภาพเป็นกรด เป็นผลให้อฟลาทอกซินถูกสกัดออกมาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การใช้แรงดันอ่อน ๆ จากลูกยางขนาด 50 มิลลิลิตร ที่ความเร็วในการไหลของสารละลายไม่ควรเกิน 1 มิลลิลิตรต่อนาที ช่วยดันให้สารละลายไหลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยไม่ทำให้การตรวจสอบผิดพลาด การตรวจสอบด้วยมินิคอลัมน์พลาสติกนี้ใช้เวลา 15 นาที และมีความแม่นยำถึงระดับ 4 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งวิธีนี้ปัจจุบันมีการนำไปใช้นอกสถานที่ทั่วไปแล้ว

ประโยชน์ของการวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์

การวิเคราะห์อฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์ สามารถวิเคราะห์ให้ทราบได้ทันทีว่า ตัวอย่างนั้นมีสารอฟลาทอกซินอยู่หรือไม่ จึงเป็นวิธีที่ช่วยคัดตัวอย่างที่มีและไม่มีสารอฟลาทอกซินนอกจากกันก่อน และสามารถบอกชนิดและปริมาณอย่างคร่าว ๆ ของสารอฟลาทอกซินในตัวอย่างที่ตรวจพบด้วย สามารถตรวจสอบค่าอฟลาทอกซินที่ต่ำกว่าระดับการยอมรับของอฟลาทอกซินในสินค้าการเกษตรที่ส่งออก ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ระ-หว่าง 30-100 ส่วนในพันล้านส่วน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 1985) ดังนั้นการใช้วิธีมินิคอลัมน์ในการตรวจสอบเบื้องต้นจึงนับว่ามีประโยชน์อย่างมาก ทำให้ทราบคุณ-ภาพของวัตถุดิบ ซึ่งจะมีผลต่อการกำหนดราคาวัตถุดิบที่มีการส่งจำหน่ายออกต่างประเทศ ซึ่งประสบปัญหาการเกิดอฟลาทอกซินเสมอ ๆ เช่น ข้าวโพด และถั่วลิสง เป็นต้น

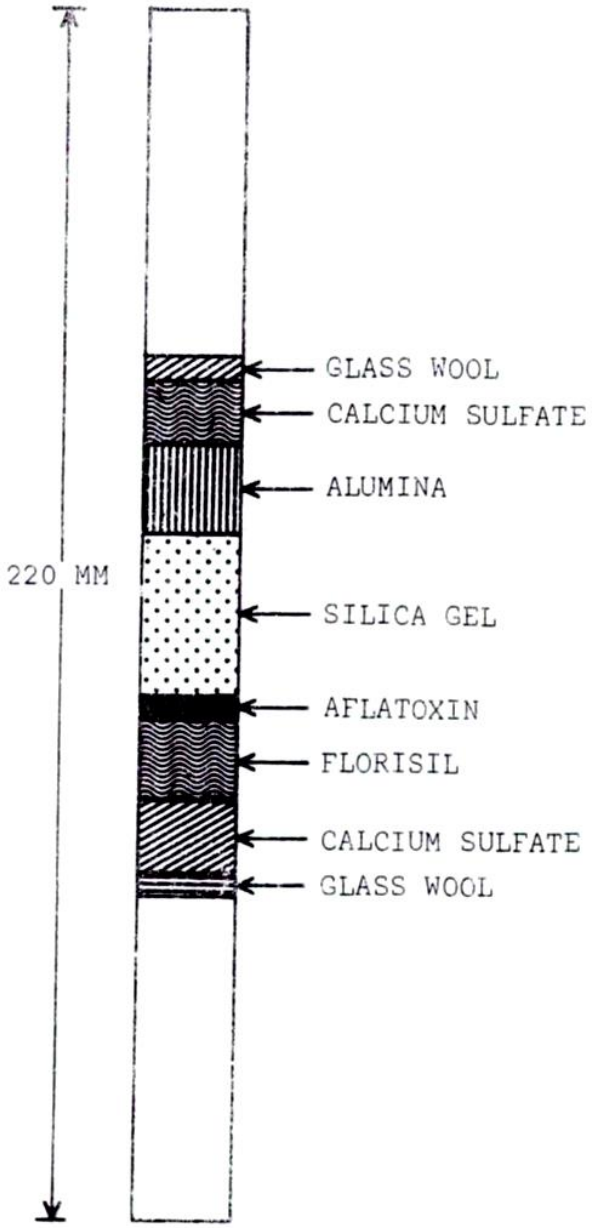


Figure 2. Diagram of plastic polyethylene minicolumn.

ถ้าหากต้องการทราบชนิดและปริมาณที่แน่นอนจากตัวอย่างที่พบสารอฟลาทอกซิน โดยวิธีมินิคอลัมน์ สารละลายสกัดที่เหลือจากวิธีดังกล่าวสามารถนำมาตรวจสอบชนิดและปริมาณโดยละเอียดด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างได้อย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

การุณยะวนิช, ศรีสิทธิ์. (2521). มินิคอลัมน์สำหรับตรวจสอบอฟลาทอกซิน. กองวิเคราะห์อาหาร, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข.

การุณยะวนิช, ศรีสิทธิ์; จุฬามรกต ทัศนีย์ และ นันทาจิตต์ เกษม. (2526). มินิคอลัมน์พลาสติกสำหรับตรวจสอบอฟลาทอกซิน. รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง. ครั้งที่ 2. ณ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดนครสวรรค์.

กลิ่นสุคนธ์, ธีระยุทธ และ ต่อสกุลแก้ว ชัยวัฒน์. (2524). แอฟฟลาท๊อกซิน. ภาควิชาสรีรวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิริยจารี, ไพโรจน์. (2524). การตรวจสอบสารพิษอฟลาทอกซินโดยวิธีมินิคอลัมน์ ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิริยจารี, ไพโรจน์. (2524) การตรวจสอบอฟลาทอกซินโดยวิธีร่วมระหว่างวิธีมินิคอลัมน์และทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี. สัมมนาปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Coker, R.D.; Jones, B.D.; Nagler, M.J.; Gilman, G.A.; Wall bridge, A.J. and Panigrahi, S. (1984). Mycotoxin training manual. Tropical Development and Research Institute. London.

Goldblatt, L.A. (1969). Aflatoxin. Acadamic Press. New York and London.

Holaday, C.E. (1968). Rapid method for detecting aflatoxin in peanuts. J. Am. Oil Chem. Soc. 45(10):680-682.

Holaday, C.E. and Barnes, Jr. P.C. (1973). Sensitive procedure for aflatoxin detection in peanuts, peanut butter, peanut meal and other commodities. J. Agric. Food Chem. 21(4): 650-652.

Holaday, C.E. and Lansden, J. (1975). Rapid screening method for aflatoxin in a number of products. J. Agric. Food Chem. 23(6):1134-1136.

Jones, B.D. (1972). Methods of aflatoxin analysis. Tropical Products Institute. London.

Mckinney, J.D. (1975). Use of zinc acetate in extract purification for aflatoxin assay of cottonseed products. J. Am. Oil Chem. Soc. 52(6):213.

Ministry of Agriculture and Cooperatives, The Kingdom of Thailand. (1985). Rural Investment Overseas Limited.

Pons, W.A. and Franz, A.O. (1976). High performance liquid chromatography of aflatoxin in cottonseed products. J. of AOAC. 60(1):89-95.

Pons, W.A. and Franz. A.O. (1978). High pressure liquid chromatographic determination of aflatoxins in peanut products. J. of AOAC. 61(4):793-800.

Romer, T.R.; Ghouri, H.; and Boling, T.M. (1979). Minicolumn screening methods for detecting aflatoxin : State of the art. J. Am. Oil Chem. Soc. 56:795-797.

Velasco. J. (1972). Detection of aflatoxin using small columns of florisil. J. Am. Oil Chem. Soc. 49(2):141-142.

วารสารเกษตร 2, 1 : 107-122 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 107-122 (1986)

ความขัดแย้งที่กำลังจะเกิดขึ้นในพื้นที่ดอน
กรณีศึกษาภาคเหนือตอนบน

ศรัณย์ อารยะรังสฤษฎ์ และ ลามาร์ โรเบิร์ต
ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50002

THE COMING CONFLICT IN THE UPLANDS : THE CASE OF THE UPPER NORTH REGION OF THAILAND

Saran Arayarangsarid and G. Lamar Robert
Department of Agricultural Economics,
Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
Chiang Mai 50002

SUMMARY : In the highlands of the upper north region of Thailand, several ethnic minorities practice shifting cultivation. Land is communally owned; the village leader distributes farm land according to need. In the lowlands, ethnic Thai farmers practice settled agriculture and have a government run system of individual land ownership. The uplands, the until recently sparsely populated area between the highlands and the lowlands, has traditionally acted as a natural buffer between the two groups.

Lack of sufficient arable land in both the highlands and lowlands caused by a combination of inmigration and natural population growth is rapidly forcing the two groups into closer contact: the hilltribes are moving down into the uplands seeking new agricultural areas while ethnic Thais are moving up into

the same uplands for the same reason. If these two farming systems and land tenure systems meet too abruptly, conflict in the uplands is likely to result unless steps are taken to avoid it.

Reduction of the potential conflict in the uplands can be accomplished by increasing the time available for the two groups to adjust to each other by increasing the possible upland population density. Means to achieve this goal include increasing water availability by tapping underutilized upland water resources, by allowing farming in selected forest upland areas where illegal encroachment cannot be controlled, and by conducting research on improving upland farming.

ความย่อ : ในพื้นที่สูงภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยนั้น มีชนกลุ่มน้อยหลายกลุ่มอาศัย และดำรงชีพอยู่ด้วยการทำไร่เลื่อนลอย ที่ดินจะถูกครอบครองเป็นเจ้าของร่วมกันโดยหัวหน้าหมู่บ้านเป็นผู้จัดแบ่งให้ สำหรับในพื้นที่ราบนั้นประชากรตั้งหลักแหล่งอยู่อย่างถาวรและประกอบการเกษตร โดยมีกรรมสิทธิ์ในที่ดินอย่างถูกต้อง ส่วนพื้นที่ดอนซึ่งตั้งอยู่ระหว่างพื้นที่ทั้งสองเปรียบเสมือนเป็นกันชน หรือแนวแบ่งเขตระหว่างสองพื้นที่นั้น

เนื่องจากที่ดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกในพื้นที่ทั้งสองนั้นมีไม่พอเพราะมีประชากรอพยพเข้าไปอาศัยอยู่ ประกอบกับประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ชนกลุ่มน้อยในพื้นที่สูงได้อพยพเคลื่อนย้ายลงมาเพื่อหาที่ทำกิน ในขณะที่คนไทยในพื้นที่ราบบุกรุกขึ้นไปด้วยเหตุผลเช่นเดียวกัน จึงเป็นผลให้ประชากรของทั้งสองกลุ่มต้องเผชิญหน้ากันในพื้นที่ดอนนั่นเอง ประกอบกับการที่ทั้งสองกลุ่มมีระบบการถือครองที่ดินและการประกอบการเกษตรที่แตกต่างกัน เพราะฉนั้นจึงไม่ง่ายนักที่จะหลีกเลี่ยงความขัดแย้งที่กำลังจะเกิดขึ้นได้

อย่างไรก็ตามการให้เวลาแก่ทั้งสองกลุ่มเพื่อปรับตัวให้เข้ากับการเพิ่มขึ้นของประชากร อาจช่วยลดความขัดแย้งลงได้บ้าง ซึ่งรวมไปถึงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร การจัดหาที่ดินทำกินอย่างถูกกฎหมาย ตลอดจนการวิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบการเกษตรในพื้นที่ดอนนี้ด้วย

คำนำ

ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย มีเนื้อที่ประมาณ 65.68 ล้านไร่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15° กับ 21° เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 97° กับ 102° ตะวันออก ประกอบด้วย 9 จังหวัด ได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน และตาก ภูมิประเทศของภาคเหนือตอนบนประกอบไปด้วยเทือกเขาสูงสลับกับที่ราบระหว่างหุบเขา หรือที่ราบบริเวณลุ่มแม่น้ำ ซึ่งประมาณได้กว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ แม่น้ำสำคัญมี 9 สาย และลำน้ำสายเล็ก ๆ อีกเป็นจำนวนมาก พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมไปด้วยป่าไม้ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 48.63 ล้านไร่ หรือร้อยละ 76.1 ของพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (คณะเกษตรศาสตร์ 2525) ลักษณะภูมิอากาศจัดได้ว่ามีอากาศอบอุ่น ในรอบปีหนึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และ ฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม)

ภาคเหนือตอนบนมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งนี้เนื่องจากอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่มีค่าอยู่มาก จะเห็นได้จากมูลค่าของผลิตภัณฑ์รายภาคของภาคเหนือตอนบน มีค่าเท่ากับ 53.67 พันล้านบาท ในปี 2524 หรือประมาณร้อยละ 48.37 และ 6.99 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์ภาคเหนือ และของประเทศ ตามลำดับ (กองบัญชีประชาชาติ 2527)

ในปี 2524 ภาคเหนือตอนบนมีประชากรทั้งสิ้น 4,911,600 คน หรือประมาณร้อยละ 10.34 ของประชากรทั้งประเทศ ความหนาแน่นของประชากร 47 คนต่อตารางกิโลเมตร รายได้เฉลี่ยต่อหัวของประชากรต่ำกว่าระดับรายได้เฉลี่ยต่อหัวของทั้งประเทศ คือมีค่าเท่ากับ 10,606 บาท หรือประมาณร้อยละ 64.07 (ตารางที่ 1) จากระดับรายได้ที่ต่ำนี้ภาคเหนือตอนบนจึงถูกจัดอยู่ในเขตพื้นที่ยากจนหนาแน่น ซึ่งมีจำนวนพื้นที่ยากจนกระจัดกระจายอยู่ถึง 51 อำเภอ และอีก 5 กิ่งอำเภอ (โกสุยวัฒนะ 2524)

Table 1. Demographic characteristics of the Upper North, Northern Region and Thailand.

	Upper North	Northern Region	Thailand
Total population	4,911,600	9,838,300	47,430,000
Population density per square kilometer	47	57	92
Average annual income per person (baht)	10,606	11,278	16,554

Source : 1) Total population, population density (Office of Agricultural Economics 1983)
2) Income (Bank of Thailand 1984)

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้สามารถมองเห็นภาพบางส่วนของภาคเหนือตอนบนได้ อย่างไรก็ตาม สถิติดังกล่าวยังมีความไม่สมบูรณ์และอาจชี้นำไปในแนวทางที่ผิดได้ ทั้งนี้เนื่องจากภาคเหนือตอนบนมีลักษณะที่แตกต่างกันในตัวของมันอย่างเห็นได้ชัด ทั้งทางด้านลักษณะของประชากร เศรษฐกิจ และการถือครองที่ดิน จากความแตกต่างนี้ทำให้สามารถแบ่งภาคเหนือตอนบนออกได้เป็น 3 พื้นที่ ได้แก่

พื้นที่ราบ (lowland) ระดับความสูงไม่เกิน 700 เมตร และมีความลาดชันไม่เกิน 3°

พื้นที่ดอน (upland) ระดับความสูงเกินกว่า 700 เมตร และมีความลาดชันระหว่าง 3° ถึง 35°

พื้นที่สูง (highland) ระดับความสูงเกินกว่า 700 เมตร และมีความลาดชันเกินกว่า 35°

Table 2. Classification of Land Area in the Upper North of Thailand.

Area Classification	Total area in rai	% of total area
Lowland	5,852,372.05	8.91
Upland	19,645,841.53	29.91
Highland	40,184,977.41	61.18
Total	65,683,190.99	100.00

Source : National Economic and Social Development Board 1979.

จากความแตกต่างดังกล่าวของพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจึงอาจเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดความขัดแย้งขึ้นได้ ระหว่างประชากรที่อาศัยอยู่โดยเฉพาะในพื้นที่ดอนซึ่งอยู่ระหว่างพื้นที่ราบและพื้นที่สูง ซึ่งดูเหมือนว่าจะตั้งอยู่ระหว่างความขัดแย้งที่กำลังจะเกิดขึ้น บทความนี้จึงพยายามที่จะชี้ให้เห็นถึงสาเหตุ ที่อาจจะนำไปสู่ความขัดแย้งที่กำลังจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ดอนตลอดจนแนวทางในการบรรเทาความขัดแย้งเหล่านั้นด้วยการหยิบยกปัญหาที่สำคัญบางประการมาศึกษา โดยเฉพาะในเรื่องที่เกี่ยวกับลักษณะการผลิตทางเกษตร ลักษณะทางประชากร เศรษฐกิจ และการถือครองที่ดินของทั้ง 3 พื้นที่

การผลิตทางเกษตร

1. พื้นที่ราบ การผลิตทางเกษตรในพื้นที่ราบ นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับภาคเหนือตอนบน เพราะเป็นแหล่งเพาะปลูกขนาดใหญ่ และมีการเพาะปลูกเป็นหลักแหล่งแน่นอน ไม่มีการเกษตรแบบทำไร่เลื่อนลอย ประมาณ 1.59 ล้านไร่ หรือร้อยละ 22.9 ของพื้นที่ภาคเหนือตอนบนเป็นพื้นที่ได้รับน้ำชลประทานซึ่งเกือบทั้งหมดของ

พื้นที่รับน้ำชลประทานนี้อยู่ในพื้นที่ราบ และสามารถจัดส่งน้ำเพื่อการเกษตรได้ในฤดูแล้ง ดังนั้น ในฤดูกาลผลิตหนึ่ง ๆ เกษตรกรบางส่วนจึงสามารถปลูกพืชได้อย่างน้อย 2 ครั้ง และในบางท้องที่อาจได้ถึง 3 ครั้ง จากการศึกษาของ Nippanutiyan (1980) พบว่า ดัชนีการใช้ที่ดินในการเพาะปลูก (cropping intensity index) ของที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูน มีค่าถึง 163% การพักดินทิ้งไว้โดยไม่ได้ทำการเพาะปลูกเป็นระยะเวลาหนึ่งปี หรือมากกว่า เกือบจะไม่ปรากฏเลยทั้งในและนอกเขตชลประทาน พืชหลักที่ปลูกในฤดูฝนได้แก่ ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า และยาสูบ ตามปกติแล้วเกษตรกรจะปลูกข้าว-เหนียวไว้บริโภคในครัวเรือน ส่วนข้าวเจ้า และยาสูบ นั้น จะปลูกเพื่อจำหน่ายสำหรับเกษตรกรมีที่ดินและทุนพอเพียง หลังจากฤดูฝนแล้วในฤดูหนาวที่ตามมาและคาบเกี่ยวไปถึงฤดูร้อน เกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกถั่วเหลือง ถั่วลิสง ยาสูบ กระเทียม พริก และผักต่าง ๆ เพื่อจำหน่าย

ในส่วนที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือกลทางการเกษตรในภาคเหนือตอนบนนั้นมีผู้ทำการศึกษา และรวบรวมไว้น้อยมาก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Nakajud (1972) พบว่า ในพื้นที่ราบนั้นมีการใช้เครื่องมือกลเพื่อการผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับการเตรียมดิน ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บเกี่ยว การสี และกระเทาะเมล็ด นิยมใช้กันมากขึ้น แต่ก็ยังไม่แพร่หลายเท่าใดนัก นอกจากนี้แล้วการปรับปรุงระบบชลประทาน การใช้พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงหรือแม้แต่การปลูกพืชหลายครั้งในรอบปี ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

2. พื้นที่สูง การประกอบการเกษตรในพื้นที่สูงต่างกับในพื้นที่ราบมากในพื้นที่สูงมีการทำไร่เลื่อนลอยกันอยู่มาก จากการศึกษาของ Hickey and Wright (1978) พบว่าร้อยละ 69 ของพื้นที่ มีการเพาะปลูกแบบทำไร่เลื่อนลอย และในจำนวนนี้ประมาณร้อยละ 12 เท่านั้น ที่มีการปล่อยทิ้งไว้เพื่อให้ดินมีการพักตัว ส่วนที่เหลือมีการเพาะปลูก

พืชอย่างถาวร ประชากรที่อาศัยบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขา ซึ่งจะเคลื่อนย้ายจากท้องที่หนึ่งไปอีกท้องที่หนึ่ง ในทุก ๆ 2-3 ปี เมื่อพื้นที่เพาะปลูกเต็มไปด้วยวัชพืช แมลง และความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สภาพพื้นที่ป่าและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณภาคเหนือ ถูกบุกรุกแผ้วถางทำลายลง ปีละประมาณ 1.28 ล้านไร่ (กลั่นคำสอน และ จารุพัฒน์ 2524) ส่วนช่วงเวลาของการกลับมาเพาะปลูกในพื้นที่เดิมนั้นสั้นลงทุกที ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง ทั้งนี้เพราะขบวนการทางธรรมชาติไม่สามารถสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินได้ทัน สำหรับด้านชลประทานในที่สูงนั้นมีน้อยมาก เช่น ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ประมาณร้อยละ 7 ของพื้นที่เพาะปลูกเท่านั้น ที่ได้รับน้ำชลประทาน และการใช้เครื่องมือกลทางการเกษตรนั้นเกือบจะไม่มีเลย (Sukanivatt <u>et al</u>. 1981)

พืชหลักที่ปลูกในพื้นที่สูง ได้แก่ ข้าวโพด และข้าวไร่ พืชอื่น ๆ ที่มีการปลูกบ้าง ได้แก่ พริก ยาสูบ และกระเทียม ผลผลิตทั้งหมดใช้เพื่อการบริโภคในครัวเรือน ยกเว้นแต่การปลูกฝิ่นเท่านั้นที่ปลูกไว้จำหน่าย เนื่องจากวิธีการเพิ่มผลผลิตต่อไร่โดยใช้เครื่องมือกลทางเกษตร ปุ๋ยและพันธุ์พืช ที่ให้ผลผลิตสูงยังเป็นปัญหาอยู่ทั้งทางด้านเทคนิคที่ใช้และทางด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรในพื้นที่สูง ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นแต่เพียงการขยายพื้นที่เพาะปลูกออกไป

3. พื้นที่ดอน พื้นที่ดอนอยู่ระหว่างพื้นที่ราบและพื้นที่สูง ซึ่งในพื้นที่ดอนนั้นมีความแตกต่างไปจากพื้นที่ทั้งสอง ในอดีตที่ผ่านมาการทำไร่เลื่อนลอยอาจพบได้ในบริเวณพื้นที่ดอน แต่ในปัจจุบันพื้นที่ดอนที่มีความอุดมสมบูรณ์มีไม่พอ อย่างไรก็ตามก็ยังมีเกษตรกรจากหลาย ๆ หมู่บ้าน โดยเฉพาะจากพื้นที่ราบพอเริ่มย่างเข้าฤดูฝนก็จะย้ายถิ่นจากที่อยู่อาศัยถาวรของตนเอง แม้ว่าจะเป็นระยะทางไกล ๆ ก็ตาม เพื่อไปหาพื้นที่ปลูกใหม่โดย

สร้างที่อยู่อาศัยชั่วคราวในพื้นที่ดอน พร้อมกับทำการเพาะปลูกและจะกลับจนกว่าได้เก็บเกี่ยวพืชผลของตนเรียบร้อยแล้ว อีกวิธีหนึ่งที่นิยมปฏิบัติก็คือ การพักที่ดินบางแปลงไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยทำแปลงที่เหลือแล้วจึงค่อย ๆ หันกลับมาทำใหม่ การปล่อยที่ดินทิ้งไว้เพื่อให้พักตัวไม่เพียงแต่เพื่อเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดินเท่านั้น แต่ยังมีเหตุผลทางด้านเศรษฐกิจอยู่ด้วย คือในปีที่เกษตรกรมีเงินทุนน้อย หรือไม่พร้อมที่จะทำการเพาะปลูกก็จะปล่อยที่ดินทิ้งไว้เพื่อเป็นการพักดินไปในตัว ในพื้นที่ดอนบางพื้นที่โดยเฉพาะที่ซึ่งห่างไกลจากตัวเมืองมาก ๆ หรือไม่มีการคมนาคม ก็ยังคงมีการทำไร่เลื่อนลอยในแบบที่ปฏิบัติกันในพื้นที่สูง ดังนั้น ลักษณะและวิธีทำการเกษตรในพื้นที่ดอนจึงเป็นผลมาจากการอพยพของคนสองกลุ่มที่เข้าไปอยู่ นั่นคือคนไทยพื้นราบที่บุกรุกขึ้นไปทำกินบนพื้นที่ดอนและคนไทยภูเขาจากพื้นที่สูงที่อพยพลงมาอยู่ในพื้นที่ดอน ซึ่งแต่ละกลุ่มก็นำเอาวิธีการทำการเกษตรของตนมาใช้

พืชที่ปลูกในพื้นที่ดอนในฤดูฝน ได้แก่ ข้าวไร่ ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และพริก ส่วนในฤดูแล้งสามารถเพาะปลูกได้เฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำพอเพียงเท่านั้น พืชที่ปลูกได้แก่ หอม กระเทียม กะหล่ำปลี ผลผลิตที่ได้รับจะใช้บริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย สำหรับการชลประทานในพื้นที่ดอนมีอยู่จำกัด ส่วนใหญ่เป็นระบบชลประทานแบบดั้งเดิมที่สร้างโดยอาศัยวัสดุที่หาได้ในท้องที่และไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ สำหรับการใช้เครื่องมือกลทางการเกษตรมีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว ใช้ในการเตรียมดินเท่านั้นเอง จากการศึกษาของ คณะเกษตรศาสตร์ (2525) พบว่า หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่ดอนยังมิได้มีการศึกษาและพัฒนารูปแบบของเครื่องมือกลทางการเกษตรที่ใช้สำหรับพื้นที่ดอนอย่างแท้จริง ซึ่งหมายรวมทั้งชนิดและขนาดของเครื่องมือที่ใช้กับพื้นที่ดอนโดยเฉพาะ ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ดอนโดยอาศัยเครื่องมือกลทางการเกษตรจึงยังไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ได้มากนัก

ประชากรศึกษา

ข้อมูลทางด้านประชากรที่ศึกษาโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนั้น ส่วนใหญ่อาศัยลักษณะข้อมูลทางด้านการปกครองเป็นพื้นฐาน ยังไม่มีการศึกษาข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงตามลักษณะของพื้นที่ ทำให้เป็นอุปสรรคในการศึกษาเกี่ยวกับประชากรมาก อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของพื้นที่บางท้องที่ที่มีหน่วยงานของรัฐหรือขององค์การต่าง ๆ เข้าไปดำเนินการอยู่โดยสรุปได้ดังนี้

1. พื้นที่ราบ ไม่มีข้อมูลที่ศึกษาเจาะจงในเขตพื้นที่ราบของภาคเหนือตอนบน อย่างไรก็ตามประชากรส่วนใหญ่ของภาคนี้อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบ ดังนั้นจึงได้นำเอาข้อมูลที่แสดงเป็นรายภาคมาใช้ทดแทนในบางส่วนเพื่อความสมบูรณ์ของการศึกษาจากการศึกษาของ คณะเกษตรศาสตร์ (2525) พบว่า ในพื้นที่ราบมีอัตราการเพิ่มของประชากรเท่ากับ 1.38% ต่อปี (เฉลี่ยปี 2520-2523) ซึ่งลดลงจาก 2.26% ต่อปี (เฉลี่ยปี 2516-2519) แม้ว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรมีแนวโน้มลดลง แต่จำนวนประชากรก็ยังเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ความเจริญก้าวหน้าของอุตสาหกรรมในภาคเหนือสามารถรองรับแรงงานที่เพิ่มขึ้นได้เป็นจำนวนมาก แต่เกษตรกรผู้แสวงหาที่ดินเพื่อทำการเพาะปลูกยังคงพบว่ามีความยากลำบากในการแสวงหาที่ดินมากขึ้น ดังนั้นถ้าประชากรยังคงต้องการยึดอาชีพการเกษตรต่อไป ก็จะต้องบุกเข้าไปในบริเวณใกล้เคียงคือ พื้นที่ดอนนั่นเอง

2. พื้นที่สูง จากการศึกษาเกี่ยวกับประชากรในพื้นที่สูง พบว่าชาวเขาเผ่าลีซอ และ กระเหรี่ยง มีประชากรเพิ่มขึ้นเท่าตัวในทุก ๆ ช่วงอายุ ทั้ง ๆ ที่มีการอพยพออกไปอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง และมีอัตราการตายสูง อัตราการเพิ่มของประชากรมีค่าระหว่าง 2-3% ต่อปี (Kunstadter 1970) และจากการศึกษาของ Sukanivatt <u>et al</u>. (1981) ในท้องที่ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบว่า

ในปี 2525 มีอัตราการเกิดของประชากรลดลง การคุมกำเนิดยังไม่ค่อยแพร่หลายเท่าไรนักมีเพียงร้อยละ 22 ของสตรี มีการนำเอาวิธีการคุมกำเนิดมาใช้ สำหรับอัตราการตายนั้นโดยประมาณร้อยละ 1.3 ซึ่งอัตรานี้ค่อนข้างจะคงที่มานาน ดังนั้นในพื้นที่สูงเราจะพบว่ามีอัตราการตายในระดับคงที่ในขณะที่ภาวะการเจริญพันธุ์ของประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การอพยพลงสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่าของประชากรในบางหมู่บ้านคราวละมาก ๆ ยังคงมีอย่างต่อเนื่อง

3. พื้นที่ดอน จากการศึกษาของคณะเกษตรศาสตร์ (2525) ในที่ดอน 3 พื้นที่ พบว่าทั้ง 3 พื้นที่นั้นมีอัตราการเพิ่มของประชากรสูง อย่างไรก็ตามในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา อัตราการเพิ่มของประชากรเริ่มลดลงอย่างน่าสังเกต เหตุผลที่อธิบายถึงสาเหตุของการลดลงนั้นไม่ชัดแจ้งนักแต่ทั้ง ๆ ที่อัตราการเพิ่มของประชากรลดลงจำนวนผู้เข้าสู่แรงงาน (อายุ 15-19 และ 20-25 ปี) ยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง ซึ่งแรงงานเหล่านี้ก็คือแรงงานในการเกษตรนั่นเอง นั่นหมายถึงว่ามีจำนวนประชากรที่ต้องการหาที่ดินเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงเช่นเดียวกัน ซึ่งในอนาคตอันใกล้นี้ความต้องการที่ดินในพื้นที่ดอนจะเพิ่มมากขึ้นอย่างแน่นอน สำหรับการอพยพเคลื่อนย้ายเข้า และออกจากพื้นที่ดอนนั้นน่าสนใจทั้งในแง่ของคุณภาพและปริมาณการอพยพออกของสมาชิกในครอบครัวนั้นมีเหตุผลหนึ่งที่สำคัญได้แก่ การศึกษา กว่าครึ่งหนึ่งของประชากรที่มีอายุระหว่าง 11-18 ปี กำลังศึกษาอยู่ พวกที่ได้รับการศึกษานี้มีแนวโน้มที่จะไม่อาศัยอยู่ในพื้นที่เดิม แต่จะออกมาหางานรับจ้างทำในพื้นที่ราบ ในขณะเดียวกันประชาชนในพื้นที่ราบที่ได้รับการศึกษาต่ำและไม่สามารถหาพื้นที่ดินที่เหมาะสมในการเพาะปลูกในพื้นที่ราบได้อีกแล้ว ก็จะเคลื่อนย้ายเข้าไปแทนที่ในพื้นที่ดอน ดังนั้นพื้นที่ดอนจึงเป็นที่ ๆ ประชากรสองกลุ่มที่ไม่สามารถหาที่ดินเพาะปลูกที่เหมาะสมได้มาอาศัยทำกินอยู่ด้วยกัน

การถือครองที่ดิน

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะของความแตกต่างกันในพื้นที่ทั้ง 3 ระดับนั้น ได้แก่ การถือครองที่ดินซึ่งแตกต่างกันในแง่ของความถูกต้องตามกฎหมาย

1. พื้นที่ราบ เป็นที่แน่นอนว่า การถือครองที่ดินในพื้นที่ราบนั้นส่วนใหญ่เป็นการสืบทอดมรดกจากบรรพบุรุษ ไม่มีพื้นที่รกร้างว่างเปล่าหรือไม่มีกรรมสิทธิ์ แต่การสำรวจและรังวัดที่ดินเพื่อออกหนังสือรับรองสิทธิการทำประโยชน์ในที่ดินยังไม่ทั่วถึง อย่างไรก็ตามพื้นที่ส่วนใหญ่ถือครองเพื่อการเกษตรและถูกต้องตามกฎหมาย ในปัจจุบันกำลังมีการเร่งสำรวจและรังวัดที่ดินเพื่อออกโฉนดหรือหนังสือรับรองการทำประโยชน์ให้แก่เจ้าของที่ดินเพื่อให้มีกรรมสิทธิ์ในที่ดินอย่างสมบูรณ์

2. พื้นที่สูง ในพื้นที่สูงนั้นสถานะการณ์กลับตรงกันข้ามในพื้นที่ราบเพราะที่ดินเป็นของรัฐ การที่ไม่ได้เป็นเจ้าของที่ดินของตนเอง ไม่ได้เป็นอุปสรรคแก่ชาวเขาเลย ชาวเขาเหล่านี้มีวิธีการถือครองที่ดินเป็นของตนเอง ซึ่งได้ปฏิบัติสืบต่อกันมาช้านานก่อนที่รัฐบาลจะมีกฎหมายออกมาบังคับใช้เสียอีก เมื่อมีการย้ายถิ่นฐานไปยังแหล่งใหม่ชาวเขาก็จะหาที่ดินที่มีขนาดใหญ่พอสำหรับที่จะปลูกพืชแบบทำไร่เลื่อนลอย โดยจะแบ่งที่ดินเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งจะใช้ทำการเพาะปลูกจริง ๆ อีกส่วนหนึ่งจะเก็บสำรองเอาไว้ ส่วนที่ใช้ทำการเพาะปลูกจริง ๆ หัวหน้าหมู่บ้านจะเป็นผู้จัดแบ่งที่ดินให้แต่ละครอบครัว ขนาดที่ดินที่ได้รับขึ้นอยู่กับขนาดครอบครัว ซึ่งทุก ๆ คนจะยอมรับและเคารพสิทธิ์ในที่ดินของกันและกัน และจะเพาะปลูกพืชในที่ ๆ ตนได้รับในระหว่างหมู่บ้านหรือชนเผ่าอื่นก็เช่นเดียวกัน ต่างก็ยอมรับและเคารพสิทธิ์ในที่ดินของกันและกัน จึงไม่มีการบุกรุกหรือแย่งชิงที่ดินหรือพยายามที่จะเข้าไปตั้งหลักแหล่งในที่ของผู้อื่น

ความแตกต่างนั้นเกิดจากตัวระบบเองที่เป็นสาเหตุของความขัดแย้ง เพราะต่างก็คิดว่าผู้อื่นเป็น "เขา" พวกของตนเป็น "เรา" ระบบทั้งสองจึงเปรียบเสมือน "ระบบของเขา" และ "ระบบของเรา" ในพื้นที่ดอนซึ่งมีการแข่งขันการใช้ที่ดินกันมากย่อมเป็นธรรมดาอยู่เองที่ต่างฝ่ายต่างก็ไม่เห็นด้วยหรือยอมรับซึ่งกันและกัน

ลักษณะการถือครองที่ดินก็เช่นเดียวกัน มีแนวโน้มที่จะเป็นความขัดแย้งในพื้นที่ดอน แม้ว่าชาวเขาด้วยกันจะยอมรับนับถือเขตที่ดินของกันและกัน แต่เกษตรกรที่มิได้เป็นชาวเขาอาจไม่ยอมรับ เกษตรกรผู้เพาะปลูกเป็นหลักแหล่งถาวรจะปฏิบัติเสมือนหนึ่งตนเป็นเจ้าของในที่ดินนั้น และบ่อยครั้งที่ผู้บุกรุกจากพื้นที่ราบได้เข้าไปยึดครองที่ดินที่ชาวเขาอ้างสิทธิ์อยู่ สถานะการณ์นี้จะนำไปสู่การเป็นปรปักษ์ต่อกัน เพราะว่าทั้งสองกลุ่มนี้ไม่สามารถจะอ้างกรรมสิทธิ์ในที่ดินที่ถูกต้องตามกฎหมายได้ และยังไม่มีกฎหมายที่ใช้บังคับกับทุกคนได้อย่างทั่วถึง และเป็นการยากที่จะเข้าไปแก้ไขปัญหา ในขณะเดียวกันความกดดันของประชากรกำลังผลักดันให้สองกลุ่มนี้เข้ามาใกล้ และเผชิญหน้ากัน ดังนั้นความขัดแย้งจึงมีโอกาสที่จะรุนแรงและขยายวงออกไป

คำตอบที่เป็นไปได้

ความขัดแย้งที่กำลังจะเกิดขึ้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยสิ้นเชิง จากอดีตที่ผ่านมาเมื่อใดก็ตามที่ทั้งสองกลุ่มมาพบกันจะเป็นช่วงระยะเวลาของความขัดแย้งซึ่งจะถูกคลี่คลายในที่สุด และพร้อมที่จะเกิดขึ้นอีก เราจึงเพียงแต่หวังที่จะไม่ให้ความขัดแย้งเกิดขึ้นเดี๋ยวนี้หรือจะเกิดขึ้นในไม่ช้านี้ คำตอบที่เป็นไปได้ที่จะเสนอต่อไปนี้มิได้คาดหวังว่าจะสามารถแก้ปัญหาความขัดแย้งที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ดอนได้อย่างสิ้นเชิง แต่เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการที่จะลดการขยายตัวของความขัดแย้ง และก็มิได้เป็นตำราหรือวิธีการเยียวยาแก้ปัญหาในภาคเหนือตอนบน แต่เป็นการชี้ให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นของปัญหาในพื้นที่ดอนที่ได้เกิดขึ้นแล้ว

1. แหล่งน้ำ อุปสรรคสำคัญในการพัฒนาเกษตรในพื้นที่ดอนก็คือ การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร โครงการต่าง ๆ ทุกโครงการในพื้นที่ดอนพยายามที่จะพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น การสร้างเหมืองฝายขนาดเล็ก เพื่อยกระดับและผันน้ำไปใช้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มผลิตภาพการผลิต และผลผลิต ผลผลิตที่ได้รับเพิ่มขึ้นก็เพื่อสนองความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นการลดปัญหาด้านความกดดันของประชากรอีกด้วย

2. โครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจในพื้นที่ดอนนั้น มีโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจน้อยมาก โดยเฉพาะถนน ถนนจากแหล่งเพาะปลูกและที่อยู่อาศัยสู่ตลาดเกือบจะไม่มีเลย หรือมีก็ใช้การไม่ได้ในฤดูฝน และเส้นทางมีความวกวนเนื่องจากไม่มีสะพานข้ามลำธาร การปรับปรุงถนนอาจจะก่อให้เกิดประโยชน์ในแง่ของการนำผลผลิตสู่ตลาด

3. พื้นที่ป่าสงวน ในพื้นที่ป่าสงวนบางแห่งอาจจะเหมาะสมที่จะใช้ประกอบการเกษตร ควรอนุญาตให้เกษตรกรได้เข้าไปทำกินและมีสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายในพื้นที่ป่าสงวนที่รัฐบาลเห็นว่าเหมาะสมสำหรับการเกษตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันการทำไร่เลื่อนลอยและการบุกรุกป่าสงวนและเป็นการลดความขัดแย้ง ขณะเดียวกันควรให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้สอดส่องดูแลการบุกรุกป่าสงวนและเข้าไปประกอบการเกษตรอย่างไม่ถูกวิธี ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายอย่างใหญ่หลวงต่อป่าไม้ของประเทศในอนาคต

4. งานวิจัยในแวดวงวิชาการนั้น มีงานวิจัยน้อยมากที่ศึกษาเฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับการปรับปรุงและพัฒนาการเกษตรในที่ดอน เทคโนโลยีต่าง ๆ โดยเฉพาะพันธุ์พืชที่เหมาะสมและให้ผลตอบแทนสูง และเครื่องมือกลทางการเกษตรที่ใช้สำหรับพื้นที่ดอนยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างจริงจัง วิธีการดังกล่าวจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มผลผลิตซึ่งจะมีผลต่อความกดดันของประชากรโดยตรง

เอกสารอ้างอิง

กลั่นคำสอน, ชนะ และ จารุภัณฑ์, รงชัย. (2524). การใช้เทคนิคด้าน Remote Sensing ในการจำแนกที่ดินป่าไม้ภาคเหนือ. รายงานการสัมมนาการเกษตรภาคเหนือ เชียงใหม่ หน้า 7.

โกสุยวัฒนะ, สมศักดิ์. (2524). ปัญหาที่ดินในภาคเหนือ. รายงานการสัมมนาการเกษตรภาคเหนือ เชียงใหม่ ภาคผนวกหน้า 22.

กองบัญชีประชาชาติ, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ, (2527). ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด กรุงเทพฯ หน้า 2,6,62.

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2525). รายงานความก้าวหน้าการศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาเกษตรที่ดอนภาคเหนือตอนบน เชียงใหม่ หน้า 8, ภาคผนวกหน้า 3, ภาคผนวกหน้า 6.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2527). ภาวะเศรษฐกิจ และการเงินภาคเหนือ 2526 กรุงเทพฯ หน้า 12.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2522). แนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคเหนือตอนบน กรุงเทพฯ หน้า 33.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2526). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2524/25 กรุงเทพฯ หน้า 180-812.

Hickey, G.C. and Wright, G. (1979). The Hill People of Northern Thailand : Social and Economic Development. Bangkok. p.51.

Kunstadter, P. (1970). Subsistance Agricultural Economics of Lua and Karen Hill Farmers of Mae Sariang District, Northwestern Thailand. International Seminar on Shifting Cultivation and Economic Development in Northern Thailand. Bangkok. p.47.

Nakajud, A. (1972). Demand and Supply of Agricultural Labor in Relation to Mechanization in Thailand. Farm Mechanization in East Asia. New York. p.24.

Nippanutiyan, P. (1980). Land Tenure and Agricultural Land Use in the Chiang Mai Valley 1977-1978 as cited in Gypmantasiri et al., An Interdisciplinary Perspective of Cropping Systems in the Chiang Mai Valley : Key Questions for Research. Chiang Mai. p.21.

Sukanivatt, S.; Anaman, T.; Singhanetra Renard, A.; Chaodumrong, P. and Tiravanij, A. (1981). Socio-economic Base Line Survey of Villages in Thai German Highland Development Programme. Chiang Mai. pp.43,57,94,144.

วารสารเกษตร 2, 1 : 123-131 (2529)
Journal of Agriculture 2, 1 : 123-131 (1986)

กลยุทธใหม่ในการส่งเสริมและพัฒนาชนบท

ไพบูลย์ สุทธสุภา

ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

NEW STRATEGIES IN RURAL EXTENSION AND DEVELOPMENT

Paiboon Suthasupa

Department of Agricultural Extension

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai 50002

SUMMARY : In the past, an extension worker or a rural development worker used to solve only the problem of physical symptoms rather than structural causes of rural development. World Bank itself is also tackling only physical symptoms and could cover only 10 per cent of total population. The majority of the population are unable to receive the benefit from the development process. Therefore, the poverty still exists or even becomes worsen than before.

ความย่อ : ในอดีต นักพัฒนาหรือนักส่งเสริมแก้แต่ปัญหาทางด้านกายภาพมากกว่าสาเหตุของปัญหาในแง่โครงสร้างของการพัฒนาชนบท ธนาคารโลกเองก็โดนแก้แต่ปัญหาอาการทางด้านกายภาพ และเข้าถึงประชากรเพียง 10% เท่านั้น ประชากรส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลประโยชน์จากการพัฒนา จึงไม่น่าสงสัยเลยว่าความยากจนจึงยังคงมีอยู่หรือจะเลวร้ายยิ่งกว่าเดิมเสียด้วยซ้ำ

คำนำ

การพัฒนาชนบทในประเทศไทยในอดีต มุ่งเน้นแต่เรื่องการพัฒนาเศรษฐกิจแ ละเลยการพัฒนาทางด้านสังคม วัฒนธรรม และการเมือง เป็นเหตุให้รัฐบาลไม่สามารถแ ปัญหาความยากจนของประชาชนได้ จึงเกิดมีปัญหาว่า ในอดีตนั้นเราได้แก้ปัญหาที่แท้จริ ของประชาชนจริงหรือ? หรือรูปแบบของการพัฒนาชนบทของเราไม่ถูกต้องหรือ?

การพัฒนาชนบท

1. <u>ปัญหาขัดแย้งระหว่างความคิดทางเทคโนโลยีกับปัญหาโครงสร้าง</u> ในอดีต เรามีปัญหาขัดแย้งในทางความคิดระหว่างเทคโนโลยีกับปัญหาโครงสร้าง (structural) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ (physical environment) ที่ จับต้องได้ กับปัญหา หรือสิ่งขัดขวางที่ไม่ใช่ทางด้านกายภาพ (non-physical constraints) อันได้แก่โครงสร้างทางสังคมและการเมือง (สิ่งที่ไม่เกี่ยวกับ พืช สัตว์ หรือ ที่ดิน ฯลฯ) (Oakley 1984)

เราจะเห็นได้ว่า แนวทางการพัฒนาในอดีตได้เน้นแต่ในเรื่องการเพิ่มผลผลิต เพิ่มรายได้ (หรือเร่งแต่สิ่งก่อสร้างที่เป็นปัจจัยโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ขุดบ่อน้ำ สร้าง ถนน ชลประทาน ฯลฯ) ซึ่งผลพวงของการพัฒนาที่ตามมาก็คือ เกิดช่องว่างระหว่างคนมี กับคนยากจน ดังคำกล่าวที่ว่า คนรวยก็รวยล้นฟ้า คนจนก็จนจนติดดิน หรือคนจนมีมากขึ้น ในขณะที่คนมั่งมีก็มากขึ้น แต่อยู่ในกลุ่มเพียงหยิบมือเดียว (และครองอำนาจนั้นตลอดไป) เท่านั้น กล่าวโดยย่อก็คือ โครงการพัฒนาในอดีตได้สัมผัสเพียงผิวหน้าของปัญหาเท่านั้น ดังนั้น คนส่วนมากจึงไม่ค่อยได้พูดถึงประเด็นที่แท้จริงที่เป็นรากเง่าของ "ปัญหา" หรือ สาเหตุของปัญหา "การด้อยพัฒนา" เลย ผลลัพธ์ของการพัฒนาจึงตกอยู่กับคนเพียงไม่กี่คน แต่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในแง่โครงสร้าง หรือแม้แต่จะพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเองของ

ประชาชน ซึ่งสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่แพร่กระจายมากกว่านั้นได้ โครงการพัฒนาต่าง ๆ จึงไม่สามารถแตะกับปัญหาที่แท้จริงได้ เพราะทำยากประการหนึ่ง อีกประการหนึ่งถ้าเขาทำ เขาก็อาจเป็นอันตรายได้ เพราะมันเป็นประเด็นที่ล่อแหลมมากจึงไม่เป็นการแปลกใจเลยว่า ความพยายามของนักพัฒนาส่วนมากจึงเป็นเพียงชั่วครั้งชั่วคราว ผิวเผินและผักชีโรยหน้าเท่านั้น เราจึงมักจะเห็นได้ว่า โครงการพัฒนาชนบทมักจะเน้นการเพิ่มรายได้ ให้การศึกษา และบริการสังคม (หรือสังคมสงเคราะห์) ตรงกันข้ามปัญหาเรื่องความไม่ยุติธรรมในการผลิต หรือการกระจายผลผลิต การกระจายทรัพยากรและการกระจายอำนาจ หรือการเปลี่ยนโครงสร้างของอำนาจ ถือว่าเป็นเรื่องการเมืองจึงไม่มีใครกล่าวถึงเลย และกล่าวได้ว่า ความพยายามในอดีตสัมผัสกับรากเง่าของปัญหาการด้อยพัฒนาน้อยมาก (Bhasin 1979)

2. <u>ปัญหาการพึ่งพิง</u> นักพัฒนาต้องพยายามลดการพึ่งพิงของประชาชนและระลึกอยู่เสมอว่า เมื่อองค์กรหรือเจ้าหน้าที่ หรือโครงการถอนตัวออกจากชุมชนแล้ว ก็ยังมีการสืบเนื่องในการพัฒนา หมายความว่า ชาวบ้านสามารถรับช่วงงานพัฒนาหรือสามารถยืนอยู่บนขาของตัวเองได้ กล่าวอีกนัยหนึ่ง การพัฒนาที่แท้จริงจะต้องสามารถตั้งอยู่ได้โดยตัวของมันเอง หลังจากที่ได้รับการพัฒนาแล้ว (sustainability) อุปมาเสมือนหนึ่งนักพัฒนาไปช่วยให้เครื่องยนต์ติด เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้ว เครื่องยนต์ก็จะสามารถทำงานด้วยตัวของมันเองต่อไปได้

หลักสำคัญในการพัฒนาก็คือ การสร้างให้ประชาชนมีการพึ่งตนเองโดยเด็ดขาด คือไม่เป็นขอทานใคร หรือมีชีวิตอยู่ได้ด้วยความกรุณาของใคร เปรียบเสมือนสัตว์ที่เลี้ยงลูกของมัน เมื่อมันเห็นว่าโตพอควรแล้ว ก็หาทางขับไล่ให้เป็นอิสระ ไม่ต้องเลี้ยงดูกันอีกต่อไป เพราะช่วยตัวเองได้แล้ว

3. <u>การให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการพัฒนา</u> ความหมายโดยทั่ว ๆ ไป หมายความว่า การทำให้ประชาชนมีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจในการดำเนินการ ปฏิบัติการ และในผลประโยชน์จากการพัฒนานั้น ๆ ความจริงการให้ประชาชนมีส่วนร่วม มีความหมายหลายอย่างดังต่อไปนี้.-

- <u>การประสานงานร่วมมือ</u> (collaboration) เช่น อาจจะเป็นการร่วมแรงงานหรือสมทบแรงงานก็ได้ แต่ไม่ได้หมายความว่า นักพัฒนาไปเกณฑ์แรงงานมาทำงานอะไรบางอย่าง แล้วจะถือว่าเป็นการให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาไม่ได้

- <u>การจัดตั้งองค์กร</u> (organization) เช่น อาจจะเป็นการจัดตั้งองค์กรเพื่อให้เกิดพลังกลุ่ม เช่น กรรมการหมู่บ้าน กลุ่มเกษตรกร สหกรณ์ เป็นต้น

- <u>การให้อำนาจประชาชน</u> (empowering) หมายถึง การให้ประชาชนมีโอกาสฝึกหัดการใช้พลังกลุ่ม เพราะทุกวันนี้ประชาชนยังขาดอำนาจ ขาดสิทธิ์ที่ถูกต้องหรือไม่มีสิทธิ์มีเสียง (หรือมีก็มีน้อยมาก) หรือขาดความเป็นประชาธิปไตยนั่นเอง

นอกจากนี้ การให้อำนาจประชาชน อาจหมายถึงการเพิ่มพลังในการเรียนรู้ที่เพิ่มพูนความรู้ แนวความคิด เปลี่ยนแปลงค่านิยม หรือเพิ่มทักษะ กับยืดความสามารถของบุคคลก็ได้ (บุญเรือง 2527)

การให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการพัฒนานี้ เป็นเรื่องที่สำคัญมาก แต่มักจะถูกละเลยเพราะหน่วยงานของรัฐบาลมักจะถือว่าเป็นเรื่องการเมือง หรือ "การปลุกระดม" ถ้านักพัฒนาให้ "วิธีการ" แก่ประชาชน เขาจะเกิดความสำนึกในการพัฒนา หรือมีความเชื่อมั่นในตนเองที่จะช่วยเหลือตนเองต่อไป (self-reliance) พูดง่าย ๆ ก็คือ เป็นการติดอาวุธทางปัญญาให้แก่ประชาชนนั่นเอง บางทีการพัฒนาต้องใช้วิธีการให้การศึกษาคือทำร่วมกับประชาชน ซึ่งอาจจะไม่ต้องให้ความรู้ (หรือข่าวสารหรือเทคโนโลยี) ใด ๆ

เลยก็ได้ การเผยแพร่ความรู้วิชาการแก่ประชาชนอย่างเดียวยังไม่เป็นการเพียงพอ แต่ควรจะซึมซับ (absorb) เอาความรู้จากประชาชน โดยการศึกษาหาความรู้จากประชาชน แล้วผสมผสานความรู้ของเราเข้าไป โดยยึดเอาประชาชนเป็น "ตัวพัฒนา" ไม่ใช่เป็น "วัตถุในการพัฒนา" หรือ ภาชนะในการรองรับการพัฒนา ถ้านักพัฒนาทำได้แบบนี้แล้วก็จะสามารถปิดช่องว่างระหว่างความร่ำรวยกับความยากจนได้

4. ประสิทธิภาพ (efficient) กับประสิทธิผล (effective) นักพัฒนาทุกวันนี้ ประเมินผลโครงการพัฒนาต่าง ๆ ในแง่ประสิทธิภาพอย่างเดียว ซึ่งนักเศรษฐศาสตร์เรียกว่า ต้นทุน-กำไร (cost-benefit) แต่การประเมินผลในแง่ประสิทธิผล นักพัฒนามักจะมองข้ามประสิทธิผล หมายความว่า การมีส่วนในการเข้าใกล้กับวัตถุประสงค์ โดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายหรือทรัพยากรที่ใช้ก็ได้

การส่งเสริม

มีคำนิยาม "การส่งเสริม" ต่าง ๆ ดังนี้.-

1. วัตถุประสงค์ของงานส่งเสริมทั้งหมด ก็คือ การเปลี่ยน โลกทัศน์ของประชาชนเกี่ยวกับปัญหาความยากลำบากทั้งหลาย เพราะโดยวิธีนี้เท่านั้นที่การพัฒนาแบบถาวรจะเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ได้พบว่าการพัฒนาทางด้านกายภาพและเศรษฐกิจจะไร้ค่าหากไม่มีการพัฒนาคน หรือประชากรเป้าหมาย เจ้าหน้าที่ส่งเสริมจะต้องไม่บังคับจิตใจของประชาชน (หรือยัดเยียดนโยบายต่าง ๆ ของรัฐบาลให้ประชาชน) เขาจะต้องอยู่ร่วมกับประชาชนทำงานร่วมกับประชาชน และพยายามค้นหาปัญหาของประชาชนให้ได้ เขาจะกระตุ้นให้ประชาชนได้มีโอกาสและหาโอกาสที่จะสอนประชาชน

การส่งเสริมอาจอธิบายได้ว่า เป็นระบบการศึกษานอกโรงเรียนของประชาชนชนบท ดังนั้น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมจึงถือว่าเป็นครู เพราะเขาพยายามที่จะสอนประชาชน

อย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะเพิ่มความรู้ พัฒนาจิตใจและโลกทัศน์ เพื่อให้ทักษะของประชาชนเป็นประโยชน์ และเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานของประชาชน

2. กิจกรรมการส่งเสริมเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับโลก เพื่อที่มนุษย์จะสามารถมีความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงโลก ดังนั้น คำนิยามของการส่งเสริมซึ่งเป็นการถ่ายทอดเทคนิควิชาการและความรู้นั้นเป็นความคิดที่ขัดแย้ง ส่วนทางโดยตรงกับโลกทัศน์ ความเป็นมนุษย์ แนวความคิดของการส่งเสริมมุ่งที่จะเน้นกิจกรรมที่จะให้ชาวนากลายเป็น "สิ่งของ" หรือ "วัตถุในการพัฒนา" ซึ่งปฏิเสธไม่ให้ชาวนาสามารถเปลี่ยนแปลงโลกได้ ในแนวความคิดเช่นนี้ชาวนาไม่ได้รับการเรียนรู้ แต่ถูกยัดเยียดเหมือนกับเป็นภาชนะรองรับ หรือเป็นผู้รองรับการโฆษณาชวนเชื่อจากโลกวัฒนธรรมแปลกแยก ซึ่งประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่นักพัฒนา (ซึ่งเป็นคนทันสมัยและมีฐานะสูงกว่า) คิดว่าชาวนาควรจะรู้เพื่อที่จะได้เป็นคนมีความทันสมัยเหมือนกับตัวเองเท่านั้น (Freire 1973)

ยุทธวิธีการส่งเสริม

ยุทธวิธีการส่งเสริมสามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. วิธีการให้ความทันสมัยหรือการแพร่กระจายความรู้ (diffusion) วิธีการนี้ ถือเอาประชาชนเป็นวัตถุ (object) ในการพัฒนา ดังนั้น นักพัฒนาจึงยึดเอาทฤษฎีการยอมรับ หรือการส่งทอดวิชาการ ความรู้ (adoption and diffusion) เมื่อใช้ทฤษฎีแพร่กระจาย (หรือถ่ายทอดเทคโนโลยี) แล้ว ก็พยายามใช้การสื่อสารกล่าวคือพยายามทำให้ประชาชนเชื่อตาม หรือทำตาม ความรู้ที่เผยแพร่นั้น พูดง่าย ๆ เป็นการหยิบยื่นหรือการยัดเยียดความรู้ให้ประชาชนนั่นเอง

2. วิธีการให้ประชาชนมีส่วนร่วม (participation) วิธีนี้ถือว่าประชาชนเป็นตัวพัฒนา หรือเป็นประชาชน (subject) วิธีการนี้จึงใช้วิธีการสร้างมโนธรรมสำนึก

(conscientization) การสร้างมโนธรรมสำนึก เป็นการศึกษาผู้ใหญ่ คือพยายามเปิดโอกาสให้ประชาชนมีโอกาสปฏิบัติการในการช่วยเหลือตนเอง โดยให้ประชาชนมีการเสวนา (dialogue) กันให้มากที่สุด เพราะแนวความคิดนี้จะแตกต่างจากกระบวนการศึกษาในปัจจุบัน ซึ่งเป็นเสมือนระบบฝากธนาคาร ผู้สอนจะเป็นผู้กระทำฝ่ายเดียว ไม่ว่าจะเป็นการสอน คิด พูด กำหนดกฎเกณฑ์ ผู้เรียนจะเป็นผู้ถูกกระทำ ต้องปฏิบัติตามผู้สอนทุกอย่าง การสร้างมโนธรรมสำนึก จะมีการใช้การเสวนาเป็นหลัก โดยให้ผู้เรียนหยุดจากภาวะเงียบงัน ด้วยมีความเชื่อที่ว่า "คนไม่ได้ถูกสร้างขึ้นมาด้วยความเงียบ แต่สร้างขึ้นด้วยคำพูด ด้วยการงาน และการกระทำ" (Freire 1973)

สรุป

ปัญหาที่นักพัฒนา หรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมควรจะถามตัวเองก็คือ ตัวเองเคยเสวนา หรือกอดเข่าคุยกันกับชาวบ้านบ้างไหม? เคยจัดองค์กรของชุมชนขึ้นมา เพื่อเป็นหลักประกันให้ความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน หรือเพื่อให้ชาวบ้านมีโอกาสฝึกปฏิบัติการช่วยเหลือตนเองบ้างหรือไม่? และมีการทำให้เกิดการพัฒนากลุ่มหรือไม่? สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ นักพัฒนาจะต้องนำไปขบคิดอยู่เสมอ

ในอดีต นักพัฒนาแก้แต่ปัญหาอาการทางด้านกายภาพ มากกว่าสาเหตุของปัญหาในแง่โครงสร้าง ดังนั้น นักพัฒนาจึงแก้ปัญหาส่วนหนึ่งของภูเขาน้ำแข็งเท่านั้น ส่วนที่จมอยู่ใต้น้ำที่ไม่มีใครมองเห็นจึงถูกละเลย ธนาคารโลกเองก็โจมตีแต่ปัญหาอาการทางด้านกายภาพ และเข้าถึงประชากรเพียง 10% เท่านั้น ประชากรส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลประโยชน์ จึงไม่น่าสงสัยเลยว่า ความยากจนจึงยังคงมีอยู่ หรือจะเลวร้ายยิ่งกว่าเดิมด้วยซ้ำ

นักพัฒนาจะต้องไม่ใช้วิธีการพัฒนาเพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่งเท่านั้น แต่ควรใช้หลาย ๆ วิธี (หรือหลายรูปแบบ) หรือผสมผสานกันก็ได้ พึงระลึกอยู่เสมอว่า นักพัฒนา

เติบโตมาจากสังคมเมือง และจากระบบการศึกษา แต่ชาวบ้านนั้นเติบโตมาท่ามกลางสภาพความเป็นจริงในชุมชน ในการทำงานกับชาวบ้านนั้น ความแตกต่างด้านระบบวิธีคิดระหว่างนักพัฒนากับชาวบ้านจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะก่อให้เกิดปัญหาขึ้นได้ นักพัฒนาจะต้องเรียนรู้และปรับตัวให้เข้ากับชาวบ้าน (สลัดแบบแผนที่รับจากตะวันตกทิ้ง) โดยพึงตระหนักว่าจะต้องให้คุณค่าที่เท่าเทียมแก่ชาวบ้าน ในฐานะที่เป็นมนุษย์ และบทบาทที่ตนเองเป็นบุคคลภายนอกเท่านั้น (บ้านบางพูน 2527)

เอกสารอ้างอิง

บุญเรือง, พลน้. (2527). การถ่ายทอดเทคโนโลยี, บทความทางวิชาการโครงการประชากรศึกษาในการพัฒนาเกษตรและชนบท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เอกสารโรเนียว).

บ้านบางชุม, บุญแพรง. (2527). ศรัทธาพลังชุมชน ข้อคิดและประสบการณ์ในงานพัฒนาชนบท. สำนักงานเลขาธิการ สภาคาธอลิคแห่งประเทศไทยเพื่อการพัฒนา 2508-2510. ซอยแสนสุข ถนนประชาสงเคราะห์ ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10700.

Bhasin, K. (1979). Breaking Barriers : A South Asian Experience of Training for Participatory Development, FAO, Bangkok, Thailand.

Freire, P. (1973). Cultural Action for Freedom, Writers and Readers Publishing Cooperative, 14 Talacre Road, London NW.5 3PE.

Okley, Peter. (1984). Emerging Strategies of Extension in Rural Development, Agricultural Extension and Rural Development Centre, University of Reading, England (memio).

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารราย 6 เดือน (ในขณะนี้) ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์ เผยแพร่ผลงานทางวิชาการการเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาลงพิมพ์

1.1 ผลงานวิจัย

1. 2 บทความปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

2.1 ต้นฉบับ : พิมพ์คีดเว้นบรรทัดห่าง และพิมพ์หน้าเดียว

2.2 ตาราง : พิมพ์แยกไว้ต่างหากจากเนื้อเรื่อง แต่ควรบ่งบอกว่าตารางนั้นควรอยู่ส่วนไหนของเนื้อเรื่อง

2.3 ภาพถ่าย: ควรเป็นภาพขาว-ดำ ขนาด 9.00 x 13.5 ซม. หรือเท่าตัวจริงที่จะปรากฏในหนังสือ เขียนคำอธิบายไว้ต่างหาก อย่าเขียนลงในรูป

2. 4 ภาพเขียนและกราฟ : เขียนด้วยหมึกสีดำหรือหมึกอินเดียนบนกระดาษอาร์ตหนาตัวหนังสือควรเขียนด้วย lettering guide หรือ letter press

2.5 เอกสารอ้างอิง :

2.5.1 ในเนื้อเรื่อง : การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่อง ใช้ระบุนามสกุลและปี (พ.ศ.) เช่น สิทธิพรชัย (2526) รายงานว่า.....หรือ.....(สิทธิพรชัย 2526) ในกรณีที่เป็นเอกสารภาษาอังกฤษก็เช่นเดียวกันใช้นามสกุลและปี (ค.ศ.) เช่น Jone and Smith (1980). ในกรณีที่มีผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้และคณะ หรือ *et at.* ต่อท้ายผู้แต่งคนคนแรก แต่ในบัญชี เอกสารอ้างอิง ใส่ชื่อหมดทุกคน

2.5.2 ในตอนทำบัญชีรายการ เอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่

สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้ :

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

ตัวอย่าง : เฮงสวัสดิ์, วิเขียร (2524). การบริหารศัตรูพืชกับระบบ การปลูกพืชหลายชนิด ว. วิทย.กษ. (14)4. 193-196

สำหรับตำรา ควรเรียงลำดับดังนี้

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

ตัวอย่าง : แซมเพชร, เฉลิมผล (2527) หลักการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์ ท่าแพการพิมพ์, เชียงใหม่

JOURNAL OF AGRICULTURE

VOLUME 2 No. 1 JANUARY 1986

Editorial Notes

Research Paper

Review Paper

ISSN 0857-0841