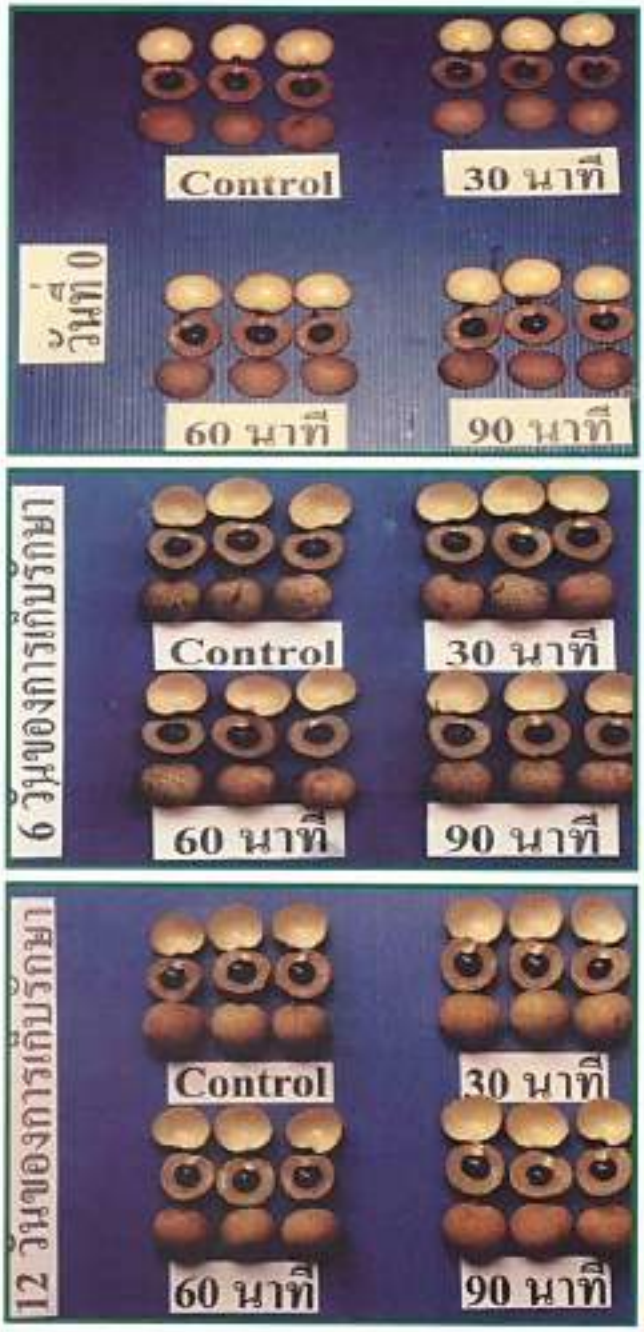
วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2545 VOLUME 18 NO. 3 OCTOBER 2002



1	4
2	
3	

1. ลำไยผ่านการฆ่าเชื้อโดยโอโซนเวลาต่างๆ เริ่มการทดลอง
2. ลำไยผ่านการฆ่าเชื้อโดยโอโซนเวลาต่างๆ วันที่ 6 ของการเก็บรักษา
3. ลำไยผ่านการฆ่าเชื้อโดยโอโซนเวลาต่างๆ วันที่ 12 ของการเก็บรักษา
4. ผลลำไย

ISSN 0857-0841

วารสารเกษตร

Journal of Agriculture

เจ้าของ
คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200
โทร. (053) 944990
โทรสาร (053) 944666

Publisher
Faculty of Agriculture
Chiang Mai University
Chiang Mai 50200, THAILAND
Tel. (053) 944990
Fax. (053) 944666

วัตถุประสงค์
1. เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการ สาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร สัตวแพทย์ และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

ที่ปรึกษา อนันต์ โกเมศ, นคร ณ ลำปาง, พิน พรรณศิริ

กำหนดเผยแพร่ เดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน และตุลาคม ปีละ 3 ฉบับ

แจ้งรับวารสาร บรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ
คุณวิโลพร ธรรมดา
งานบริการงานวิจัยและพัฒนา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารวิชาการราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร สัตวแพทย์ และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่ตีพิมพ์

1.1 ผลงานวิจัย

1.2 บทความวิชาปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

2.1 ต้นฉบับ : การส่งต้นฉบับที่จัดพิมพ์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft Word ความยาวไม่เกิน 10 หน้า บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 70 ตัวอักษร และหน้าละ 32 บรรทัดส่งต้นฉบับที่พิมพ์หน้าเดียวลงบนกระดาษ A4 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล

2.2 ต้นฉบับให้รวมถึงบทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

2.3 ระบุคำย่อ (Index word) ของเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.4 สาร : เขียนเป็นภาษาอังกฤษด้วย

2.5 ภาพประกอบ : เขียนเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ภาพถ่ายมีขนาด 9.00 x 13.50 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกดำเขียนบนกระดาษแข็งขาวหรือกระดาษเขียนแบบ

2.6 กราฟ : จัดทำด้วยโปรแกรม Haward Graphic และแนบข้อมูลดิบไปด้วยเพื่อปรับแต่งด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ทีหลัง

2.7 เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

2.7.1 ในเนื้อเรื่อง อ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบชื่อต้นและปี (ค.ศ.) เช่น พรชัย (2538) รายงานว่า...หรือ...(พรชัย,2538) ในกรณีที่เป็นภาษาอังกฤษใช้ระบบนามสกุลและปี (ค.ศ.) เช่น Jone and Smith (1995) ในกรณีที่มีผู้แต่งสามคนขึ้นไปใช้คำว่า "และคณะหรือ et al." ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่องใส่ชื่อผู้แต่งทุกคน

2.7.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่ เริ่มจาก ชื่อไทยต่อด้วยชื่ออังกฤษ

1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้.-

ผู้แต่ง.ชื่อต้น.ชื่อสกุล.ปีพ.ศ.และถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ชื่อสกุลชื่อต้นและปี.ค.ศ. ชื่อเรื่อง.เลขที่ปรากฏในวารสาร.ชื่อวารสาร.(ย่อได้).ปีที่.ฉบับที่.: หน้า. ตัวอย่าง : ไกรชา.เอกสิทธิ์.(2524).การเปรียบเทียบสัตว์พันธุ์ผสมการปฏิสนธิ. ศศ.ขอนแก่น.(ไทย.กษ.ส.ส.).: 193-196.

2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้

ชื่อผู้แต่ง. พ.ศ.(ค.ศ.).ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้า. ตัวอย่าง : เฉลิมเผ่า. บรรเลงศร.(2527).เศรษฐศาสตร์ชนบทเบื้องต้น. และโภชนาวิทยาศาสตร์.(ทั่วไปการพิมพ์.เชียงใหม่.(23 หน้า)

3. การเสนอเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ส่งเรื่องพิมพ์ได้ตลอดเวลา

ที่ บรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริการงานวิจัยและพัฒนา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 กองบรรณาธิการจะตรวจสอบเรื่องที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ ในกรณีที่จำเป็นจะขอความเห็นชอบจากผู้เชี่ยวชาญก่อนตีพิมพ์

พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์ดีดเร่งด่วน สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 โทร.(053) 944015

วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 (2545)
Volume 18 No.3 (2002)

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

ผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลำไย 172
สิริริยา เรืองยุทธิการณ์ และธนะชัย พันธ์กมลสุข

ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่ออัตราการสังเคราะห์แสง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในลำไย 180
ดารณี เกียรติสกุล และสระกุล ตันสุวรรณ

การรวบรวมและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือบางชนิดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 190
บงการ พิมพ์เพ็ง และเกสินี ระมิงค์วงศ์

ผลของสภาวะเครียดจากน้ำต่อปริมาณโพรลีนและการเติบโตของสตรอเบอรี่ 201
สุกัญญา ใจไพร์ และสุรินทร์ นิลสำราญจิต

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสตรอเบอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว 210
ภักดี ภักดีจันทร์ และดนัย บุณยกียรติ

อิทธิพลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวและการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน 219
วีณา นิลวงศ์ และไพบูลย์ วิรัตน์วงศ์วนา

แผนผังกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจแบบมีส่วนร่วมของเทศบาลตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูน 229
พิชิต ธานี พรทิพย์ เตียรธีรวิทย์ และกาญจนา โชคอารว

การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 239
วิทยา ศรีโอยกส

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค 250
ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย และดนัย บุณยกียรติ

ผลของความเครียดต่อโปรเจสตอโรนและฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง 261
พัชนีย์ อภิชาติสรางกูร

การผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีเพื่อวัดปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่แดงของนกกระทาญี่ปุ่น 270
ปิยนาถ ตัณฑ์เจริญรัตน์ และเพชร พงษ์พิจันทร์

Effect of Ozone on Longan Shelf-life 172
Sikeriya Ruangyuttikarn and Tanachai Panhasemsuk

Effect of Potassium Chlorate on Rate of Photosynthesis 180
Daranee Kiatsakun and Tragool Tunsuwan

Collection and Phylogenetics of Some *Solanum* spp. Using Morphological Characteristics 190
Bongkarn Pampeng and Kesinee Ramiegwong

Effect of Water Stress on Proline Content And Growth of Strawberry 201
Sukanya Jaipho and Surin Nilsumranchit

Changes in Precharvest Quality of Strawberry 210
Pakdee Pakdeejun and Danai Boonyakiat

Influence of Nitrogen Fertilizer Application Methods on Rice Yield and Changes in Soil Ammonium and Nitrate 219
Weena Nilawonk and Paibool Wirutnongvana

Strategic planning of Umong Municipality, Lampun Province: A Participation Approach 229
Pichit Thani Pornip Tianterawit and Kanchana Chokethawore

Analysis of the Water Flow Direction in a Small Watershed Area of Northeast Thailand 239
Vidhaya Trelo-ges

Factors Affecting The Quality of Fresh-cut Lettuce 250
Teerasak Punvichai and Danai Boonyakiat

Effect of Stress on Progesteron and Luteinizing Hormone in Female Reproductive System 261
Tassanee Apichartsrangkoon

Production of Monoclonal Antibodies for Determination of Egg Yolk Cholesterol from Japanese Quail 270
Piyanas Tancharoenrat and Petai Pongpiachan

ISSN 0857-0841

บทบรรณาธิการ

นโยบายบริหารงานวิจัยยุคคิดใหม่ทำใหม่

ในฐานะนักวิจัยเราคงได้ยินคำว่า **"สังคมแห่งการเรียนรู้"** หรือ **"เศรษฐกิจฐานความรู้"** กันอยู่บ่อยๆ สองวลีนี้ถือเป็นวลียอดฮิตติดปากผู้บริหารสมัยใหม่ หรือเป็นเป้าหมายของการบริหารยุคใหม่ ทั้งสองวลีนี้ในด้านหนึ่งก็ตอกย้ำถึงความเป็น **"ผลงานวิจัยบนหิ้ง"** สำหรับผลงานวิจัยจากโครงการที่ไม่ได้นำไปสู่การปฏิบัติหรือการเพิ่มมูลค่าการผลิต หรือส่งเสริมมูลค่าทางสังคมอย่างชัดเจน ในขณะที่อีกด้านหนึ่งก็เป็นการกำหนดทิศทางงานวิจัยสมัยใหม่ว่า จำเป็นต้องตอบสนองต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน ซึ่งดีที่สุดคือการพัฒนาในระดับรากหญ้า

รัฐบาลมองเห็นความจำเป็นนี้ จึงได้อนุมัติงบประมาณวิจัยเชิงพัฒนาจำนวนมากไปไว้ในชุมชนและในสายของกระบวนการผลิตเชิงการค้าในชุมชน ซึ่งวงเงินในแต่ละแห่งมากมายมหาศาล จนถ้าเรานักวิจัยยังคิดในกรอบเดิมคงไม่ทราบว่าจะเขียนโครงการวิจัยอย่างไร จึงจะไปของบประมาณส่วนนั้นมาได้ รัฐบาลจึงกำหนดคำสำคัญมาให้ใหม่ ซึ่งฟังแล้วยิ่งมองไม่เห็นทางที่จะพัฒนาโครงการวิจัยใหม่ได้เลย ถ้ายังยึดติดกรอบและวิธีการวิจัยแบบเดิมๆ คำสำคัญนั้นคือ **"บูรณาการ"** และ **"Value Chain"**

ในปัจจุบัน 2 คำนี้ เป็นตัวกำหนดนโยบายบริหารงานวิจัยยุคคิดใหม่ทำใหม่อย่างแท้จริง ในฐานะนักวิจัยเราเองก็คงต้องปรับตัวให้ทันกับการอยู่รอดใน **"สังคมแห่งการเรียนรู้"** เหมือนกัน เรียนรู้ว่าทำอย่างไรเราจึงจะพัฒนาโครงการวิจัยไปของบประมาณตามนโยบายใหม่ได้ เรียนรู้ว่าเราจะเชื่อมโยงเครือข่าย (Cluster & Network) อย่างไรจึงจะบูรณาการองค์ความรู้และเพิ่มมูลค่าในแต่ละลำดับของกระบวนการผลิตได้ และเรียนรู้ว่าเราวิจัยคนเดียว (Stand alone) ไม่ได้อีกต่อไปแล้ว

วารสารเกษตร 18 (3) : 172-179 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 172-179 (2002)

ผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลำไย

Effect of Ozone on Longan Shelf-life

สิคีริยา เรืองยุทธิการณ์[1/] และ ธนะชัย พันธ์เกษมสุข[1/]

Sikeeriya Ruangyuttikarn[1/] and Tanachai Pankasemsuk[1/]

Abstract: Longan (*Euphoria longana* Lam.) fruits cv. Daw were soaked in 0°C water pH 3-4 and exposed to ozone at the concentration of 100 mg./hr. for 0, 30, 60 and 90 minutes then stored at 5°C. The results revealed that ozone treated fruits had longer shelf-life than untreated fruits for 6-9 days. The fruits treated with ozone for 30 minutes, had the lightest exocarp color and got the highest acceptable quality from sensory evaluation.

บทคัดย่อ : การศึกษาผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลำไยพันธุ์ดอ โดยนำผลลำไยลงแช่ในน้ำเย็นที่ 0°ซ ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างด้วยกรดแลกติก ให้มีค่าเท่ากับ 3-4 หลังจากนั้นปล่อยก๊าซโอโซนระดับความเข้มข้น 100 มก./ชม. ให้ไหลลงไปในน้ำ เป็นเวลา 0, 30, 60 และ 90 นาที ตามลำดับ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ พบว่าผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าผลลำไยที่ไม่ได้รมก๊าซโอโซน 6-9 วัน และผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 30 นาที สีเปลือกมีความสว่าง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

Index words : ลำไย โอโซน อายุการเก็บรักษา การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

Longan, Ozone, Shelf-life, Post harvest management

[1/] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

ลำไยจัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของภาคเหนือโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ผลผลิตของลำไยสามารถส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปผลสด อบแห้ง แช่แข็ง และลำไยกระป๋อง ซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลายพันล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะมีการส่งออกเพิ่มขึ้นอีก (พาวิน, 2543) สำหรับการผลิตและการส่งออกลำไยในลักษณะผลไม้สดไปยังตลาดต่างประเทศ ต้องใช้เวลาในการขนส่งนาน ทำให้ลำไยสดที่ส่งออกต่างประเทศมีปัญหาด้านคุณภาพคือการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเข้ม และการเน่าเสีย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536) ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงด้านการรักษาคุณภาพผลลำไย โดยใช้วิธีการต่างๆ หลายวิธี เช่น การใช้น้ำร้อน น้ำเย็น แช่ผลลำไยในสารละลายของสารเคมีเพื่อกำจัดเชื้อรา หรือการรมผลลำไยสดด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide; SO_2) (ดาวเรือง, 2530 และธิดา, 2535) การใช้ก๊าซ SO_2 ในผลผลิตที่ใช้รับประทานสดมีทีท่าที่จะถูกห้ามใช้ในการค้าระหว่างประเทศในอนาคตอันใกล้นี้ เพราะมีผลกระทบต่อผู้ที่สูดดมก๊าซ SO_2 เข้าไปในร่างกาย ดังนั้นความพยายามในการค้นหาวิธีการหรือสารเคมีชนิดใหม่ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้และมีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยจึงนับเป็นความจำเป็นที่เร่งด่วนอีกประการหนึ่ง

โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่คงตัว มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง มีคุณสมบัติในการฟอกสีและฆ่าเชื้อโรคที่เหนือกว่าสารเคมีจำพวกคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยเซลล์โปรตีนที่ห่อหุ้มและหล่อเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส สปอร์ หรือเชื้อราจะถูกทำลายไป ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์นั้นๆไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ และโอโซนได้รับการรับรองว่าปลอดภัยว่าเป็นสารจำพวก Generally Recognized As Safe (GRAS) ด้วยเหตุนี้เอง โอโซนจึงน่าที่จะนำมาใช้ในการรักษาความสดของผักหรือผลไม้บางชนิดได้ (ชมภูศักดิ์และเทพนม, 2540)

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) แบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ลำไย 180 ผล โดยกรรมวิธี คือ ระยะเวลาในการรมก๊าซโอโซนที่ 0 , 30 , 60 และ 90 นาที ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ผลลำไยรมก๊าซโอโซนนาน 0 นาที (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ผลลำไยรมก๊าซโอโซนนาน 30 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ผลลำไยรมก๊าซโอโซนนาน 60 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ผลลำไยรมก๊าซโอโซนนาน 90 นาที

ใช้ลำไยพันธุ์ดอ ทำการคัดผลให้มีขนาดใกล้เคียงกัน มีสภาพสด ไม่มีรอยช้ำ และตำหนิอื่นๆ มาตัดก้านออกให้เหลือก้านเหนือขั้วผลประมาณ 5 มม. จากนั้นแบ่งผลลำไยออกเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 540 ผล เพื่อนำลงแช่ในน้ำเย็นที่ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างด้วยกรดแลกติกให้มีค่าเท่ากับ 3-4 หลังจากนั้นปล่อยก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 มก./ชม.ลงในน้ำที่บรรจุลำไยอยู่ แช่ผลลำไยนานตามระยะเวลาข้างต้นผึ่งลมให้แห้งแล้วบรรจุถุงพลาสติก high density polyethylene เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. จำนวน 8 รูแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ บันทึกผลการทดลองทุกๆ 3 วัน

การบันทึกผลการทดลอง

1. อายุการเก็บรักษา

การสิ้นสุดระยะเวลาของการเก็บรักษาพิจารณาจากการปรากฏให้เห็นของเชื้อราที่ผลลำไย โดยเมื่อพบว่าเริ่มมีเชื้อราปรากฏให้เห็นให้ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา และ/หรือเมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบ profile test ในระดับคะแนนของการยอมรับโดยรวม หรือสีเปลือกด้านนอก ที่น้อยกว่า 4 เป็นเวลา 2 ครั้งติดกัน ให้ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

2. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

โดยใช้น้ำคั้นจากเนื้อลำไยหยดลงบนแผ่นปริซึมของเครื่อง hand refractometer ก่อนใช้ปรับสเกลให้เป็นศูนย์ด้วยน้ำกลั่น ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น °บริกซ์

3. การวัดการเปลี่ยนสีของเปลือกด้านนอก

โดยใช้เครื่องวัดสี (chroma meter) ค่าที่ได้จะแสดงในรูปค่า L a* และ b*

ค่า L เป็นค่าที่แสดงความมืดและความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0-100 ถ้าค่า L มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า วัตถุมีความสว่างน้อย หากมีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่า วัตถุมีความสว่างมาก

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงสีเขียวและสีแดง ถ้าค่า a* มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีเขียว หากมีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง

ค่า b* เป็นค่าที่แสดงสีน้ำเงินและสีเหลือง ถ้าค่า b* มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน หากมีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง

4.การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาโดยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 7 คน และใช้วิธีการทดสอบแบบ ideal ratio profile technique (ดัดแปลงจากสรวงสุดา, 2540) ซึ่งรวมลักษณะปรากฏ (สีเปลือกด้านนอกและสีเปลือกด้านใน) กลิ่น (กลิ่นลำไยและกลิ่นแปลกปลอม) รสชาติ (รสหวานและรสแปลกปลอม) และเนื้อสัมผัส (ความกรอบและความแน่นเนื้อ) โดยมีระดับคะแนน ดังนี้ คือ 0 = ไม่ชอบมากที่สุด, 1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบ, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ค่อนข้างไม่ชอบ, 5 = เฉยๆ, 6 = ค่อนข้างชอบ, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบ และ 9 = ชอบมากที่สุด

ผลการทดลอง

1. อายุการเก็บรักษา

ลักษณะสีเปลือกของผลลำไยก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ พบว่าเปลือกด้านนอกและด้านในของผลลำไยในทุกกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีความสว่างและมีสีเหลืองมากขึ้น เมื่อเทียบกับผลลำไยที่ไม่ได้ผ่านการรมก๊าซโอโซน (ชุดควบคุม) ซึ่งเปลือกผลมีสีคล้ำมากที่สุด ในขณะที่เนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีมีสภาพไม่แตกต่างกัน

จากการกำหนดให้ระยะเวลาของการเก็บรักษาผลลำไยสิ้นสุดเมื่อพบว่าเริ่มมีเชื้อราปรากฏที่ผล และ/หรือเมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับตามเกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินคุณภาพด้านต่างๆ พบว่า ผลลำไยที่ไม่ได้ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด คือ 15 วัน เนื่องจากตรวจพบเชื้อราและสีเปลือกด้านนอกมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งมีผลทำให้สภาพของผลลำไยไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที สามารถเก็บรักษาได้นาน 24, 21 และ 21 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 1- 2)

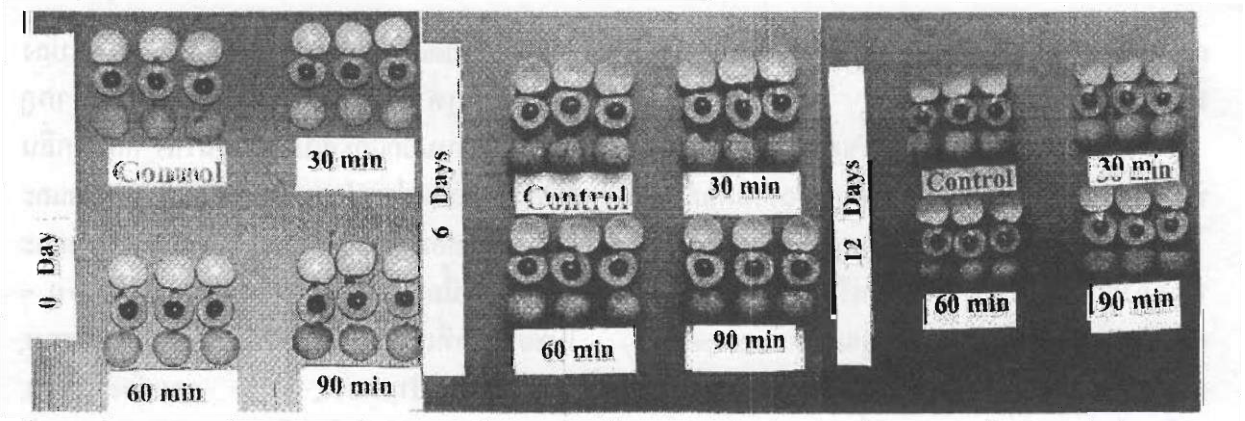


Figure 1 Pericarp and aril of longan fruits which were exposed to ozone at concentrations of 100 mg/hr. for 0, 30, 60 and 90 minutes stored at 5°C for 0, 6 and 12 days.

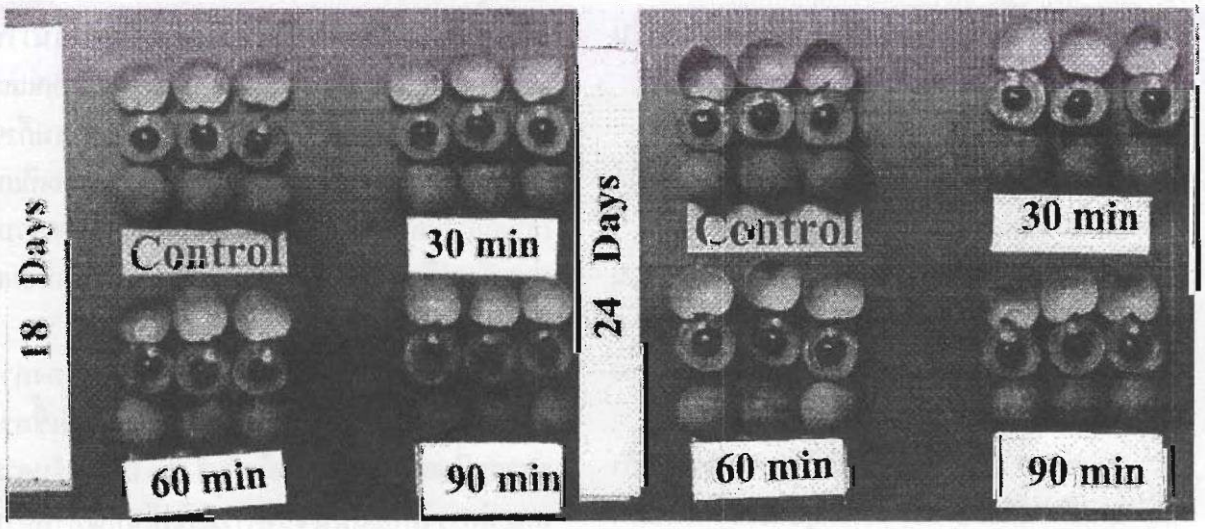


Figure 2 Pericarp and aril of longan fruits which were exposed to ozone at concentrations of 100 mg/hr. for 0, 30, 60 and 90 minutes stored at 5°C for 18 and 24 days.

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

จากการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยที่ช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ในทุกกรรมวิธีมีปริมาณเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆตลอดอายุการเก็บรักษา โดยวัดได้สูงสุดในวันที่สามของการเก็บรักษา มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 19.35-19.76°บริกซ์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี

3. การเปลี่ยนสีของเปลือกด้านนอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนสีของเปลือกด้านนอก โดยการวัดค่า L (แสดงถึงความสว่างของสี) a* (มีค่าบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง) และ b* (มีค่าบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง) จากเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่ช่วงเวลาต่างๆของการเก็บรักษา พบว่า ค่า L มีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา และเริ่มลดลงหลังจากเก็บรักษาไว้ได้ 9 วัน โดยค่า L ที่วัดได้จากผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 0, 30, 60 และ 90 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันแรกของการเก็บรักษา คือ 51.62, 56.19, 56.53 และ 56.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่า a* มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เท่ากับ 6.70, 3.96, 5.93 และ 5.63 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สำหรับค่า b* ที่วัดได้จากผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 0 และ 30 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา คือ 38.12 และ 40.78 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 และ 90 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 39.98 และ 40.27 ตามลำดับ

4. การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค พบว่า คะแนนการยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกรรมวิธี ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 30 นาที มีคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด รองลงมา คือ ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 90 และ 60 นาที สำหรับผลลำไยที่ไม่ได้ผ่านการมก๊าซโอโซน (ชุดควบคุม, 0 นาที) มีคะแนนการยอมรับโดยรวมน้อยที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 1 L value (lightness) of exocarp color of longan that exposed to ozone at the concentrations of 100 mg./hr. for 0, 30, 60 and 90 minutes then stored at 5°C.

Treatments	L value of exocarp color								
	Day after storage								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
O_3 0 min	51.62b	49.01b	50.32	49.26b	47.92b	47.17b	46.93*	48.12b*	44.03b*
O_3 30 min	56.19a	52.56a	52.74	52.30a	52.03a	50.11ab	50.79	52.82a	48.62ab
O_3 60 min	56.53a	53.33a	51.11	52.20a	51.22a	50.50a	48.68	47.38b	49.10a*
O_3 90 min	56.02a	51.64a	48.47	50.74ab	49.87ab	49.60ab	48.03	46.86b	45.63ab*
$LSD_{0.05}$	2.32	2.06	NS	2.59	2.17	3.27	NS	4.52	4.93
C.V.(%)	2.23	2.12	4.66	2.68	2.29	3.52	5.30	4.91	5.59

means in the same column followed with the same letter did not significant difference at α=0.05 by Lsd.

* : shelf-life ended

Table 2 a* value (redness) of exocarp color of longan that exposed to ozone at the concentrations of 100 mg./hr. for 0, 30, 60 and 90 minutes then stored at 5°C.

Treatments	a* value of exocarp color								
	Day after storage								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
O_3 0 min	5.27a	2.33ab	3.13	3.82a	5.45a	6.70a	6.69*	5.43*	9.61*
O_3 30 min	2.97b	1.50ab	1.80	1.20ab	1.08b	2.08b	3.19	3.92	3.96
O_3 60 min	2.27b	0.83b	0.23	1.08b	4.38a	2.25b	4.46	5.93	6.50*
O_3 90 min	3.21b	2.87a	2.39	3.29ab	4.71b	4.74b	5.56	5.63	7.18*
$LSD_{0.05}$	1.91	1.93	NS	2.96	2.66	3.18	NS	NS	NS
C.V.(%)	29.49	54.35	82.48	60.74	36.09	42.74	41.67	38.82	30.73

means in the same column followed with the same letter did not significant difference at α=0.05 by Lsd.

* : shelf-life ended

Table 3 **b* value (yellowness) of exocarp color of longan that exposed to ozone at the concentrations of 100 mg./hr. for 0, 30, 60 and 90 minutes then stored at 5°C.**

Treatments	b* value of exocarp color								
	Day after storage								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
O_3 0 min	30.76	38.09b	38.12	37.14b	36.24b	33.74b	36.76*	37.54*	34.13b*
O_3 30 min	35.49	40.46a	40.78	39.75a	40.15a	38.76a	39.16	39.79	37.69ab
O_3 60 min	33.87	39.98a	39.54	39.93a	39.06a	38.21a	37.56	37.61	38.41a*
O_3 90 min	34.84	40.27a	37.62	38.97ab	39.07a	38.21a	37.13	36.37	35.47ab*
$LSD_{0.05}$	NS	1.39	NS	2.41	1.48	4.18	NS	NS	3.67
C.V.(%)	8.17	1.86	5.47	3.29	2.04	5.96	6.63	5.82	5.34

abc : means in the same column followed with the same letter did not significant difference at α=0.05 by lsd.

* : shelf-life ended

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มก./ชม. มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมผลลำไยพันธุ์ดอ คือ 30 นาที โดยสามารถเก็บรักษาผลลำไยไว้ได้นานที่สุด คือ 24 วัน และไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การให้ก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 60 และ 90 นาที แก่ผลลำไยน่าจะเป็นระดับที่มากเกินไป เพราะทำให้สีเปลือกผลลำไยคล้ำลง และมีปริมาณการเน่าเสียของผลเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ทุกระยะเวลา พบว่าสีเปลือกมีความสว่างมากกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้น่าจะเกิดจากคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ของก๊าซโอโซน ทำให้ก๊าซโอโซนสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ โดยการเข้าไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ ไม่สามารถสืบพันธุ์และมีชีวิตต่อไปได้ (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) Mudd *et al.* (1969) ได้รายงานว่า โอโซนมีผลกระทบต่อเชื้อแบคทีเรียโดยมุ่งไปที่การทำลายส่วนเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการเกิดปฏิกิริยา peroxidation ของสาร phospholipid และ lipoprotein ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Ishizaki *et al.* (1987) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของโอโซนที่มีต่อเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งพบว่าโอโซนจะมีการซึมผ่านผนังเซลล์ แล้วทำปฏิกิริยากับสารที่อยู่ภายในไซโตพลาสซึมและทำการเปลี่ยน plasmid DNA ที่มีลักษณะเป็นวงกลมปิดให้เป็นวงกลมเปิด มีผลทำให้แบคทีเรียมีการแบ่งเซลล์ลดลง

อนึ่ง การใช้สารเคมีในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไย นับว่าเป็นวิธีการที่นิยมทำกันมากที่สุด และการใช้ก๊าซโอโซนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไย ยังคงต้องมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับระยะเวลาที่เหมาะสม และวิธีการรม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการเก็บ

รักษาผลลำไยโดยการรมก๊าซโอโซนเพียงครั้งเดียว อาจไม่เพียงพอต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไย

เอกสารอ้างอิง

ชมภูศักดิ์ พูลเกษ และเทพนม เมืองแมน. 2540. การใช้โอโซนทางการแพทย์และสิ่งแวดล้อม.สำนักพิมพ์เดือนตุลา, กรุงเทพฯ. 136 น.

ดาวเรือง ศรีกอก. 2530. ดัชนีการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ (*Euphoria longana* Lam.cv. Daw) วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,เชียงใหม่. 98 น.

ธิดา ไชยวังศรี. 2535. โรคของผลลำไยพันธุ์ดอก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 134 น.

พาวิน มะโนชัย. 2543. ลำไย. สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 115 น.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2536. ควรวิจัยอะไรกับลำไย. รายงานสัมมนาเชิงวิชาการ ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, เชียงใหม่. หน้า 40-43.

สรวงสุดา ไชยทิพย์. 2540. ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดสดพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 135 น.

Ishizaki, K., D. Sawadaishi, K. Miura and N. Shinriki. 1987. Effect of ozone on plasmid DNA of *Escherichia coli in situ*. Water Res. (7):823-828.

Mudd J.B., R. Leavitt, A. Ongun and T. McManus. 1969. Reaction of ozone with amino acids and proteins. Atmos Environ. 3:669-682.

วารสารเกษตร 18 (3) : 180-189 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 180-189 (2002)

ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่ออัตราการสังเคราะห์แสง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน ในลำไย

Effect of Potassium Chlorate on Rate of Photosynthesis Carbohydrate and Nitrogen Content of Longan

ดารณี เกียรติสกุล[1/] และ ตระกูล ตันสุวรรณ[1/]

Daranee Kiatsakun[1/] and Tragool Tunsuwan[1/]

Abstract: Effect of potassium chlorate on rate of photosynthesis, carbohydrate and nitrogen content of longan were conducted on November, 2000 at the Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. One year old propagated longans var. Dor were grown with fine sand in 12 inches diameter pot. The data were collected for four consecutive weeks after treatments. The result revealed that there were no flower in untreated plants. On the other hand, the flowering was observed in the treated plants after 18 days. The photosynthetic rate and chlorophyll content in mature leaves were not differ from control. However, the total non structural carbohydrate (TNC), reducing sugar (RS), total nitrogen (TN) and C:N ratio in shoots were significant difference. The correlation coefficient (r) between TNC, RS and TN in root, leaf and shoot were also different among treated and untreated plants.

[1/] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาผลของโปแตสเซียมคลอเรตที่มีต่ออัตราการสังเคราะห์แสง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนของลำไย เมื่อเดือนพฤศจิกายน 2543 ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กับลำไยพันธุ์ดอ ต้นกิ่งตอนอายุ 1 ปี ปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้ว บรรจุด้วยทรายละเอียด บันทึกผลการทดลองสัปดาห์ละครั้ง รวม 4 สัปดาห์หลังราดสารเทียบกับต้นที่ไม่ใส่สารซึ่งพบว่าไม่ออกดอก แต่ต้นที่ใส่สารสามารถสังเกตเห็นตาดอกในวันที่ 18 ของการทดลอง การวัดอัตราการสังเคราะห์แสงและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับต้นที่ไม่ใส่สาร แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) น้ำตาลรีดิวส์ (RS) ปริมาณไนโตรเจน (TN) และ C:N ratio ในยอดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อหาระดับความสัมพันธ์ (r) ระหว่าง TNC RS และ TN ในส่วนราก ใบ และยอด พบว่ารูปแบบของความสัมพันธ์ของต้นที่ใส่สารแตกต่างจากต้นที่ไม่ใส่สาร

Index words: คาร์โบไฮเดรท ดอกลำไย ไนโตรเจน อัตราการสังเคราะห์แสง โปแตสเซียมคลอเรต

carbohydrate, *Euphoria longana* Lam., Longan, , nitrogen, photosynthetic rate, potassium chlorate

คำนำ

ลำไย (*Euphoria longana* Lam.) เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อนต้องการอุณหภูมิต่ำประมาณ 15-20^0 ซ เป็นเวลานาน 2-4 สัปดาห์เพื่อกระตุ้นการออกดอก เมื่อลำไยไม่ได้รับอุณหภูมิที่ต่ำพอจะไม่ออกดอกหรือออกดอกน้อย (รวี , 2542) ปัจจุบันเกษตรกรหันมานิยมใช้สารโปแตสเซียมคลอเรต ($KClO_3$)ในการบังคับให้ลำไยออกดอก โปแตสเซียมคลอเรตเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้โปแตสเซียมอิออน (K^+) และอนุมูลคลอเรตอิออน (ClO_3^-) (ธนะชัย, 2542) คลอเรตเป็นสารตั้งต้น (substrate) ของเอนไซม์ Nitrate reductase (NR) โดยคลอเรตจะถูกรีดิวส์ไปเป็นคลอไรต์ (ClO_2^-) และไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) ซึ่งเป็นพิษต่อทุกเซลล์ของพืช แม้ไนเตรทและคลอเรตจะใช้เอนไซม์ตัวเดียวกันนี้แต่เอนไซม์ NR มีแนวโน้มจะกระตุ้นการรีดิวส์ไนเตรทได้ดีกว่าคลอเรต เนื่องจากค่า K_m(Michaelis Menten constant) ของคลอเรตสูงกว่าไนเตรท 50-100 เท่า (LaBrie *et al.*, 1991) มีการตั้งสมมุติฐานว่าโปแตสเซียมคลอเรตกระตุ้นการออกดอกของลำไยได้ อาจเนื่องมาจากที่ให้รากลำไยบางส่วนตายการดูดไนโตรเจนจากดินของพืชจะลดลง ส่งผลให้ระดับคาร์โบไฮเดรทต่อไนโตรเจนสูงขึ้น มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากตาใบเป็นตาดอก (ระวี, 2542) Coruzzi and Bush (2001) ได้รายงานว่า C:N ratio สำคัญต่อการควบคุม Nitrogen metabolite gene ซึ่งสามารถกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมหลายอย่างในพืชได้ การศึกษาการเปลี่ยนแปลง C:N ratio ในใบเงาะพบว่าเมื่อ C:N ratio ในใบสูงขึ้นจนถึง 4.5-4.6 จะทำให้เงาะออกดอก (กวิศร์และคณะ, 2533) แต่การศึกษาในมะม่วงที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิกลางวัน / กลางคืนตั้งแต่ 15/10^0 ซ. ไปจนถึง 30/25^0 ซ. พบว่าไม่มีข้อมูลที่แสดงว่าปริมาณแป้งที่สูงขึ้นในกิ่งจะกระตุ้นการออกดอกได้ (Whiley *et al.*, 1989) อย่างไรก็ตามมีหลายพืชที่คาร์โบไฮเดรทเกี่ยวข้องกับการออกดอก เช่นในพืชวันยาว *Sinapsis alba* จะพบปริมาณซูโครสใน meristem สูงขึ้นภายใน 16 ชั่วโมงหลังจากได้รับการกระตุ้นด้วยแสงนาน 10 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 วัน และสังเกตเห็น floral primodia เกิดขึ้นในวันที่ 2 ของการได้รับแสงวันยาว (Bernier *et al.*,1993) ใน *Arabidopsis thaliana* ซึ่งเป็นพืชวันยาวเช่นกัน Tien-Shin *et al.* (2000) รายงานว่าต้นที่เป็น *pgi-1*

(phospho-glucose isomerase) mutant จะไม่สามารถสร้างแป้งที่ใบได้ทำให้ออกดอกช้ากว่า wild typeในช่วงวันสั้นแต่ถ้านำไปเลี้ยงในอาหารที่มีซูโครส กลูโคส หรือ ฟรุคโทส 1% (น้ำหนัก/ ปริมาตร) ทำให้ออกดอกได้เร็วขึ้นโดยออกดอกพร้อม wild type

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของโปแตสเซียมคลอเรตที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรทและไนโตรเจนในรากใบและยอด และอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวัน ที่อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดตาดอกของลำไย

อุปกรณ์และวิธีการ

ลำไยพันธุ์ดอกิ่งตอนอายุ 1 ปี ปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้วที่บรรจุทรายละเอียด ใส่โปแตสเซียมคลอเรตในอัตรา 0.05 ก/ ต้น เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ใส่สาร วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (RCB) 3 ซ้ำ แต่ละหน่วยทดลองประกอบด้วยลำไย 3 ต้น เก็บข้อมูลทุกสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ติดต่อกันหลังราดสาร หาปริมาณ TNC และ reducing sugar ในยอด ใบและรากโดยดัดแปลงจากวิธีของ Nelson และหาปริมาณ TN โดยดัดแปลงจากวิธีของ Kjeldahl ส่วนที่ใบวัดอัตราการสังเคราะห์แสงและ stomatal conductance โดยเครื่อง Licor รุ่น Li 6200 และหาปริมาณคลอโรฟิลด์โดยวิธีของ Witham

ผลการทดลอง

การทดลองเปรียบเทียบการใส่โปแตสเซียมคลอเรตกับลำไยที่ไม่ใส่สารพบว่า ต้นที่ไม่ใส่สารไม่ออกดอก แต่ต้นที่ใส่สารสามารถสังเกตเห็นตาดอกด้วยตาเปล่าในวันที่ 18 หลังราดสารเมื่อตรวจสอบ cross section ของยอดและตาข้างด้วยกล้องจุลทัศน์ในสัปดาห์ที่ 2 หรือ 14 วันของการทดลองยังไม่พบว่ามีการสร้างตาดอก ดังนั้นการเก็บข้อมูลในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 จึงเป็นข้อมูลก่อนการสร้างตาดอก อัตราการสังเคราะห์แสงจะสูงในช่วงเช้าเวลาประมาณ 08.00 น. และลดลงในช่วง 10.00 น. หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงเรื่อย ๆ บางครั้งมีค่าติดลบทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราการสังเคราะห์แสงที่ได้วัดจากการลดลงของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ใน chamber ของเครื่องอันเนื่องมาจากถูกใบนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยเวลานั้นเปลี่ยนแปลงไป โดยเมื่ออุณหภูมิในช่วงกลางวันและช่วงบ่ายสูงขึ้นทำให้อัตราการหายใจของใบสูงขึ้นและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากออกสู่ chamber เมื่อปริมาณคาร์บอน - ไดออกไซด์ใน chamber ยังคงสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ค่าอัตราการสังเคราะห์แสงที่วัดได้จากเครื่องเป็นลบแม้จะยังมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นก็ตาม อัตราการสังเคราะห์แสงไม่มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับ stomatal conductance ดังตารางที่ 1สาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงไม่แตกต่างกันคือปริมาณคลอโรฟิลด์ในใบที่สมบูรณ์เต็มที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติดังตารางที่ 2 เมื่อวัดค่า electrolyte leakage ของใบเพื่อศึกษาการถูกทำลายของเซลล์ใบเนื่องจากโปแตสเซียมคลอเรตก็พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นกันดังตารางที่ 3 หลังราดสารโปแตสเซี่ยมคลอเรตพบว่าปริมาณ TNC ในรากของต้นที่ราดสารมีมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารในสัปดาห์แรกแต่ไม่แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 3 และ 4 ส่วนปริมาณ RS และ TN ในรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในส่วนของใบพบปริมาณ TNC และ TN ไม่แตกต่างกันแต่ปริมาณ RS ในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดช่อดอกแล้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับยอดพบความแตกต่าง

Table 1 The photosynthetic rate and stomatal conductance (μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) of longan leaves during the day for four weeks (Wk) after $KClO_3$ application (T2) compared with control (T1).

Week/Time		Photosynthetic rate		Stomatal conductance	
		T1	T2	T1	T2
Wk1	08.00	2.574	1.713	0.354	0.391
	10.00	2.543	2.661	0.065	0.065
	12.00	1.975	1.700	0.088	0.088
	14.00	1.883	1.363	0.102	0.096
	16.00	2.572	1.540	0.095	0.102
Wk2	08.00	3.294	3.142	0.204	0.209
	10.00	1.765	1.327	0.284	0.240
	12.00	0.544	0.307	0.242	0.239
	14.00	0.451	0.269	0.233	0.226
	16.00	0.561	0.699	0.195	0.183
Wk3	08.00	2.768	2.333	0.452	0.439
	10.00	1.301	1.010	0.347	0.341
	12.00	-0.107	-0.171	0.112	0.011
	14.00	0.106	0.289	0.166	0.162
	16.00	-0.061	-0.243	0.199	0.215
Wk4	08.00	1.029	1.056	0.340	0.346
	10.00	0.489	0.379	0.277	0.276
	12.00	0.371	0.482	0.304	0.282
	14.00	-0.076	-0.003	0.173	0.211
	16.00	0.326	0.501	0.213	0.222

ทั้งปริมาณ TNC RS และ TN โดยปริมาณ TNC แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 และ3 หลังราดสาร ปริมาณ RS แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 และ TN ในยอดแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 4 ดังภาพที่ 1

สำหรับ C:N ratio ในรากและใบของต้นที่ได้รับสารและไม่ได้รับสารไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในยอดพบความแตกต่างในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ดังตารางที่ 4

Table 2 The chlorophyll content of longan leaves at four weeks after $KClO_3$ application (T2) compared with control (T1).

Weeks	Chlorophyll (mg/g fresh wt.)	
	T1	T2
1	0.890	0.828
2	0.799	0.854
3	0.726	0.749
4	0.836	0.899

Table 3 Electrolyte leakage of longan leaves four weeks after $KClO_3$ application (T2) compared with control (T1).

Weeks	Electrolyte leakage (%) [a]	
	T1	T2
1	12.64 ± 1.34	13.52 ± 2.69
2	15.74 ± 3.51	12.28 ± 0.07
3	12.51 ± 0.30	16.57 ± 2.01
4	13.11 ± 0.87	14.03 ± 0.99

[a] Numbers are means ± standard error.

Table 4 The C:N ratio of shoots, leaves and roots at four weeks after $KClO_3$ application (T2) compared with control (T1).

Weeks	Roots		Leaves		Shoots	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	4.73	5.91	1.85	1.58	4.94	5.04
2	5.79	6.73	1.67	1.71	5.19 b	6.31 a
3	5.68	6.34	2.25	1.92	4.78	5.37
4	5.61	6.20	2.64	1.99	7.44 a	4.65 b

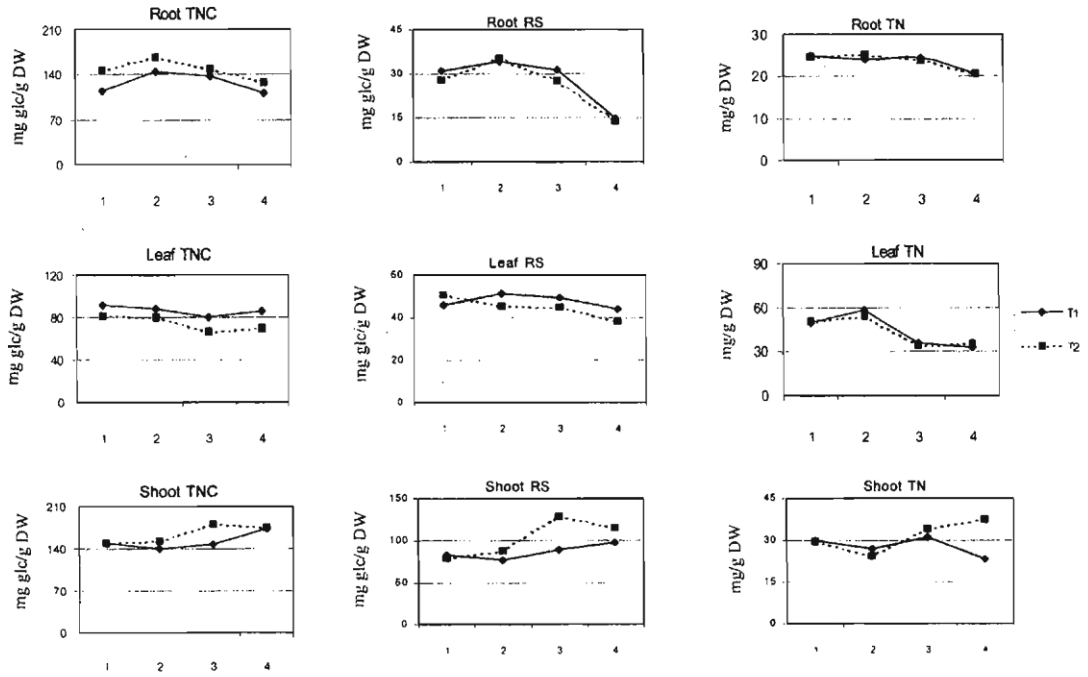


Figure 1 The TNC, RS and TN content in shoots, leaves and roots four weeks after $KClO_3$ application (T2) compared with control (T1).

ความสัมพันธ์ของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนระหว่างส่วนราก ใบ และยอดขณะที่มีการเจริญเติบโตของต้นลำไยที่ได้รับสารโปแตสเซียมคลอเรต (ตารางที่ 6) กับต้นที่ไม่ได้รับสาร (ตารางที่ 5) พบว่าต้นที่ไม่ได้รับ สารมีปริมาณไนโตรเจนในรากสัมพันธ์เชิงบวกกับยอด (r =.8897) ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในยอดของต้นที่ได้รับสารมีความสัมพันธ์เชิงลบกับไนโตรเจนในใบและราก (r = -.9272 และ r = -.8797) สำหรับความสัมพันธ์ของ RS จะเหมือนกันโดยระหว่างยอดกับใบและรากจะเป็นความสัมพันธ์ในเชิงลบ และ RS ระหว่างใบกับรากเป็นแบบเชิงบวกแต่ความสัมพันธ์ระหว่าง RS ของต้นที่ไม่ได้รับสารมีค่าสูงกว่าต้นที่ได้รับสาร ส่วนTNC พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างยอดกับใบในต้นที่ได้รับสารมีค่าสูงมาก (r= -.9954)แต่เป็นในเชิงลบในขณะต้นที่ไม่ได้รับสารแทบไม่มีความสัมพันธ์กัน (r= -.0662) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน TNC และ RS ในส่วนราก ใบ และยอด มีความแตกต่างกันหลายอย่างดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6

Table 5 The correlation coefficients(r) of TNC, RS and TN between root, leaf and shoot of controlled plants.

	Leaf N	Root N	Shoot N	Leaf RS	Root RS	Shoot RS	Leaf TNC	Root TNC	Shoot TNC
Leaf N	1.0000	.6336	.2109	.6357	.7270	-.9516	.6136	.4766	-.7667
		p= .336	p= .789	p= .364	p= .273	p= .048	p= .386	p= .523	p= .233
Root N		1.0000	.8897	.6340	.9570	-.8154	.1395	.5222	-.9210
			p= .110	p= .366	p= .043	p= .185	p= .860	p= .478	p= .079
Shoot N			1.0000	.4413	.7855	-.4721	-.2008	.3964	-.7181
				p= .559	p= .214	p= .528	p= .799	p= .604	p= .282
Leaf RS				1.0000	.8280	-.7853	-.2193	.9800	-.9940
					p= .172	p= .215	p= .781	p= .020	p= .006
Root RS					1.0000	-.9018	.0631	.7326	-.9940
						p= .098	p= .937	p= .267	p= .006
Shoot RS						1.0000	-.3959	-.6466	.9268
							p= .604	p= .353	p= .073
Leaf TNC							1.0000	-.3988	-.0662
								p= .601	p= .934
Root TNC								1.0000	-.7829
									p= .217
Shoot TNC									1.0000

Table 6 The correlation coefficients(r) of TNC, RS and TN between root, leaf and shoot of treated plants.

	Leaf N	Root N	Shoot N	Leaf RS	Root RS	Shoot RS	Leaf TNC	Root TNC	Shoot TNC
Leaf N	1.0000	.7495	-.9272	.6533	.7089	-.9448	.9669	.6817	-.9638
		p= .251	p= .073	p= .346	p= .291	p= .055	p= .033	p= .318	p= .036
Root N		1.0000	-.8797	.8683	.9672	-.5787	.5958	.8837	-.6383
			p= .120	p= .132	p= .033	p= .421	p= .404	p= .116	p= .362
Shoot N			1.0000	-.6416	-.9042	.7558	-.8009	-.9059	.7997
				p= .358	p= .096	p= .244	p= .199	p= .094	p= .200
Leaf RS				1.0000	.7142	-.6362	.6026	.5356	-.6734
					p= .286	p= .364	p= .397	p= .464	p= .327
Root RS					1.0000	-.4745	.5154	.9721	-.5403
						p= .525	p= .485	p= .028	p= .460
Shoot RS						1.0000	-.9950	-.4111	.9971
							p= .005	p= .589	p= .003
Leaf TNC							1.0000	.4723	-.9953
								p= .528	p= .005
Root TNC								1.0000	-.4761
									p= .524
Shoot TNC									1.0000

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใส่โปแตสเซียมคลอเรตเปรียบเทียบกับไม่ใส่สาร พบว่าต้นที่ใส่สารออกดอกในวันที่ 18 แต่เมื่อศึกษาการสังเคราะห์แสงพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อาจเป็นเพราะโปแตสเซียมคลอเรตที่ให้มีปริมาณน้อยมากเพียง 0.05 กรัม / กระถางเท่านั้น ทำให้คลอไรต์ที่เกิดขึ้นในพืชมีปริมาณน้อยและไม่มีผลต่อการทำลายคลอโรฟิลล์หรือทำความเสียหายต่อเซลล์ได้ โดยดูจากปริมาณคลอโรฟิลล์และค่า electrolyte leakage ที่ไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสารจึงส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงไม่แตกต่างกัน Desikan *et al.* (2001) ให้ความเห็นว่า เมื่อพืชได้รับความเครียดจากสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ตามจะมีผลต่อการสะสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในพืช และสารตัวนี้เองที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้พืชได้ปรับเปลี่ยนการทำงานภายในเพื่อสามารถปรับตัวให้

ทนต่อสภาพความเครียดนั้นได้ แต่ในกรณีที่พืชได้รับความเครียดที่มากเกินไปจนเป็นพิษกับพืช พืชก็อาจไม่สามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้เช่นลำไยที่ได้รับสารโปแตสเซียมคลอเรตในความเข้มข้นที่สูงตั้งแต่ 1 กรัม / กระถาง ขึ้นไปจะสังเกตเห็นอาการใบไหม้ภายใน 3 วัน จากนั้นใบจะร่วงหรืออาจแห้งติดกับต้น (ไม่ได้แสดงข้อมูล) สำหรับปริมาณ TNC ของรากหลังได้รับสารมีแนวโน้มสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารโดยเฉพาะในสัปดาห์แรกอาจเป็นเพราะรากบางส่วนที่ได้รับสารอาจได้รับความเสียหายส่งผลให้การเจริญของรากลดลงจึงมีการสะสม TNC เพิ่มขึ้น มีผลให้ RS ของรากในสัปดาห์ที่ 1 ของต้นที่ได้รับสารมีปริมาณน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร ปริมาณไนโตรเจนในรากค่อนข้างสม่ำเสมอและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอาจเนื่องจากไนโตรเจนที่รากพืชดูดเข้าไปส่วนใหญ่จะถูกส่งต่อไปรีดิวส์ที่ใบทันที สำหรับปริมาณ TNC ในใบไม่มีความแตกต่างกันอาจเนื่องจากใบเป็นแหล่งสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตแล้วส่งออกไปยังส่วนอื่น ๆ ของพืชไม่ได้เก็บสะสมไว้ทำให้ปริมาณ TNC ในใบมีน้อยกว่าในยอดและราก นอกจากนั้นในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ของต้นที่ได้รับสาร จะเกิดช่อดอกที่ยอดอาจส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตออกจากใบไปสู่ยอดมากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูปRSโดยเฉพาะกลูโคสและฟรุกโทสเพื่อรวมตัวกันเป็นซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลในรูป non reducing พร้อมที่เคลื่อนย้ายออกจากใบ ทำให้ปริมาณ RS ในใบลดลงเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสารขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในใบลดลงหลังสังเกตเห็นตาดอกในสัปดาห์ที่ 3 และช่อดอกในสัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากถูกยอดดึงไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของช่อดอกทำให้ปริมาณไนโตรเจนของยอดในสัปดาห์ที่ 4 สูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติดังที่ Kramer (1983) ได้กล่าวว่าเนื้อเยื่อใหม่ของพืชจะเป็นแหล่งที่ต้องการไนโตรเจนสูงเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์แทบทุกชนิด ปริมาณของ TNC ในยอดของต้นที่ได้รับสารเริ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงก่อนเห็นตาดอกและเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 เช่นเดียวกับ RS ที่เริ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำตาลมีผลต่อการออกดอกของพืชบางชนิด (Tien-Shin *et al.*, 2000) ปริมาณ C:N ratio ในรากและใบไม่แตกต่างกัน แต่ในยอดในสัปดาห์ที่ 2 ค่า C:N ratio ของต้นที่ได้รับสารมีมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญอาจเป็นเพราะช่วงก่อนออกดอกยอดจะหยุดการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในยอดลดลงเล็กน้อยทำให้สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรทต่อไนโตรเจนสูง ส่วน C:N ratio ที่ลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ของต้นที่ได้รับสารก็เพราะช่อดอกมีการดึงไนโตรเจนมาใช้สูง

ความสัมพันธ์ของปริมาณ TNC RS และ TN ในส่วนของราก ใบและยอด ระหว่างต้นที่ได้รับสารและต้นที่ไม่ได้รับสารโปแตสเซียมคลอเรตพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยไนโตรเจนในยอดของต้นที่ไม่ได้รับสารมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนในราก (r = .8897) แต่ในต้นที่ได้รับสารไนโตรเจนในยอดจะมีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมากกับไนโตรเจนทั้งในใบและราก (r = -.9272 และ -.8793 ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยอดเป็นแหล่งที่ใช้อาหารอย่างรุนแรง (strong sink) เมื่อยอดดึงไนโตรเจนไปใช้มากทำให้ปริมาณไนโตรเจนในส่วนอื่นลดลง TNC ที่ยอดมีความสัมพันธ์ทางลบพอสมควรกับใบในต้นที่ได้รับสาร (r = -.7829) แต่จะมีค่ามากขึ้นเมื่อได้รับสาร (r = -.9953) แสดงให้เห็นว่ายอดดึงคาร์โบไฮเดรตมาจากใบมากขึ้นเมื่อเกิดดอก ส่วน RS ในยอดของต้นที่ไม่ได้รับสารมีความสัมพันธ์เชิงลบกับรากและใบมากคือ r = - .9018 และ -.7853 ตามลำดับ แต่ในต้น

ได้รับสารมีความสัมพันธ์กันไม่มากอาจเป็นเพราะ RS ในยอดมีปริมาณที่สูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารเนื่องจากเป็นส่วนที่มีการเจริญสูงคือมีการเจริญของช่อดอกในขณะที่RS ในใบและรากไม่ต่างกัน สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง TNC RS และ TN พบว่าไนโตรเจนทั้งในราก ใบ และยอด ของต้นที่ได้รับสารมีความสัมพันธ์ทั้งทางบวกและลบกับTNC และ RSมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอาจเป็นเพราะไนโตรเจนมีความสำคัญต่อต้นที่มีการเจริญเติบโตเช่นต้นที่มีการออกดอก

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล และคณะ, 2533. ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจนในใบและการเกิดตาดอกของเงาะโรงเรียน. วารสารเกษตรสาสตร์(วิทย์.) 24: 8-15.

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2542. ลำไยกับสารประกอบคลอเรต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ 53 หน้า.

รวี เสรฐภักดี. 2542. การออกดอกของลำไยและการใช้สารบังคับ. เคหการเกษตร 23(4): 88-96.

Bernier, G., A Havelange, C. Houssa, A. Petitjean, and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. Plant Cell. 5: 1147-1155.

Coruzzi, G. and D. R. Bush. 2001. Nitrogen and carbon nutrient and metabolite signaling in plants. Plant Physiol. 125: 61-64.

Desikan, R., R. A-H. Mackerness, J. T. Hancock and S. J. Neill.2001. Regulation of Arabidopsis Transcriptome by oxidative stress. Plant Physiol. 127: 159-172.

Garcia -Luis, -A., -F. Forres and J. L. Guardiola. 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus.J. Am. Soc. Hortic. Sci. 120(2): 222-227.

Kramer, J. P. 1983. Water Relations of Plants. Academic Press,INC., USA. 489 pp.

LaBrie, S. T., J. Q. Wilkinson and N.M. Crawford. 1991. Effect of chlorate treatment on nitrate reductase and nitrate reductase gene expression in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiol. 97: 873-879.

Menzel, C. M., T. S. Rasmussen and D. R. Simpson. 1995. Carbohydrate reserves in lychee trees (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Horticulture Science. 70(2): 245-255.

Tien-Shin, Yu., *et al*. 2000. Mutation of Arabidopsis plastid phosphoglucose isomerase affects leaf starch synthesis and floral initiation. Plant Physiol. 123: 319-326.

Waisel, Y., A. Eshel and U. Kafkafi. 1996. The Roots: The Hidden Half. Maral Dekker, Inc., New York. 1002 p.

Whiley, A. W., T.S. Rasmussen, J.B. Saranah and B. N. Wolstenholme. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. J. Horticulture Science. 64(6): 753-735.

Yamanishi, O. K. 1995. Trunk strangulation and winter heating effects on carbohydrate level and its relation with flowering, fruiting and yield of 'Tosa Buntan' pummelo grown in a plastic house. J. Hort. Science. 70(1): 85-95.

วารสารเกษตร 18 (3) : 190-200 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 190-200 (2002)

การรวบรวมและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือบางชนิดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

Collection and Phylogenetics of Some *Solanum* spp. Using Morphological Characteristics

บงการ พันธุ์เพ็ง[1/] และ เกศิณี ระมิงค์วงศ์[1/]

Bongkarn Panpeng[1/] and Kesinee Ramingwong[1/]

Abstract: Collection and phylogenetic studies were carried out on eight species and eleven varieties of some *Solanu* spp. in Thailand including *S. ferox* Linn., S. *mammosum* Linn., *S. melongena* Linn. (4 varieties), *S. nigrum* Linn., *S sanitwongsei* Craib., *S. seaforthianum* Andr., *S. spirale* Roxb. and *S. torvum* Swartz. Morphological characters have been studied on plant habit, presence of thorn, stem, leaf, flower, fruit and seed. Phylogenetic studies by numerical taxonomy can classify the plants into 2 groups. Group 1 consisted of *S. nigrum* Linn., *S. seaforthianum* Andr. and *S spirale* Roxb. while group 2 consisted of *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn. (4 varieties), *S sanitwongsei* Craib. and *S. torvum* Swartz.

บทคัดย่อ : ได้ดำเนินการรวบรวมพืชสกุลมะเขือ (*Solanum* spp.) บางชนิดในประเทศไทย ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn. (4 สายพันธุ์), *S. nigrum* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. seaforthianum* Andr., *S. spirale* Roxb. และ *S. torvum* Swartz. รวม 8 ชนิด 11 สายพันธุ์ ทำการศึกษาโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ นิสัยการเจริญเติบโต การปรากฏของหนาม ลักษณะของลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด เพื่อหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือโดยวิธี Numerical taxonomy สามารถจำแนกพืชออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย *S. nigrum* Linn., *S. seaforthianum* Andr. และ *S. spirale* Roxb. และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn. (4 สายพันธุ์), *S. sanitwongsei* Craib. และ *S. torvum* Swartz.

Index words: มะเขือ สัณฐานวิทยา ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

Solanum spp., Eggplant, Morphology, Phylogenetics

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

พืชสกุลมะเขือ (*Solanum*) จัดเป็นสกุลที่ใหญ่ที่สุดของพืชมีดอก มีสมาชิกทั้งสิ้นประมาณ 1,400 ชนิด (species) (Mabberley,1987) และเป็นกลุ่มพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างยิ่ง (Heiser,1969) ในเขตร้อนได้มีการนำพืชป่า (wild species) มาเพาะปลูกเพื่อใช้เป็นสมุนไพร และนำผลที่ยังไม่สุกมาบริโภคเป็นผักและใช้เป็นเครื่องปรุงในอาหารอื่นๆ (Purseglove,1972) แต่ในปัจจุบันพืชเหล่านี้เกิดการสูญเสียทางพันธุกรรม (genetic erosion) ที่เป็นผลมาจากสาเหตุหลายประการ คือ พืชพื้นเมืองเหล่านี้หาได้จากป่ามีหลายชนิดที่มีรสดีเป็นที่นิยมรับประทาน เมื่อถึงฤดูที่จะเก็บจึงมีผู้เก็บมาบริโภคกันมาก ประกอบกับพื้นที่ป่าลดลงจึงทำให้พืชเหล่านี้อยู่ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ โดยเฉพาะพวกที่ใช้รับประทานต้นอ่อนหรือส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์ เช่น ดอก ผลอ่อน หรือเมล็ด (ปริทรรศน์ และ ชูศรี, 2542) การนำพันธุ์อื่นเข้ามาปลูกแทนที่หรือมีการปลูกพืชชนิดอื่น การละทิ้งบ้านเรือนเนื่องจากภัยสงคราม โรคระบาด หรือการอพยพเนื่องจากขาดแคลนอาหาร (Lester, 1982) วิธีการหนึ่งที่ใช้อนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมก็คือ การเก็บรักษาในสภาพแปลงรวบรวมพันธุ์ (*ex situ* conservation) ซึ่งเป็นการนำพืชออกมาจากแหล่งธรรมชาติ รวมทั้งเป็นการเพิ่มระดับในการป้องกันและแยกห่างเชื้อพันธุกรรม (germplasm) (Withers, 1990) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรักษาความหลากหลายของพันธุกรรมในประชากรธรรมชาติไว้ เพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบของหน่วยพันธุ-กรรมรูปแบบใหม่ๆที่มนุษย์ต้องการ (วิสุทธิ์,2532) การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมพืชสกุลมะเขือ (*Solanum*) บางชนิดที่มีความสำคัญในประเทศไทย ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ที่รวบรวมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมพืชสกุลมะเขือจาก 1.สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ฯ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ได้แก่ *S mammosum* Linn. (มะเขือสาแหรก), *S. seaforthianum* Andr. (มะเขือเครือ), *S. spirale Roxb.* (ต้อยตั่ง) และ *S. nigrum* Linn. (มะแว้งนก) 2.สวนสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แก่ *S. torvum* Swartz.(มะเขือพวง) และ 3. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ. ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่ ได้แก่ *S. ferox* Linn. (มะอึก), *S. sanitwongsei* Craib. (มะแว้งเครือ) และ *S. melongena* Linn. (มะเขือ) จำนวน 4 สายพันธุ์

เก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์ของพืชสกุลมะเขือที่ได้ไปเก็บรักษาไว้ที่ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่ เพื่อเป็นแหล่งเก็บรักษาพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือ

วัสดุอุปกรณ์

อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช ประกอบด้วย มีด กรรไกรตัดกิ่งขนาดเล็ก เสียม ถุงพลาสติกขนาดต่างๆ สมุดจดบันทึก ปากกาหรือดินสอสำหรับจดบันทึก ไม้บรรทัด กล้องถ่ายรูปฟิล์มสี

วิธีการวิจัย

1. ศึกษานิสัยการเจริญเติบโต ลักษณะทรงพุ่ม ใบ ดอก ผล และเมล็ด

2. วัดขนาดทรงพุ่ม ใบ ดอก ผล และชั่งน้ำหนักผล และเมล็ด ขนาดและน้ำหนักแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด)

3. บันทึกภาพถ่าย และบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยา พร้อมทั้งสร้างรูปวิธานสู่ชนิด (key to species) ภาพที่ 1 และรูปวิธานชนิดปลูก (key to cultivated species) ภาพที่ 2 ของพืชสกุลมะเขือที่รวบรวมได้ และหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือ โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาจาก Descriptor list (ดัดแปลงจาก IBPGR,1988) และวิเคราะห์ทางสถิติแบบนอนพาราเมตริก ตามวิธีการที่เสนอโดย Sneath and Sokal (1973) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window version 6.0

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการรวบรวมพืชสกุลมะเขือ ซึ่งได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn., *S. nigrum* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. seaforthianum* Andr., *S. spirale* Roxb. และ *S.torvum* Linn. จากแหล่งปลูกต่างๆ ได้พืชสกุลมะเขือจำนวนทั้งสิ้น 8 ชนิด รวม 11 สายพันธุ์ ดังตารางที่ 1

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชสกุลมะเขือ สามารถให้ความแตกต่างของลักษณะต่างๆได้แก่ นิสัยการเจริญเติบโต หนามที่ลำต้น หนามที่เส้นใบ ประเภทของใบ (ตารางที่ 2)ชนิด

Table 1 ***Solunum*** **species and variety names according to their collection sites.**

Species name	ommon name	variety name	collection site
S. mammosum Linn.	มะเขือสาแหรก		Queen Sirikit Botanic Garden.
S. nigrum Linn.	มะแว้งนก		Mae Rim district,Chiang Mai
S. seaforthianum Andr.	มะเขือเครือ		
S. spirale Roxb.	ต้อยตั่ง		
S. sanitwongsei Craib.	มะแว้งเครือ		Huay Hong Krai Education and
S. ferox Linn.[1/]	มะอึก		Development Centre under
S. melongena Linn.[2/]	มะเขือ	มะเขือแจ้ม่วง	His Royal Initiatives,
S. melongena Linn.[3/]	มะเขือ	มะเขือแจ้	Doi Saket district, Chiang Mai.
S. melongena Linn.[4/]	มะเขือ	มะเขือเจ้าพระยา	
S. melongena Linn.[5/]	มะเขือ	มะเขือม่วงก้านเขียว	
S. torvum Swartz.	มะเขือพวง		Herbal Garden, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Muang district, Chiang Mai

Note: Origin from [1/] Ban Krang sub district, Muang district, Phitsanulok
[2/] Ban Krang sub district, Muang district, Phitsanulok
[3/] Mae Pong subdistrict, Doit Sdket district, Chiang Mai
[4/] Ban Hong subdistrict, Ban Hong district,Chiang Mai
[5/] Pong Yaeng subdistrict, Mae Rim district, Chiang Mai

ช่อดอก สีดอก รูปร่างผล สีผลสุก ขนที่เมล็ด สีของเมล็ด (ตารางที่ 3)

1. นิสัยการเจริญเติบโต มี 3 ลักษณะ คือ ไม้พุ่มล้มลุก ได้แก่ *S. ferox* Linn. และ *S. nigrum* Linn. ไม้พุ่มยืนต้น ได้แก่ *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. spirale* Roxb. และ *S. torvum* Swartz. และ ไม้เลื้อยยืนต้น ได้แก่ *S. seaforthianum* Andr.

2. หนามที่ลำต้น มี 2 ลักษณะ คือ พืชที่ไม่มีหนามที่ลำต้น ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ พันธุ์เจ้าพระยา พันธุ์ม่วงก้านเขียว และพันธุ์แจ้ม่วง, *S. nigrum* Linn., *S. sanitwongsei* Craib. และ *S. spirale*. Roxb. พืชที่มีหนามที่ลำต้น ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn. และ *S. torvum* Swartz.

3. หนามที่เส้นใบ มี 2 ลักษณะ คือ พืชที่มีหนามที่เส้นใบ ได้แก่ *S ferox* Linn. และ *S. mammosum* Linn. พืชที่ไม่มีหนามที่เส้นใบ ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ พันธุ์เจ้าพระยา พันธุ์ม่วงก้านเขียว และพันธุ์แจ้ม่วง, *S. nigrum* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. seaforthianum* Andr., *S. spirale* Roxb. และ *S. torvum* Swartz.

4. ประเภทของใบ มี 2 ประเภท คือ ใบประกอบ ได้แก่ *S. seaforthianum* Andr. และใบเดี่ยว ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. nigrum* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. spirale* Roxb. และ *S. torvum* Swartz.

5. ชนิดช่อดอก มี 2 ชนิด คือ ช่อดอกแบบ raceme ได้แก่ *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. seaforthianum* Andr. และ *S. spirale* Roxb. และ ช่อดอกแบบ cyme ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. nigrum* Linn. และ *S. torvum* Swartz.

6. สีดอก มีกลุ่มสี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสีขาว ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. nigrum* Linn., *S. spirale* Roxb. และ *S. torvum* Swartz. และกลุ่มสีม่วง ประกอบด้วย 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่ให้ดอกสีม่วงปนน้ำเงิน ได้แก่ *S. mammosum* Linn. และกลุ่มที่ให้ดอกสีม่วงอ่อน ได้แก่ *S. melongena* Linn., *S. sanitwongsei* Craib. และ *S. seaforthianum* Andr.

7. รูปร่างผล มี 5 แบบ คือ ผลกลม ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ม่วง, *S. nigrum* Linn., *S. sanitwongsei* Craib., *S. seaforthianum* Andr., *S. spirale* Roxb. และ *S. torvum* Swartz. ผลรูปกรวย ได้แก่ *S. mammosum* Linn. ผลกลมแป้น ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ ผลรูปไข่ ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์เจ้าพระยา และผลรูปยาว ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์ม่วงก้านเขียว (ตารางที่ 3)

8. สีผลสุก มี 5 สี คือ ผลสุกสีส้มเหลือง ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn. ผลสุกสีเหลืองส้ม ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้, *S. melongena* Linn. พันธุ์เจ้าพระยา, *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ม่วง, *S.melongena* Linn. พันธุ์ม่วงก้านเขียว ผลสุกสีส้ม ได้แก่ *S. sanitwongsei* Craib. ผลสุกสีแดง ได้แก่ *S. seaforthianum* Andr. และ *S. spirale* Roxb. ผลสุกสีดำ ได้แก่ *S. nigrum* Linn. และผลสุกสีเขียวเข้ม ได้แก่ *S. torvum* Swartz.

9. ขนที่เมล็ด มี 2 ชนิดที่มีขนที่เมล็ด คือ *S. ferox* Linn. และ *S. seaforthianum* Andr.

10. สีของเมล็ด มี 3 สี คือ เมล็ดสีเหลืองอ่อน ได้แก่ *S. ferox* Linn., *S. melongena* Linn. พันธุ์ม่วงก้านเขียว, *S. nigrum* Linn., *S. spirale* Roxb., เมล็ดสีเหลืองปนน้ำตาล ได้แก่ *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ พันธุ์เจ้าพระยา พันธุ์ม่วงก้านเขียว พันธุ์แจ้ม่วง, *S. sanitwongsei* Craib. เมล็ดสีน้ำตาลเข้ม ได้แก่ *S. seaforthianum* Andr. เมล็ดสีน้ำตาลปนเหลือง ได้แก่

S. torvum Swartz. และ เมล็ดสีดำ ได้แก่ *S. mammosum* Linn.

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้สร้างรูปวิธานสู่ชนิด (key to species) โดยใช้นิสัยการเจริญเติบโต รูปร่างผล ประเภทของใบ ขอบใบ ความลึกของหยักใบ สีผลสุก และการปรากฏขนที่ผล (ภาพที่ 1) และได้สร้างรูปวิธานสู่ชนิดปลูก (key to cultivated species) สำหรับพืชสกุลมะเขือที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่ใช้บริโภคเป็นผัก โดยใช้นิสัยการเจริญเติบโต การติดของผล และสีของกลีบดอก (ภาพที่ 2)

Table 2 Morphlogical chracters on growth habit, thorn and leaf of *Solanum* species

Species name	Growth habit	Thorn		Leaf
		stem	vein	complexity
S. ferox L.	herbaceous	present	present	simple
S. mammosum L.	shrub	present	present	simple
S. melongena L.	shrub	absent	absent	simple
S. melongena L. พันธุ์เจ้าพระยา	shrub	absent	absent	simple
S. melongena L. พันธุ์ม่วงก้านเขียว	herbaceaous	absent	absent	simple
S. melongena L. พันธุ์แจ้ม่วง	shrub	absent	absent	simple
S. nigrum L.	gerbaceaous	absent	absent	simple
S. sanitwongsei Craib.	shrub	absent	absent	simple
S. seaforthianum Andr.	woody climber	absent	absent	compound
S. spirale Roxb.	shrub	absent	absent	simple
S. torvum Swartz.	shrub	present	present	simple

Table 3 Morphological characters of flower, fruit and seed of *Solanum* species

Species name	kind of Inflorescence	flower colour	fruit shape	fruit colour	seed pubescent	seed colour
S. ferox L.	cyme	white	globose	yellowish orange	present	pale yellow
S. mammosum L.	raceme	bluish purple	conic	yellowish orange	absent	black
S. melongena L. พันธุ์แจ้	raceme	pale purple	oblate	orangish yellow	absent	brownish yellow
S. melongena L. พันธุ์เจ้าพระยา	raceme	pale purple	ovate	orangish yellow	absent	brownish yellow
S. melongena L. พันธุ์ม่วงก้านเขียว	raceme	pale purple	oblong	orangish yellow	absent	brownish yellow
S. melongena L. พันธุ์แจ้ม่วง	raceme	pale purple	globose	orangish yellow	absent	brownish yellow
S. nigrum L.	cyme	white	globose	black	absent	pale yellow
S. sanitwongsei Craib.	raceme	pale purple	globose	orange	absent	brownish yellow
S. seaforthianum Andr	compound raceme.	pale purple	globose	red	present	dark brown
S. spirale Roxb.	compound Raceme	white	globose	red	absent	pale yellow
S. torvum Swartz.	compound Cyme	white	globose	dark green	absent	yellowish brown

การหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบนอนพาราเมตริก สามารถจำแนกพืชออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ (ภาพที่ 3) คือ

กลุ่ม A ประกอบด้วย *S. nigrum* Linn.(A1), *S. spirale* Roxb.(A2) และ*S. seaforthianum* Andr. (A2)

กลุ่ม B ประกอบด้วย *S. mammosum* Linn. (B1), *S. ferox* Linn.(B2.1.1), *S. torvum* Swartz. (B2.1.2.1), *S. sanitwongsei* Craib.(B2.1.2.2), *S. melongena* Linn. พันธุ์แจ้ (B2.2.2.1), พันธุ์แจ้ม่วง (B2.2.2.2.), และพันธุ์เจ้าพระยา (B2.2.2.3), *S. melongena* Linn. พันธุ์ม่วงก้านเขียว (B2.2.1)

A.shrub

B.Fruit with appendages at base.....*S. mammosum* Linn.

BB. Fruit without appendages at base

C.Leaves compound.....*S. seaforthianum* Andr.

CC. Leave simple.

D. Leaf margin entire.....*S. spirale* Linn.

DD. Leaf margin not entrie

E. Margin of leaf parted.

F.Fruit dark green.....*S. torvum* Swartz.

FF. Fruit orange.....*S. sanitwongsei* Craib.

EE. Margin of leaf lobed.....*S. melongena* Linn.

AA. Herbaceous

B. Seed pubescent .....*S. ferox* Linn.

BB. Seed glabrous.....*S. nigrum* Linn.

Figure 1 Keys to *Solanum* species

A. Shrub

B. Fruit descending.....*S. melongena* Linn.

BB. Fruit horizontal of ascending.

C. Petals pale purple.....*S. sanitwongsei* Craib.

CC. Patals white.....*S. torvum* Swartz.

AA. Herbaceous.....*S. ferox* Linn.

Figure 2 Keys to cultivated Solanum species

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

Rescaled Distance Cluster Combine

```
                    C A S E   0         5         10        15        20        25
        Label   Num  +---------+---------+---------+---------+---------+
B 2.2.2.3       ME2    4  -+
B 2.2.2.2       ME4    6  -+-+
B 2.2.2.1       ME1    3  -+ +--------------------+
B 2.2.1         ME3    5  ---+                   +---------+
B 2.1.2.2       SAN    8  -----------+---------+  |         |
B 2.1.2.1       TOR   11  -----------+         +---+         +-------------+
B 2.1.1         FER    1   --------------------+             |             |
B1              MAM    2   ----------------------------------+             |
A2              SEA    9  --------------------------+---------+             |
A2              SPI   10  --------------------------+         +-------------+
A1              NIG    7  ------------------------------------+
```

Figure 3 Genetic relationship among Solanum species using morphological characters (ME1 = *S. melongena* Linn. (พันธุ์แจ้), ME2 = *S. melongena* Linn. (พันธุ์เจ้าพระยา), ME3 = *S. melongena* Linn. (พันธุ์ม่วงก้านเขียว), ME4 = *S. melongena* Linn. (พันธุ์แจ้ม่วง), SAN = *S. sanitwongsei* Craib., TOR = *S. torvum* Swartz., SPI = *S. spirale* Roxb., SEA = *S. seaforthianum* Andr., FER = *S. ferox* Linn., MAM = *S. mammosum* Linn., NIG = *S. nigrum* Linn.)

ระดับความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่นำมาใช้ในการจัดจำแนกพืชสกุลมะเขือเป็น 2 กลุ่มดังกล่าวอธิบายได้จากนิสัยการเจริญเติบโต ลักษณะหนาม ลักษณะใบ และลักษณะดอกได้ ดังนี้

1. นิสัยการเจริญเติบโต พบว่า พืชสกุลมะเขือในกลุ่ม A ประกอบด้วย ไม้พุ่มล้มลุก คือ *S. nigrum* Linn. ไม้เลื้อย คือ *S. seaforthianum* Andr. และไม้พุ่มยืนต้น คือ *S. spirale* Roxb. ในขณะพืชกลุ่ม B ประกอบด้วย ไม้พุ่มล้มลุก คือ *S. ferox* Linn. ไม้พุ่มยืนต้น คือ *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn., *S. sanitwongsei* Craib. และ *S. torvum* Swartz. สอดคล้องกับ Samuel and Arlene (1979) ที่รายงานว่านิสัยการเจริญเติบโตของพืช คือ ไม้ล้มลุกหรือพืชมีเนื้อไม้ สามารถนำมาใช้เพื่อจัดจำแนกพืชได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเป็นลักษณะที่คงที่ภายในพืชอันดับใดอันดับหนึ่ง หรืออาจผันแปรก็ได้ พืชในตระกูล Cruciferae ทั้งหมดเป็นพืชล้มลุก ในขณะที่บางตระกูล เช่น Compositae มีสมาชิกที่เป็นพืชล้มลุก และพืชมีเนื้อไม้ ในขณะที่ Wilfred *et al.* (1987) พบว่า โดยทั่วไปแล้วอาจแบ่งชนิดของลำต้นพืชโดยใช้ลักษณะภายนอกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ ลำต้นของพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีเนื้อไม้ และพืชไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด (gymnosperm) ลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นของพืชล้มลุกไม่มีเนื้อไม้ และลำต้นแปรรูป (modified stem) Shalaby *et al.* (1978) ได้จัดจำแนกพืชในสกุลลำโพงซึ่งอยู่ในตระกูล Solanaceae จากประเทศอียิปต์ด้วยวิธีการแบบ Numerical Classification โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาเป็นเกณฑ์ ทำให้สามารถแยกพืชกลุ่มมีเนื้อไม้ออกจากกลุ่มที่ไม่มีเนื้อไม้ในสกุลลำโพงได้ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงลักษณะ heterogeneity ของพืชในสกุลนี้ รวมทั้งได้จัดจำแนกสายพันธุ์ต่าง ๆ ของพืชหลายชนิดที่เป็นสมาชิกของสกุลลำโพงซึ่งมีความคล้ายคลึงกันมาก

2. ลักษณะของหนามที่ลำต้นและเส้นใบ พืชกลุ่ม A ซึ่งประกอบด้วย *S. nigrum* Linn., *S. seaforthianum* Andr. และ S. spirale Roxb. เป็นพืชที่ไม่มีหนาม ในขณะที่พืชในกลุ่ม B ซึ่งประกอบด้วย *S. ferox* Linn. และ *S. mammosum* Linn. และ *S. torvum* Swartz. เป็นพืชที่มีหนาม จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกัน ส่วน *S. melongena* Linn. และ *S. sanitwongsei* Craib. เป็นพืชที่ไม่มีหนาม จัดอยู่ในกลุ่มย่อยเดียวกัน สอดคล้องกับ Bell (1969) ที่รายงานว่า ลักษณะของลำต้นและลำต้นแปรรูป ได้แก่ การมีหนาม และมือเกาะ สามารถที่จะนำมาจัดจำแนกได้ในระดับของสกุลหรือชนิด

3. ลักษณะใบ สามารถแยกพืชออกเป็น 2 กลุ่มได้อย่างชัดเจน คือ พืชกลุ่ม A ซึ่งประกอบด้วย *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn., *S. nigrum* Linn., *S. spirale* Roxb., *S. sanitwongsei* Craib. และ *S. torvum* Swartz. เป็นพืชที่ไม่มีหยักใบ ในขณะที่กลุ่ม B ประกอบด้วย *S. seaforthianum* Andr. มีใบประกอบแบบขนนก สอดคล้องกับ Bell (1969) ที่รายงานว่า การปรากฏของหูใบ รูปแบบของใบ ลักษณะเส้นใบ ลักษณะการติดของใบ ลักษณะของปลายใบ ขอบใบ และฐานของใบ เป็นลักษณะที่นำมาใช้จัดจำแนกในระดับชนิดเช่นเดียวกับ George (1970) ที่รายงานว่า การบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชทำได้โดยอาศัย เส้นใบ รูปแบบของใบ ปลายใบ ฐานใบ ขอบใบ ตำแหน่งและการเรียงตัวของใบ หนามหรือขน และผิวใบ

4. ลักษณะช่อดอก และดอก พบว่า พืชสกุลมะเขือในกลุ่ม A ประกอบด้วยพืชที่มีช่อดอกแบบ compound raceme คือ *S. seaforthianum* Andr.

และ *S. spirale* Roxb. ซึ่งมีกลีบดอกสีม่วงและขาว ตามลำดับ และพืชที่ให้ช่อดอกแบบ cyme คือ *S. nigrum* Linn. ซึ่งมีกลีบดอกสีขาว ในขณะที่พืชกลุ่ม B ประกอบด้วย พืชที่ให้ช่อดอกแบบ cyme คือ *S. ferox* Linn. และ *S. torvum* Swartz. และพืชที่ให้ช่อดอกแบบ raceme คือ *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn. และ*S. sanitwongsei* Craib. สอดคล้องกับ Bell (1969) ที่ รายงานว่า สีของกลีบดอกอาจใช้ในการจัดจำแนกพืชในระดับสกุลหรือชนิดเช่นเดียวกับ ตำแหน่งของเกสรตัวผู้ รูปแบบของกลีบเลี้ยง ขนาดกลีบดอก และรูปแบบของกลีบดอก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในเชิงวิวัฒนาการ โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นเกณฑ์ พบว่าพืชในกลุ่มที่ A มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ก้าวหน้ากว่าพืชในกลุ่มที่ B โดย พืชกลุ่ม A ประกอบด้วย 1. *S. seaforthianum* Andr. มีลักษณะที่ก้าวหน้า คือ เป็นไม้เลื้อย และมีใบประกอบแบบขนนก ซึ่งลักษณะใบประกอบนั้นเป็นลักษณะที่ก้าวหน้า 2. *S. nigrum* Linn. มีลักษณะที่ก้าวหน้าคือ เป็นไม้ล้มลุกฤดูเดียว ในขณะที่ พืชในกลุ่ม B มีเพียง *S. ferox* Linn. เป็นไม้ล้มลุก สอดคล้องกับ Carl *et al.* (1971) ที่พบว่า ในพืชสกุล *Acacia* เป็นพืชตระกูลถั่ว ซึ่งพืชส่วนใหญ่ในตระกูลนี้ มีใบประกอบขนนกสองชั้น (twice-pinnately compound) แต่พบว่า พืชตระกูลถั่วบางชนิดมีใบเทียม (phyllodes) ซึ่งเป็นก้านใบที่แผ่ออกเป็นแผ่นแบน และลักษณะกึ่งกลางระหว่าง 2 ลักษณะ คือ ใบที่มีโครงสร้างแบบเป็นใบเทียม และมีใบประกอบอยู่ที่ยอด ซึ่งลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นถึงการเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบก้าวหน้าขึ้น และพิจารณาได้ว่า พืชสกุล *Acacia* ที่มีใบประกอบมีบรรพบุรุษที่มีใบเป็นแบบใบเทียม และเมื่อมีใบย่อยเกิดขึ้นจึงทำให้เกิดวิวัฒนาการของพืชดังกล่าว

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือ สามารถจำแนกพืชออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย *S. nigrum* Linn., *S. seaforthianum* Andr. และ *S. spirale* Roxb. และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย *S. ferox* Linn., *S. mammosum* Linn., *S. melongena* Linn. (4 สายพันธุ์), *S. sanitwongsei* Craib. และ *S. torvum* Swartz.

เอกสารอ้างอิง

ปริทรรศน์ ไตรสนธิ และ ชูศรี ไตรสนธิ. 2542. การสำรวจพืชผักพื้นเมืองในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 22 น.

วิสุทธิ์ ใบไม้. 2532. ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย. สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 245 น.

Bell, C. R. 1964. Plant Variation and Classification. Macmillan Company, London. 135 p.

Carl, L.W., E.L.Walter and A.S. Taylor. 1971. Botany. Holt Rinehart and Winston Inc, New York. 752 p.

George, H.M.L. 1970. An Introduction to Plant Taxonomy. The Macmillan Company, New York. 180 p.

Heiser, C.B. 1969. Nightshades the Paradoxical Plant. Freeman, San Francisco. 218 p.

IBPGR. 1988. Descriptors for Eggplant. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. 25 p.

Lester, R. N. 1982. African Eggplant (A Review of Collecting in West African). Plant Genetic Resources Newsletter:17-26.

Mabberley, D.J. 1987. The Plant Book. Cambridge University Press, Cambridge. 315 p.

Purseglove, J.W. 1972. Tropical Crops (Dicotyledon 2). Longman, London. 427 p.

Samuel, B. J. and E.L. Arlene. 1979. Plant Systematics. Mc Graw-Hill Book Company, New York. 388 p.

Shalaby, A.F., S.F. Khalifa and K.A. Ahmed. 1978. Numerical classification of some *Datura* species in Egypt based on morphological and phytochemical criteria. King Abdul Aziz University (Jeddah, Saudi Arabia). Faculty of Science Bulletin 2:58-71.

Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. Freeman, San Francisco. 230 p.

Wilfred, W.R., T.E. Weier and C. Ralph. 1987. Botany : An Introduction to Plant Science. John Wiley and Son Inc., New York. 614 p.

Withers, L.A. 1990. Tissue Culture in the Conservation of Plant Genetic Resources. International Workshop on Tissue Plant Genetic Resources, Rome. 417 p.

วารสารเกษตร 18 (3) : 201-209 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 201-209 (2002)

ผลของสภาวะเครียดจากน้ำต่อปริมาณโพรลีน และการเติบโตของสตรอเบอรี่

Effect of Water Stress on Proline Content and Growth of Strawberry

สุกัญญา ใจโพธิ์[1/] และ สุรินทร์ นิลสำราญจิต[1/]

Sukanya Jaipho[1/] and Surin Nilsamranchit[1/]

Abstract: Effect of water stress conditions for 10 days under drought and waterlogging at the flowering and fruit setting stages were investigated on the proline content in leaves, growth response and yield of strawberry cv. 'No. 70' The results indicated that, during the sudden drought stress of strawberry in clay pots on proline content increased 57.76-fold at fruit setting stage. The growth response and percentage of fruit set under drought regime were not differed from the controls, however increasing of total soluble solids more than those of the controls. Under waterlogging condition at fruit setting affected to increase 5.53-fold of proline in leaves when compared with the controls, whereas, it caused a reduction in fruit set to 39.31%, fruit size and ascorbic acid content.

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาผลของสภาวะเครียดจากการงดน้ำและให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 10 วันกับต้นสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 ในช่วงระยะออกดอกและติดผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรลีนในใบ และการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของต้นรวมถึงคุณภาพผลผลิตนั้น พบว่าการงดน้ำทันทีในระยะติดผลของต้นที่ปลูกในกระถางมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนเป็น 57.76 เท่าของต้นที่ได้รับน้ำปกติ ซึ่งไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นและเปอร์เซ็นต์การติดผล อย่างไรก็ตามในสภาวะการงดน้ำนี้ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมีค่ามากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ สำหรับสภาวะการให้น้ำท่วมขังในระยะติดผลทำให้การสะสมปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นเป็น 5.53 เท่าของต้นที่ได้รับน้ำปกติ แต่มีผลทำให้การติดผลลดลงถึง 39.31 เปอร์เซ็นต์ ขนาดผลเล็ก และมีปริมาณวิตามินซีลดลง

Index words : สตรอเบอรี่ โพรลีน การขาดน้ำ สภาพน้ำท่วมขัง
Strawberry, Proline, Drought, Waterlogging

คำนำ

การปลูกสตรอเบอรี่ในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ และในพื้นที่บางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในพื้นที่สูงของภาคตะวันตก (ณรงค์ชัย, 2541) ถึงแม้ว่าต้นสตรอเบอรี่จะสามารถเจริญเติบโตได้ในหลายสภาพพื้นที่ แต่จะพบปัญหาหนึ่งที่เป็นอุปสรรคในการผลิตคือการจัดการน้ำ เนื่องจากเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น ต้องการความชื้นในดินค่อนข้างสม่ำเสมอ ถ้าดินมีความชื้นน้อยต้นมีการเจริญเติบโตลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าดินมีความชื้นมากเกินไปทำให้รากไม่สามารถหายใจได้ เกิดอาการเน่าและโรคเข้าทำลายได้ง่าย (ถกล, 2536) ดังนั้นการขาดน้ำหรือการที่ได้รับน้ำมากเกินไปในช่วงใดช่วงหนึ่งของพัฒนาการอาจมีผลต่อการลดลงของผลผลิตและการเจริญเติบโตของต้นได้ เมื่อพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำหรือน้ำท่วมขังจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างในต้นพืชทั้งทางด้านกายภาพและสรีรวิทยาของพืช เช่น พื้นที่ใบลดลงเนื่องจากการแบ่งและขยายขนาดเซลล์ลดลง ซึ่งมีส่วนทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง การเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆได้ ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีน การเจริญเติบโต รวมถึงผลผลิตของสตรอเบอรี่ภายใต้สภาวะเครียดจากน้ำจึงเป็นข้อมูลในการอธิบายการตอบสนองของพืชได้ เพื่อนำมาจัดการให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้เช่นในการผลิตสตรอเบอรี่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของสภาวะเครียดจากการขาดน้ำต่อต้นสตรอเบอรี่ที่ปลูกในกระถาง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แบ่งเป็น 5 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 2 ต้น โดยเปรียบเทียบในช่วงระยะพัฒนาการ 2 ระยะคือ ระยะออกดอกและระยะติดผล ซึ่งกรรมวิธีที่ศึกษา คือ ให้น้ำปกติ การงดน้ำทันทีนาน 10 วัน และการงดน้ำทีละน้อยที่ระดับ 100 75 50 25 และ 0 เปอร์เซ็นต์ของการระเหยน้ำจากดิน ในแต่ละระดับนาน 2 วัน โดยทำการปลูกต้นสตรอเบอรี่ในกระถางดินเผาขนาด 12 นิ้ว ที่ใส่วัสดุผสมระหว่างดิน : ทราย : แกลบดิบ

: ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 2 : 1 : 1 : 1 เริ่มทดลองเมื่อต้นมีอายุ 40 วันหลังจากย้ายปลูกในกระถาง โดยต้นเริ่มมีการบานของดอกแรกจากจำนวนต้นประมาณครึ่งหนึ่งของต้นที่ใช้ในการทดลอง หรือระยะติดผล เมื่อผลแรกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งต้นมีอายุได้ 58 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลองมีการวัดปริมาณการระเหยน้ำด้วยเครื่องวัดการระเหยน้ำ (atmometer) แล้วคำนวณปริมาณการให้น้ำ เพื่อนำมาคำนวณการให้น้ำตามรายละเอียดในการทดลอง จนกระทั่งครบตามระยะเวลาจึงให้น้ำตามปกติจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

การทดลองที่ 2 ผลของสภาวะเครียดจากน้ำท่วมขังต่อต้นสตรอเบอรี่ที่ปลูกในกระถาง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 3 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 2 ต้น คือการให้น้ำปกติกับการให้น้ำท่วมขังนาน 10 วันในระยะออกดอกและติดผล เริ่มทดลองเมื่อต้นมีอายุ 40 วันหลังจากย้ายปลูกในกระถางเช่นเดียวกับในการทดลองที่ 1 และระยะติดผลเมื่อต้นมีอายุได้ 58 วัน จึงเริ่มทดลองนำกระถางแช่ลงในถังพลาสติกที่ใส่น้ำไว้ ให้ระดับสูงเกือบเท่ากับระดับของดินในกระถาง เมื่อสิ้นสุดการให้น้ำท่วมขังตามรายละเอียดในการทดลอง จึงมีการให้น้ำตามปกติเช่นกัน

การทดลองที่ 3 ผลของสภาวะเครียดจากน้ำต่อสตรอเบอรี่ที่ปลูกในแปลง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แบ่งเป็น 5 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 2 ต้น โดยทำการเปรียบเทียบการให้น้ำปกติกับการงดน้ำทันที 10 วัน และการให้น้ำท่วมขังนาน 10 วัน ในระยะพัฒนาการ 2 ระยะคือ ระยะออกดอกและระยะติดผล ซึ่งทำการทดลองในสภาพแปลงปลูกขนาด 1 x 3 เมตร บริเวณโดยรอบแปลงมีการปูด้วยพลาสติกป้องกันไม่ให้น้ำไหลซึมออกด้านข้าง ปลูกต้นลงในแปลงให้มีระยะห่างระหว่างต้นและแถวเท่ากับ 25 x 50 เซนติเมตร ก่อนเริ่มกรรมวิธีทดลองหนึ่งวันให้น้ำโดยใช้บัวรดน้ำในแต่ละแปลงปริมาตร 20 ลิตร ให้ทั่วทั้งแปลงเพื่อปรับความชื้นให้ใกล้เคียงกัน จากนั้นจึงเริ่มทดลองในระยะออกดอกและติดผลเช่นเดียวกับในการทดลองที่ 1

การบันทึกข้อมูล

1. วิเคราะห์ปริมาณโพรลีนตามวิธีของ Bates *et al.* (1973) โดยชั่งใบสดน้ำหนัก 0.5 กรัม นำมาบดด้วย sulfosalicylic acid ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วกรองเอาสารละลายที่ได้ทำปฏิกิริยากับกรด ninhydrin และกรดอะซิติก อย่างละ 1 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และหยุดปฏิกิริยาโดยนำหลอดทดลองมาแช่ในน้ำเย็น 0 องศาเซลเซียส แล้วเติมด้วย toluene ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน สารละลายที่ได้จะแยกเป็นสองชั้น นำสารละลายชั้นบนมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ค่าที่ได้คำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{proline } (\mu\text{mole/g fresh weight}) = \frac{A \times B \times 5}{C \times 115.5}$$

เมื่อ A = ปริมาณโพรลีนจากกราฟมาตรฐาน (μg/ml)

B = ปริมาณ toluene 4 มิลลิลิตร

C = น้ำหนักใบสด 0.5 กรัม

2. วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ตามวิธีของ Arnold (1949)

3. การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่ ศึกษาลักษณะต่างๆของจำนวนหน่อและใบต่อต้น ลักษณะของใบและราก ได้แก่ ความกว้าง ความยาว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ ความสูงและความกว้างของทรงพุ่ม เปอร์เซ็นต์การติดผล

4. คุณภาพผลผลิต โดยวัดคุณภาพภายนอกและวิเคราะห์คุณภาพภายในของผล ได้แก่ น้ำหนักผล ปริมาตรผล ขนาดผล ปริมาณกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซี

5. บันทึกการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในดินด้วยเครื่อง tensiometer

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของสภาวะเครียดจากการงดน้ำและให้น้ำท่วมขังกับต้นสตรอเบอรี่ที่ปลูกในกระถาง

สภาวะเครียดจากน้ำทั้งการงดน้ำและให้น้ำท่วมขังมีผลทำให้ต้นสตรอเบอรี่ตอบสนองทางสรีรวิทยาเบื้องต้นด้วยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนในใบ โดยการงดน้ำทันทีเป็นระยะเวลา 10 วัน ในระยะออกดอกมีผลทำให้ปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ 6.24 เท่า (รูปที่ 1) เป็นกลไกที่พืชมีการตอบสนองและปรับตัวให้อยู่ได้ในสภาพที่ไม่เหมาะสมตามที่พบรายงานในพืชหลายชนิด เช่น การทดลองในหญ้ากินนีส่งผลทำให้มีการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน (นวรัตน์และสุวพงษ์, 2539) ในขณะที่การงดน้ำทีละน้อยและการให้น้ำท่วมขังในระยะออกดอกไม่มีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีนอย่างชัดเจน

การให้สภาวะเครียดในระยะติดผลพบว่าการงดน้ำทันทีทำให้มีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นเป็น 57.76 เท่าของต้นที่ได้รับน้ำปกติ และการให้น้ำท่วมขังมีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ 5.53 เท่า (รูปที่ 1) ส่วนการงดน้ำทีละน้อยในระยะติดผลนั้นไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโพรลีนอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากความรุนแรงของความเครียดที่ต้นสตรอเบอรี่ได้รับนั้นไม่มากนัก ตามที่ Bray (1997) ได้กล่าวว่าการตอบสนองของพืชต่อการขาดน้ำจะแตกต่างกันตามระยะเวลาและความรุนแรงของการขาดน้ำขึ้นอยู่กับระยะพัฒนาการของพืชด้วย จะเห็นได้ว่าการให้ต้นสตรอเบอรี่ได้รับสภาวะเครียดจากน้ำในระยะติดผลนี้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีนมากกว่าในระยะออกดอก จากการทดลองของ Clifford *et al.* (1999) ซึ่งรายงานว่าการให้ต้นพุทราพันธุ์ที่ทนแล้งได้รับน้ำน้อยกว่าปกติสามารถสะสมโพรลีนได้มากถึง 35 เท่าของต้นที่ได้รับน้ำปกติ ดังนั้นการงดน้ำในระยะติดผลของสตรอเบอรี่จะตอบสนองโดยการสะสมโพรลีนในใบต่อสภาวะเครียดจากน้ำได้รวดเร็วและมากกว่าในระยะออกดอก อาจกล่าวได้ว่าในระยะติดผลนั้นต้นจึงมีการปรับตัวต่อสภาพการขาดน้ำได้ดีกว่าในระยะออกดอก

การศึกษาคุณภาพภายในผลจากต้นที่อยู่ในสภาพงดน้ำทันทีในระยะติดผลนั้นมีผลทำให้ผลมีความหวานมากขึ้น จากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 11.82 ^{0}บริกซ์ (ตารางที่ 1) ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติและต้นที่ได้รับการงดน้ำในระยะออกดอก ให้ผลสอดคล้องกับการงดน้ำให้ต้นมะเขือเทศในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยให้ผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติถึง 6 เปอร์เซ็นต์ (May and Gonzales, 1997) และดารณี (2532) ได้รายงานไว้เช่นกันว่าการให้น้ำน้อยลงกับต้นสตรอเบอรี่ทำให้ผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นได้

ในการศึกษานี้การเจริญเติบโตของต้นที่ได้รับการงดน้ำและน้ำท่วมขังนั้น ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของใบและขนาดของทรงพุ่มแตกต่างจากต้นที่ได้รับน้ำปกติ อย่างไรก็ตามพืชชนิดอื่นๆ อยู่ในสภาวะการขาดน้ำมักจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง ต้นมีขนาดเล็ก ใบสั้นและแคบกว่าปกติ โดย Hsiao (1995) กล่าวว่าเมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียดจากน้ำในระดับที่รุนแรงแล้ว ใบและทรงพุ่มไม่สมบูรณ์ ส่วนในระดับที่ไม่รุนแรงมากนักจะทำให้ทรงพุ่มเจริญช้าลง ดังนั้นในการทดลองนี้ได้ศึกษาในสภาวะเครียดของน้ำในช่วงระยะเวลา 10 วัน จึงไม่มีผลกระทบต่อต้นสตรอเบอรี่ได้อย่างชัดเจนจากลักษณะภายนอกมากนัก แต่การงดน้ำในระยะ 10 วันนี้พืชแสดงอาการเหี่ยวของใบและหยุดการเจริญเติบโตในระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น หลังจากนั้นเมื่อต้นได้รับน้ำปกติสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ จึงทำให้ลักษณะของใบและขนาดทรงพุ่มในระยะเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับน้ำปกติ

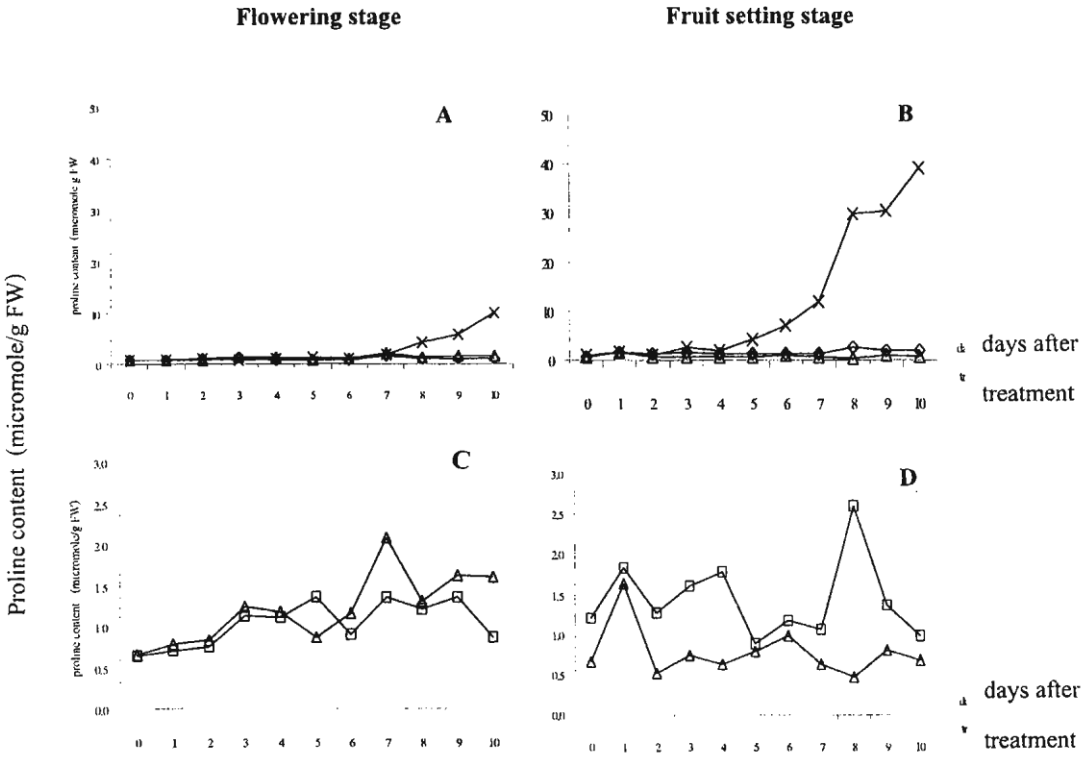


Figure 1 **Change in proline content in leaves under drought (A, B) and waterlogging (C, D) at the flowering (left) and fruit setting (right) stages condition** **Δ = control, X = sudden drought, ◊ = gradual drought, □ = waterlogging**

การให้น้ำท่วมขังกับต้นในระยะติดผลทำให้ปริมาณโพรลีนในใบเพิ่มขึ้นมากกว่าในระยะออกดอกเช่นกัน และลดการติดผลลงเท่ากับ 39.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติที่มีการติดผล 60.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ซึ่งนวรัตน์และราเชนทร์ (2537) รายงานว่าปริมาณโพรลีนที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตในลักษณะตรงกันข้าม กล่าวคือเมื่อมีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นผลผลิต จะมีปริมาณลดลง นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่าการให้น้ำท่วมขังในทั้งสองระยะพัฒนาการมีผลต่อคุณภาพของผลผลิตด้วย จากคุณภาพภายนอกที่วัดจากขนาดผลด้านความกว้างผล ความยาวผล น้ำหนักและปริมาตรของผล และคุณภาพภายในของผลคือ ปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ได้ในเนื้อของผลมีปริมาณน้อยกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติอย่างชัดเจน สอดคล้องกับรายงานของ Musgrave (1994) ที่พบว่าข้าวสาลีที่ได้รับน้ำท่วมขังจะมีการสะสมน้ำหนักของเมล็ดลดลง 37-45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับน้ำปกติ

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของต้นที่อยู่ในสภาพที่ได้รับน้ำท่วมขังของสตรอเบอรี่พบว่าลักษณะของใบ ขนาดทรงพุ่ม และการเจริญของรากให้ผลไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับน้ำปกติมากนัก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการให้ที่น้ำขังเป็นระยะเวลา 10 วัน ต้นสามารถปรับตัวได้หรือดินปลูกมีความร่วนโปร่งจึงไม่แสดงอาการรากขาดออกซิเจนจนเกิดรากเน่าได้ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว เช่นในรายงานของ Lizaso and Ritchie (1996) ได้ทดลองในข้าวโพดที่ได้รับน้ำจนดินอิ่มตัวนาน 10 วันแล้วเปลี่ยนคืนสภาพมาสู่ให้น้ำปกติ พบว่ารากยังสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีอาการที่สังเกตได้ เช่นเดียวกันกับการทดลองในข้าวสาลีพันธุ์ที่ทนต่อน้ำท่วมขังสามารถปรับตัวได้ในสภาวะน้ำท่วมขังโดยมีการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับน้ำปกติมากนัก (Huang *et al.*, 1994) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่ในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าต้นสตรอเบอรี่โดยเฉพาะในพันธุ์พระราชทาน 70 อาจเป็นพืชที่ทนทานต่อน้ำท่วมขังหรือเป็นพืชที่มีการปรับตัวได้ดีพอสมควร

Table 1 Effect of drought at different developmental stages on fruit quality.

treatment	Width (cm)	Weight (g)	Volume (cm^3)	TSS (^{0}brix)	Vitamin C (mg/100g FW)
Control	2.62 ab	8.81 ns	9.72 ab	9.53 bc	61.46 ab
Suddenly drought at flowering stage	2.70 ab	7.50	7.58 ab	7.67 c	56.14 ab
Suddenly drought at fruiting stage	2.18 b	5.93	6.13 b	11.82 a	64.16 a
Gradually drought at flowering stage	3.22 a	11.51	10.90 a	9.77 b	63.78 a
Gradually drought at fruiting stage	2.25 b	5.56	6.50 ab	10.06 ab	54.66 b

Means with the same letter within column are not significant difference at p= 0.05 by least significant difference, ns : not significant

Table 2 Effect of waterlogged at different developmental stags on fruit quality.

Treatment	Fruit set (%)	Width (cm)	Length (cm)	Weight (g)	Volume (cm^3)	Vitamin C (mg/100g FW)
Control	**60.08 a**	**2.91 a**	**3.28 a**	**10.39 a**	**10.93 a**	**46.02 a**
Waterlogged at flowering stage	**75.16 a**	**2.65 b**	**3.07 b**	**8.52 b**	**8.74 b**	**37.09 b**
Waterlogged at fruiting stage	**39.31 b**	**2.56 b**	**2.96 b**	**7.48 b**	**8.25 b**	**34.13 b**

Means with the same letter within column are not significant difference at p= 0.05 by least significant difference, ns : not significant

ผลของสภาวะเครียดจากน้ำต่อต้นสตรอเบอรี่ในสภาพแปลงปลูก

การศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของต้นสตรอเบอรี่ในสภาพแปลงปลูกพบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีนเป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองในกระถางคือ การงดน้ำมีผลทำให้เกิดการสะสมโพรลีนในใบเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะติดผลนั้นต้นมีการสะสมโพรลีนมากกว่าในระยะออกดอกเช่นกัน แต่การตอบสนองจะช้าและน้อยกว่าการทดลองในกระถาง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการได้รับความชื้นในดินจากบริเวณแปลงปลูกทำให้ต้นได้รับสภาวะเครียดไม่รุนแรงเช่นในสภาพกระถาง

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าในสภาพแปลงปลูกต้นสตรอเบอรี่ที่ได้รับสภาวะเครียดจากการงดน้ำและน้ำท่วมขังมีการติดผลมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะติดผลนั้นต้นมีการติดผล 64.65 และ 66.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ ตามที่รายงานในมังคุดที่ได้รับสภาวะการขาดน้ำในช่วงฤดูร้อนระยะหนึ่งสามารถกระตุ้นให้มีการออกดอกได้ (สายัณห์, 2537) การตอบสนองของสตรอเบอรี่ต่อสภาวะเครียดจากน้ำจึงส่งเสริมให้มีการออกดอกติดผลมากขึ้นด้วยเช่นกัน และจากการวิเคราะห์คุณภาพภายในผลพบว่าทั้งการงดน้ำและการให้น้ำท่วมขังช่วยให้ผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติอย่างชัดเจน

สรุปผลการทดลอง

1. การงดน้ำทันทีเป็นระยะเวลา 10 วันทั้งในระยะออกดอกและระยะติดผล ทำให้ต้นที่ปลูกในกระถางมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนในใบเป็น 6.24 และ 57.76 เท่าของต้นที่ได้รับน้ำปกติตามลำดับ และการเปรียบเทียบผลในสภาพแปลงปลูกให้ผลสอดคล้องกันแต่มีการเพิ่มขึ้นช้าและน้อยกว่าสำหรับต้นในระยะติดผลที่ได้รับน้ำท่วมขังในกระถางทำให้การสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ 5.53 เท่า

2. การงดน้ำและให้น้ำท่วมขังมีผลทำให้การเติบโตของต้นจากลักษณะที่ศึกษาไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับน้ำปกติ

3. ต้นสตรอเบอรี่ในระยะติดผลที่ได้รับน้ำท่วมขังมีการติดผลเท่ากับ 39.31 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากต้นที่ได้รับน้ำปกติซึ่งมีการติดผล 60.08 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นที่ปลูกในแปลงมีการติดผลมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการงดน้ำและให้น้ำ

ท่วมขังในระยะติดผลที่มีการติดผล 64.65 และ 66.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ต้นที่ได้รับน้ำปกติมีค่าเท่ากับ 49.21 เปอร์เซ็นต์

4. คุณภาพภายนอกของผลจากต้นที่ได้รับการงดน้ำและน้ำท่วมขังจากการศึกษาลักษณะของความกว้างผล ความยาวผล น้ำหนักและปริมาตรผลไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับน้ำปกติ

5. การศึกษาคุณภาพภายในผลจากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลของต้นที่ได้รับการงดน้ำทันทีในระยะติดผลเท่ากับ 11.82 องศาบริกซ์ ซึ่งมากกว่าผลของต้นที่ได้รับน้ำปกติที่มีค่าเท่ากับ 9.53 องศาบริกซ์ ในขณะที่การให้น้ำท่วมขังไม่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลเปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นการศึกษาเปรียบเทียบในแปลงปลูกทั้งการงดน้ำและให้น้ำท่วมขังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2541. การปลูกสตรอเบอรี่ในประเทศไทย. วารสารสกว. 5: 3-10.

ดารณี เกียรติสกุล. 2532. ผลของปริมาณน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสตรอเบอรี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 70 น.

ถกล บุญหนุน. 2536. สตรอเบอรี่. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 66 น.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ และราเชนทร์ ถิรพร. 2537. ความสัมพันธ์ของการสะสมโพรลีนเนื่องจากสภาวะขาดน้ำและผลผลิตของข้าวโพด.วารสารเกษตรศาสตร์(วิทย.) 28:340-347.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ และสุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์. 2539. อิทธิพลของระยะเวลาในการขาดน้ำต่อปริมาณโพรลีนและคุณภาพของหญ้ากินนี. วารสารเกษตรศาสตร์(วิทย.) 30: 414-418.

สายัณห์ สดุดี. 2537. สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 202 น.

Arnold, I.D. 1949. Copper enzymes on isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgalis*. Plant Physiol. 24: 1-5.

Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bray, E.A. 1997. Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science Review 2: 48-54.

Clifford, S.C., S.K. Arndt, J.E. Corlett, S. Joshi, N. Sankhla, M. Popp and H.G. Jones. 1999. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Zizyphus mauritiana* (Lam.). Hort. Abstr. 69: 130.

Hsiao, T.C. 1995. Growth and productivity of crops in relation to water status. Acta Hort. 335: 137.

Huang, B., J.W. Johnson, S. Nesmith and D.C. Bridge. 1994. Growth, physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. J. Exp. Bot. 45: 193-202.

Lizaso, J.I. and J.T. Ritchie. 1996. Maize shoot and root response to root zone saturation during vegetative growth. Agron. J. 89: 125-134.

May, D.M. and J. Gonzales. 1997. Proper pre-harvest stress increases percent solids when using buries drip irrigation in processing tomatoes. Acta Hort. 449: 321-325.

Musgrave, M.E. 1994. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight winter wheat cultivars. Crop Sci. 34: 1314-1318.

วารสารเกษตร 18 (3) : 210-218 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 210-218 (2002)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสตรอเบอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว

Changes in Preharvest Quality of Strawberry

ภักดี ภักดีจันทร์[1/] และ ดนัย บุณยเกียรติ[1/]

Pukdee Pukdeejun[1/] and Danai Boonyakiat[1/]

Abstract: Studies on changes in physico-chemical properties of strawberry fruits cv. No.50 and No.70 were conducted. Strawberry fruits were analysed at nine developmental stages started from 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34 days after full bloom. The results showed that most of No.50 fruits had necked long conic shape and most of No.70 fruit had conic shape. Skin colour of cv. No.50 and No.70 changed from greenish white to pink and then red while pulp colour changed from white to pink and then red. Seed colour changed from greenish yellow to pink and then red . Seed position was higher than skin in the early stages after full bloom seed then sunk into fruit skin. The trend of total soluble solids reducing sugar and total sugar of No. 50 and No.70 fruit did not changed in the early stages but increased in the later stages of growth and development. Titratable acidity of both varieties increased until 19 days after full bloom and then did not change until 34 days after full bloom. Sucrose content of No.50 increased until 25 days after full bloom. Sucrose content in cv. No.70 was not different during growth and development. Vitamin C content and anthocyanin of both varieties increased at 28 days after full bloom. The firmness of both varieties decreased during growth and development.

[1/] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา คุณสมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 โดยวิเคราะห์ผลสตรอเบอรี่ที่ระยะการเจริญเติบโต 9 ระยะ เริ่มจากวันที่ 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, และวันที่ 34 หลังดอกบานเต็มที่ ผลการทดลองแสดงว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีรูปร่างส่วนใหญ่แบบทรงกรวยยาวมีคอ และในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 พบรูปร่างส่วนใหญ่แบบทรงกรวย สีผิวของผลสตรอเบอรี่ทั้งพันธุ์พระราชทาน 50 และ70 เปลี่ยนจากสีขาวอมเขียว ไปเป็นสีชมพู และสีแดง และสีเนื้อเริ่มพัฒนาจากสีขาวไปเป็นสีชมพู และสีแดง ส่วนสีเมล็ดเปลี่ยนจากสีเหลืองอมเขียว ไปเป็นสีชมพู และสีแดง ตำแหน่งของเมล็ดนูนสูงจากผิวผลในระยะแรก หลังจากนั้นตำแหน่งของเมล็ดมีลักษณะจมต่ำกว่าผิวผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง และปริมาณน้ำตาลรวมของสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงในระยะแรก แต่เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์มีปริมาณเพิ่มขึ้น จนกระทั่งวันที่ 19 จนถึงวันที่ 34 หลังดอกบานเต็มที่ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนกระทั่งวันที่ 25 หลังดอกบานเต็มที่ ส่วนปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลสตรอเบอรี่พันพระราชทาน 70 พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างระยะการเจริญเติบโต วิตามินซีและแอนโธไซยานินของผล สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 เพิ่มขึ้นในวันที่ 28 หลังดอกบานเต็มที่ ส่วนความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์มีค่าลดลงตลอดระยะการเจริญเติบโต

Index words: สตรอเบอรี่ สัณฐานวิทยา คุณภาพของผลก่อนการเก็บเกี่ยว ดัชนีเก็บเกี่ยว
Strawberry, Morphology, Preharvest Fruit Quality ,Harvesting index

คำนำ

สตรอเบอรี่ได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ทำรายได้ดีและมีอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวสั้นกว่าไม้ผลชนิดอื่น ปลูกได้ดีในพื้นที่ทางภาคเหนือที่มีอากาศเย็น เช่น จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย และยังสามารถปลูกได้ดีในสภาพพื้นที่สูงของบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น เพชรบูรณ์ เลย และอุบลราชธานี ภาคกลาง เช่น นครนายก และกาญจนบุรี เป็นต้น พื้นที่ปลูกสตรอเบอรี่ของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมา เนื่องจากการขยายตัวของตลาดทั้งภายใน และภายนอกประเทศ พื้นที่การผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือตอนบน เช่น จังหวัดเชียงใหม่ และ เชียงรายซึ่งมีอากาศเย็นเนื่องจากสตรอเบอรี่มีต้นกำเนิดมาจากเขตอบอุ่นจึงต้องการอุณหภูมิต่ำในช่วงของการพัฒนาตาดอกและติดผล สำหรับการปลูกสตรอเบอรี่ของประเทศไทยพื้นที่การผลิตทั้งประเทศประมาณ 2,600-3,000 ไร่ (ณรงค์ชัย, 2542) ปัญหาสำคัญที่พบ คือ การช้ำและการเน่าเสียในระหว่างการขนส่ง (ประวัติ, 2533) ปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งเกิดจากการเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอรี่ในระยะที่แก่เกินไปทำให้ผิวอ่อนนุ่มมาก ซึ่งการลดความสูญเสียของผลสตรอเบอรี่นั้นทำได้โดยการ คัดเลือกระยะความแก่ที่เหมาะสมกับการใช้งาน (ทองใหม่, 2541) ดังนั้นการทราบดัชนีการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ดัชนีการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่บ่งบอก

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ ทำให้เก็บเกี่ยวได้ในระยะที่ถูกต้อง ผลิตผลมีคุณภาพที่ดี (จริงแท้, 2541) ดัชนีการเก็บเกี่ยวสามารถวัดได้หลายวิธี เช่น วัดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (soluble solids) กรด แป้ง หรือ วัดจากการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ เช่น ความแน่นเนื้อ สีผิว ขนาด รูปร่าง (สายชล, 2528) จากเหตุผลดังกล่าวจึงนำมาสู่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเพื่อใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และใช้เป็นแนวทางในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างถูกต้อง

วิธีการทดลอง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว

นำผลสตรอเบอรี่แต่ละพันธุ์มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี โดยวิเคราะห์ทุก ๆ 3 วัน ตั้งแต่ผลมีอายุหลังดอกบานเต็มที่ได้ 10 วันจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

การบันทึกข้อมูล

1. **การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยา**
   - บันทึกรูปร่างผล ดังนี้ กลมแบน, กลม, กลมปลายแหลม, กรวย, กรวยยาว, กรวยยาวมีคอ, ลิ่มยาว และลิ่มสั้น
   - วัดขนาดผลตามความกว้าง ความยาว และความหนา มีหน่วยเป็นเซนติเมตร
   - บันทึกสีผิว ดังนี้ ขาว, ชมพู, แดงสด, แดงเข้ม, แดงปนส้ม และส้ม
   - บันทึกสีเนื้อ ดังนี้ ขาว, ชมพู, ส้ม, แดงอมส้ม, แดง และแดงเข้ม
   - ลักษณะเนื้อกลางผล (แกนกลาง) ผ่าครึ่งตามยาวแล้วสังเกตเนื้อกลางผลดังนี้ แน่น, ปานกลาง, หลวม และกลวง
   - บันทึกสีของเมล็ด ดังนี้ เขียว, เหลืองอมเขียว, เหลือง, ชมพู, ส้ม, แดง, น้ำตาล และดำ
   - บันทึกตำแหน่งของเมล็ด ดังนี้ นูน, เสมอ และต่ำ (จม)
2. **การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลสตรอเบอรี่**

   2.1 เริ่มวัดตั้งแต่หลังดอกบานเต็มที่ 10 วัน
   - ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand refractometer)
   - ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (Greenfield *et al.*, 1993)
   - ปริมาณวิตามินซี (Ruck, 1956)
   - ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งและน้ำตาลนันรีดิวซิ่ง (ลักขณา และนิธิยา, 2533)
   - ปริมาณแอนโธไซยานิน (Ranganna, 1977)

   2.2 เริ่มวัดตั้งแต่หลังดอกบานเต็มที่ 15 วัน
   - ความแน่นเนื้อโดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Firmness Tester)

ผลการทดลอง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ผลสตรอเบอรี่ทั้งพันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีรูปร่าง 6 แบบ คือ ทรงกลมปลายแหลม ทรงกรวย ทรงกรวยยาว ทรงกรวยยาวมีคอ ทรงลิ่มยาว และทรงลิ่มสั้น พบว่าสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน

50 มีรูปร่างแบบทรงกรวยยาวมีคอมากที่สุด ส่วนผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 พบรูปร่างแบบทรงกรวยมากที่สุด ผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์ มีความกว้าง ความยาว และความหนาของผลเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 10 หลังดอกบานเต็มที่ จนถึงวันที่ 31 หลังดอกบานเต็มที่ และหลังจากนั้นทั้งความกว้าง ความยาว และความหนาของผลมีขนาดคงที่

สีผิวของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีสีขาวอมเขียว ซึ่งปรากฏไปจนถึงวันที่ 25 หลังดอกบานเต็มที่ ต่อมาเริ่มมีสีชมพูเกิดขึ้นที่ด้านปลายผลเล็กน้อยในวันที่ 28 และเมื่อถึงวันที่ 31 ผลสตรอเบอรี่มีผิวสีแดงประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่ 34 ผิวของผลสตรอเบอรี่มีสีแดงเพิ่มขึ้นมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 ในวันที่ 10 มีผิวสีขาวอมเขียว และเริ่มมีสีชมพูเกิดขึ้นในวันที่ 25 และมีสีแดงอมชมพูในวันที่ 28 และมีสีแดง 70-80 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 31 และวันที่ 34 หลังดอกบานเต็มที่ตามลำดับ ส่วนสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 ในวันที่ 10 จนถึงวันที่ 25 สีเนื้อมีสีขาว ต่อมาในวันที่ 28 เนื้อเริ่มมีสีชมพูปรากฏทางด้านปลายผลในวันที่ 31 และวันที่ 34 เนื้อมีสีแดงอมส้มถึงแดงเข้ม เนื้อเยื่อรอบๆ แกนของผลมีสีขาว ส่วนผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 เนื้อมีสีขาวตั้งแต่วันที่ 10 จนถึงวันที่ 25 หลังดอกบานเต็มที่ และเริ่มปรากฏสีชมพูขึ้นภายในผลเล็กน้อยในวันที่ 28 ในวันที่ 31 และวันที่ 34 เนื้อมีสีแดงอมชมพู เนื้อเยื่อรอบๆ แกนของผลมีสีขาว สีของเมล็ดของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 เมล็ดมีสีเหลืองอมเขียว และเขียว จนถึงวันที่ 25 ต่อมาเริ่มปรากฏสีชมพูในวันที่ 28 ในวันที่ 31 และวันที่ 34 เมล็ดที่ปรากฏมีทั้งสีแดงเข้ม สีชมพู และสีเหลืองอมเขียว ส่วนผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 มีเมล็ดสีเหลืองอมเขียว และเขียว จนถึงวันที่ 22 หลังจากนั้นในวันที่ 25 เมล็ดเริ่มปรากฏสีชมพูขึ้นต่อมาในวันที่ 31 และวันที่ 34 หลังดอกบานเต็มที่ สีของเมล็ดที่พบมีทั้งสีแดงเข้ม และสีเหลืองอมเขียว ภายในผลเดียวกัน

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีเนื้อกลางผลแน่น จนกระทั่งถึงวันที่ 28 หลังจากนั้นในวันที่ 31 ความแน่นของเนื้อกลางผลลดลงอยู่ในระดับปานกลาง จนถึงระดับหลวม และในวันที่ 34 ความแน่นของเนื้อกลางผลลดลงอยู่ในระดับหลวมมากขึ้นจนเริ่มกลวง ส่วนในพันธุ์พระราชทาน 70 มีเนื้อกลางผลแน่นจนถึงวันที่ 25 ต่อมาในวันที่ 28 ความแน่นของเนื้อกลางผลเริ่มลดลง อยู่ในระดับปานกลาง จนกระทั่งในวันที่ 34 เนื้อกลางผลมีลักษณะหลวมและเริ่มกลวง

ส่วนตำแหน่งของเมล็ดของผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์ พบว่าตำแหน่งของเมล็ดนูนสูงจากผิวผลตั้งแต่วันที่ 10 จนกระทั่งถึงวันที่ 19 หลังจากนั้นตำแหน่งของเมล็ดมีลักษณะจมต่ำกว่าผิวผลจนถึงวันที่ 34

คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่

1. เริ่มบันทึกหลังดอกบานเต็มที่ 10 วัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 เพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 22 จนถึงวันที่ 31 หลังดอกบานเต็มที่ หลังจากนั้นของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณเท่าเดิม (ตารางที่ 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 มีปริมาณเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 25 จนถึงวันที่ 31 หลังจากนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำไม่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) ในระหว่างวันที่ 10 จนถึงวันที่ 19 พบว่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ลดลงจนเหลือ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 34 (ตารางที่ 1) ส่วนกรดที่ไตเตรทได้ของผล

Table 1 Physico-chemical quality of strawberry fruits cv. No.50.

ays after ull bloom	Firmness (N/mm^2)	Total soluble solids (%)	Titratable acid (%)	Vitamin C (mg/100g)	Anthocyanin (mg/100g)	Reducing sugar (g/100g)	Sucrose (g/100g)	Total sugar (g/100g)
10	-	5.45e	0.26ef	46.17e	1.22c	-	-	-
13	-	5.77d	0.30bc	48.01de	1.15c	-	-	-
16	-	5.83d	0.33ab	49.72cd	1.29c	3.76e	0.73cd	4.49e
19	-	5.84d	0.35a	50.57cd	1.89c	4.05e	0.96b	5.01de
22	-	5.84d	0.31bc	51.44cd	1.26c	4.24e	1.22a	5.47d
25	0.46a	6.03c	0.29cd	52.78c	1.75c	6.40d	1.25a	7.65c
28	0.43a	6.04c	0.27de	50.52cd	2.87c	7.67c	1.15ab	8.82b
31	0.11b	7.13b	0.25ef	61.07b	41.14b	8.91b	0.94b	9.86a
34	0.01c	9.27a	0.23f	66.48a	45.87a	9.48a	0.69d	10.17a
$LSD_{0.05}$	0.06	0.13	0.03	3.45	3.89	0.55	0.21	0.54
C.V.(%)	12.61	1.17	1.99	3.79	20.78	4.93	12.29	4.17

Means in column with different superscripts differ significantly at $P \leq 0.05$

Table 2 Physico-chemical quality of strawberry fruits cv. No.70.

Days after full bloom	Firmness (N/mm^2)	Total soluble solids (%)	Titratable acid (%)	Vitamin C (mg/100g)	Anthocyanin (mg/100g)	Reducing sugar (g/100g)	Sucrose (g/100g)	Total sugar (g/100g)
10	-	5.84d	0.17c	26.64g	1.76d	-	-	-
13	-	5.83d	0.22ab	34.79f	1.80d	-	-	-
16	-	6.02d	0.23ab	43.06e	1.93d	4.07c	0.85	4.93d
19	-	5.93d	0.27a	50.85d	2.35cd	4.47cd	1.02	5.49cd
22	-	6.13d	0.25a	51.06d	2.67cd	4.97c	1.34	6.31c
25	0.48a	7.48c	0.26a	58.11c	4.19c	7.20b	1.30	8.51b
28	0.37b	8.97b	0.26a	59.61c	3.60cd	7.85b	1.09	9.06b
31	0.04c	9.97a	0.24a	65.64b	13.28b	9.49a	1.07	10.56a
34	0c	9.95a	0.19bc	67.88a	27.40a	9.83a	0.88	10.71a
$LSD_{0.05}$	0.07	0.68	0.04	2.19	2.18	0.91	ns	1.08
C.V.(%)	19.12	5.37	3.09	2.50	19.38	7.56	ns	4.82

Means in column with different superscripts differ significantly at $P \leq 0.05$

สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน70กรดที่ไตเตรทได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนกระทั่งวันที่ 19 ซึ่งเป็นวันที่มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงที่สุดคือ 0.27 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นกรดที่ไตเตรทได้มีปริมาณคงที่ (ตารางที่ 2) ปริมาณวิตามินซีในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 16 หลังจากนั้นปริมาณวิตามินซีคงที่จนถึงในวันที่ 28 ต่อมาปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 31 และ 34 ปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 61.07 และ 66.48 มก./100 ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นจาก26.64 มก./100 ก.น้ำหนักสด ในวันที่ 10 มาเป็น 67.88 มก./100 ก.น้ำหนักสด ในวันที่ 34 (ตารางที่ 2) ปริมาณแอนโธไซยานินของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ พระราชทาน 50 คงที่จนถึงวันที่ 28 หลังจากนั้นปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ตารางที่ 1) ในส่วนของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน70 ปริมาณแอนโธไซยานินมีปริมาณคงที่ตั้งแต่วันที่ 10 จนถึงวันที่ 22 หลังจากนั้นปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนถึงวันที่ 28 ต่อมาปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 31 และวันที่ 34 (ตารางที่) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของผล สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 คงที่ในระยะแรก แล้วเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 25 โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งที่สูงสุด เท่ากับ 9.48 ก./100 ก. น้ำหนักสด ซึ่งพบในวันที่ 34 (ตารางที่ 1) ส่วนผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งคงที่ ในระหว่างวันที่ 16 จนถึงวันที่ 22 หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันที่ 34 พบปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งสูงสุด เท่ากับ 9.83 ก./100 ก.น้ำหนักสด (ตารางที่ 2) ปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระ - ราชทาน 50 เพิ่มขึ้น จนถึงวันที่ 22 หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลซูโครสคงที่ จนกระทั่งวันที่ 34 ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงเหลือ 0.69 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 1) ส่วนปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระหว่างระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ (ตารางที่ 2) ปริมาณน้ำตาลรวมของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 ในวันที่ 16 จนถึงวันที่ 22 มีปริมาณคงที่ หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มสูงขึ้น จนถึงวันที่ 34 มีปริมาณน้ำตาลรวม เท่ากับ 10.17 ก./100 ก. น้ำหนักสด (ตารางที่ 1) ปริมาณน้ำตาลรวมของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 มีปริมาณคงที่ จนถึงวันที่ 22 หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มขึ้น เป็น 10.71 ก./ 100 ก.น้ำหนักสด ในวันที่ 34 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงที่สุด (ตารางที่ 2)

2. เริ่มบันทึกหลังดอกบานเต็มที่ 15 วัน

ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีค่ามากกว่า 1.00 กิโลกรัม จนถึงวันที่ 22 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่เริ่มวัดได้ในวันที่ 25 มีค่าเท่ากับ 0.46 นิวตัน/ตร.มม. ซึ่งต่อมาความแน่นเนื้อมีค่าลดลงเป็น 0.43 ,0.11 และ 0.01 นิวตัน/ตร.มม. ในวันที่ 28 วันที่ 31 และวันที่ 34 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 ซึ่งสามารถวัดค่าได้ในวันที่ 25 หลังดอกบานเต็มที่เช่นกัน มีค่าเท่ากับ 0.48 นิวตัน/ตร.มม. หลังจากนั้นความแน่นเนื้อลดลงเป็น 0.37 และ 0.04 นิวตัน/ตร.มม. ในวันที่ 28 และวันที่ 31 ตามลำดับ หลังจากนั้นในวันที่ 34 ความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 0 นิวตัน/ตร.มม. (ตารางที่ 2)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 มีรูปร่างแบบทรงกรวยยาวมีคอมากที่สุด ส่วนรูปร่างแบบอื่นๆ พบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 พบรูปร่างแบบทรงกรวยมากที่สุด เปอร์เซ็นต์ที่พบมีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 มีรูปร่างค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับสมคิด (2544) รายงานว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 ช่วงต้นฤดูมีรูปร่างแบบลิ่มยาว แต่ช่วงปลายฤดูมีรูปร่างแบบกรวยยาวมีคอ และผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 มีรูปร่างแบบทรงกรวยสม่ำเสมอตลอดฤดู

ผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงของสีผิว โดยเริ่มจากสีขาวอมเขียว เปลี่ยนเป็นสีแดง ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์ เริ่มจากสีขาวเปลี่ยนเป็นสีแดง และการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดเริ่มจากสีเหลืองอมเขียวไปเป็นสีแดง ซึ่งการเปลี่ยนสีนี้สอดคล้องกับการปริมาณแอนโธไซยานินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้ปริมาณแอนโธไซยานินมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 28 ซึ่งในวันที่ 28 สีผิว สีเนื้อ และสีเมล็ด เริ่มปรากฏสีชมพูขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Montero.*et al* (1996) รายงานว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler มีปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นในระยะพัฒนาและการสุก และมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 35 นับจากติดผล Avigdori-Avidov (1986) และ Manning (1993) รายงานว่าในช่วงระหว่าง 28 ถึง 35 วันหลังกลีบดอกร่วงผลเริ่มสังเคราะห์แอนโธไซยานินพร้อมกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เมื่อผลสตรอเบอรี่อายุมากขึ้น มีการสังเคราะห์แอนโธไซยานินที่ผิวมากขึ้น ความแน่นเนื้อของผลลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 31 และในวันที่ 34 การลดลงของความแน่นเนื้อเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคติน เพคตินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์โดยอยู่ในส่วนที่เรียกว่ามิดเดิ้ลลาเมลล่า ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ให้ติดกัน สารประกอบเพคตินที่อยู่ในผนังเซลล์ของผลไม้ดิบอยู่ในรูปของโปรโตเพคตินซึ่งละลายน้ำไม่ได้ แต่เมื่อผลไม้สุกโปรโตเพคตินถูกสลายกลายเป็นเพคตินและกรดเพคติคซึ่งละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงของเพคตินทำให้มิดเดิ้ลลาเมลล่าสลายตัว ส่งผลให้เซลล์สูญเสียความสามารถในการเกาะติดกัน ทำให้ผลนิ่มลง (ดนัย, 2540)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีปริมาณคงที่ในวันที่ 10 จนถึงวันที่ 16 และหลังจากวันที่ 25 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก (ดนัย และนิธิยา, 2535) ดังนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จึงสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาล สอดคล้องกับ Spayd and Morris (1981) รายงานว่า ในผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Cardinal และ พันธุ์ A-5344 ยิ่งมีความแก่มากขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มขึ้น ในสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 35 นับจากเริ่มติดผลหลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง การที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้นนี้ส่งผลให้ผลสตรอเบอรี่มีรสชาติหวานขึ้น (Montero *et al.*, 1996) Forney and Breen (1986) รายงานว่าในผลสตรอเบอรี่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสในระดับต่ำในช่วงระหว่าง 18 ถึง 25 วันหลังการผสมของดอก และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะเปลี่ยนสี และปริมาณลดลงในช่วงผลสุกเต็มที่ และยังพบว่าน้ำตาลซูโครสไม่ถูกดูดซึมเข้า ชั้นอะโพพลาสต์ แต่ถูกไฮโดรไลซิสในช่องว่างก่อนการดูดซึม ดังนั้นผลสุกจึงมีการ

สะสมของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสมากกว่าน้ำตาลซูโครส

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างวันที่ 10 จนถึงวันที่ 19 แต่หลังจากนั้นปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีปริมาณคงที่และลดลงในวันที่ 34 Spayd and Morris (1981) รายงานว่าปริมาณกรดมีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีปริมาณมากที่สุดในช่วง mature green และลดลงในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการสุก การลดลงของปริมาณกรดในระหว่างการสุกนั้น อาจเนื่องจากปริมาณกรดถูกนำไปใช้ในการหายใจ (ดนัย, 2540)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 นั้น พบว่าปริมาณวิตามินซีคงที่ ในระหว่างวันที่ 10 จนถึงวันที่ 28 หลังดอกบานเต็มที่ หลังจากนั้นปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น Montero *et al* (1996) รายงานว่าในระยะการพัฒนาของผลสตรอเบอรี่มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มมากขึ้น และปริมาณจะลดลงเมื่อผลสุกงอม Beatriz *et al* (2002) รายงานว่าในผลสตรอเบอรี่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกรวมเพิ่มขึ้นจากระยะเริ่มแรกของการพัฒนาจนถึงระยะแก่เต็มที่ ซึ่งมีปริมาณแตกต่างไปในแต่ละพันธุ์

สรุปผลการทดลอง

1.ผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ตั้งแต่วันที่ 10 จนถึงวันที่ 31 หลังดอกบานเต็มที่ หลังจากนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 เริ่มปรากฏสีชมพูที่ผิวในวันที่ 28 หลังดอกบานเต็มที่ และผล สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 เริ่มปรากฏสีชมพูที่ผิวในวันที่ 25 หลังดอกบานเต็มที่

3.ควรเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์หลังวันที่ 28 แต่ไม่เกินวันที่ 31 หลังดอกบานเต็มที่

4.กิจกรรมของเอนไซม์เอกซ์โซโพลีกาแลคตูโรเนสไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกของผลสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 . สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 น.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2543. สตรอเบอรี่ : พืชเศรษฐกิจใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 158 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 น.

ดนัย บุณยเกียรติและนิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 142 น.

ทองใหม่ แพทย์ไชโย. 2541. คุณภาพทางกายภาพและเคมีหลังการเก็บเกี่ยวของสตรอเบอรี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 113 น.

ประวัติ ตันบุญเอก. 2533. การเตรียมสตรอเบอรี่เพื่อตลาดต่างประเทศ. หนังสือพิมพ์กสิกร 6 (1) : 29-31.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2533. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 270 น.

สมคิด ใจตรง. 2544. คุณภาพผลและผลของแสงต่อการพัฒนาสีของสตรอเบอรี่หลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 88 น.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 364 น.

Avigdori-Avidov, H. 1986. Strawberry. P. 419-448. *In* Monelise, S.P. (ed.). Handbook of Fruit Set and Development. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

Beatriz R.C., J.R.O. Nascimento, M.I. Genovese and F.M. Lajolo. 2002. Influence of Cultivar on Quality Parameters and Chemical Composition of Strawberry Fruits Grown in Brazil. J. Agric. Food Chem. 50 : 2581-2586.

Forney, C.F. and P.j. Breen. 1986. Sugar content and uptake in strawberry fruit. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 111 (2) : 241-247.

Greenfield, H., G.I. Hutchison, J. Arcot and R.B.H. Wills. 1993. Laboratory Instruction Manual for Food Composition Studies. Department of Food Science and Technology, University of New South Wales. 54 p.

Manning, K. 1993. Soft Fruit. p. 347-384. *In* Seymour, G.B., J.E. Yalor and G.A. Tucker.(eds.) Biochemistry of Fruits Ripening. Chapman&Hall, London.

Montero, M.T., M.E. Moll'a, M.R. Esteban and J.F. Lo'pez-Andr'eu. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. Scientia Hort. 65 : 239-250

Ranganna, S. 1977. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. Tats McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 634 p.

Ruck, J.A. 1956. Chemical Methods for Analysis of Fruit and Vegetable Product. Research Station Summerland, British Columbia. 25 p.

Spayd, S.E. and J.R. Morris, 1981. Physical and chemical characteristicsof puree from one-over harvested strawberries. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106 : 101-105.

วารสารเกษตร 18 (3) : 219-228 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 219-228 (2002)

อิทธิพลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน

Influence of Nitrogen Fertilizer Application Methods on Rice Yield and Changes in Soil Ammonium and Nitrate

วีณา นิลวงศ์[1/] และ ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา[1/]

Weena Nilawonk [1/] and Paibool Wivutvongvana[1/]

Abstract: The study consisted of two experiments conducted concurrently at the Multiple Cropping Center (MCC) and Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center (MH) Faculty of Agriculture, Chiang Mai University during 2001-2002.The objectives were to examine the influence of N-fertilizer split-application (a total rate of 20 kg N rai^{-1}) on yield of paddy rice, Klong Laung 1 cultivar. Changes in soil NH_4^+ and NO_3^- in each fertilizer treatment were also investigated.

Results indicated that rice yields obtained from MH experimental plots which had relatively high organic matter and total N contents , were not statistically different among fertilizer treatments. On the other hand, at the MCC plots with considerably low organic matter and total N, the three equal split-applications of nitrogen resulted in the highest grain yield.

At both MH and MCC experimental plots, concentrations of NH_4^+ and NO_3^- in surface and subsoils tended to decrease 1-3 months after rice planting for all treatments. Particularly, the NO_3^- concentration decreased rapidly t almost 0 mg N. kg^{-1} within the first month (submerged conditon). Upon drainage, however, both NH_4^+ and NO_3^- in the soil tended to increase 1-2 months after rice harvesting. Considering the very low NH_4^+ (0.03-3.42 mg N. kg^{-1}) and NO_3^- (0.00-1.94 mg N. kg^{-1}) concentrations noted in the surface water and subsoil, the application methods and N-fertilizer rate used in the experiment were unlikely to have any adverse effect on the environment.

[1/] ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Soil science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาประกอบด้วยสองการทดลอง กระทำพร้อมกันที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (MCC) และที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ (MH) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่าง พ.ศ.2544-2545 วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (split-application) (อัตรา 20 กก. ไนโตรเจน ต่อไร่) ต่อผลผลิตของข้าวนาดำพันธุ์คลองหลวง 1 ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินชั้นบน (0-20 ซม.) และชั้นล่าง (30-70 ซม.) จากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยดังกล่าว

ผลการทดลองพบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ กันที่แปลงทดลอง MH ซึ่งมีอินทรียวัตถุและ total N ในดินค่อนข้างสูง ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ในแปลงทดลองที่ MCC ซึ่งมีอินทรียวัตถุและ total N ในดินต่ำ พบว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยครั้งละเท่าๆกัน 3 ครั้ง คือ ก่อนการปักดำ และ 3 และ 6 สัปดาห์หลังการย้ายกล้าทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด

ทั้งในแปลงทดลองของ MH และ MCC ในทุกกรรมวิธีของการใส่ปุ๋ย ความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินชั้นบนและชั้นล่างมีแนวโน้มลดลงในช่วง 1-3 เดือนหลังจากการปักดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้มข้นของ NO_3 ลดลงอย่างรวดเร็วถึงใกล้ 0 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. ภายในเดือนแรกหลังการปักดำ (สภาพน้ำขัง) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการระบายน้ำออก ความเข้มข้นของทั้ง NH_4^+ และ NO_3^- มีแนวโน้มสูงขึ้น 1-2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อคำนึงถึงความเข้มข้นที่ต่ำมากของ NH_4^+ (0.03-3.42 มก. ไนโตรเจนต่อ กก.) และ NO_3^- (0.00-1.94 มก. ไนโตรเจนต่อ กก.) ทั้งในน้ำเหนือผิวดินและในดินชั้นล่าง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกรรมวิธีต่างๆตามอัตราที่ใช้ในการทดลอง ไม่น่าจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

Index words: ปุ๋ยไนโตรเจน อิทธิพล ผลผลิตข้าว แอมโมเนีย21 ไนเตรต
Fertilizer, Nitrogen, Rice yield, Ammonium, Nitrate

คำนำ

พืชรวมทั้งข้าวดูดใช้ไนโตรเจนจากสารละลายดินทั้งในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ความเข้มข้นของไนเตรตและแอมโมเนียมทั้งที่อยู่ในสารละลายและดูดซับอยู่บนอนุภาคดินที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable) มักใช้เป็นดัชนีที่สำคัญอันหนึ่งในการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (Sim, 2000) อย่างไรก็ตามปริมาณของไนโตรเจนในรูปดังกล่าวมักจะผันแปรและเปลี่ยนแปลงได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่ปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง

ในการปลูกข้าวสภาพน้ำขัง การเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+/NO_3^- และการสูญเสียของไนโตรเจนส่วนใหญ่มักเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการที่เกิดควบคู่กันของ nitrification และ denitrification (Inko *et al.*, 1998) โดย NH_4^+ จะถูก nitrified ไปเป็น NO_3^- ในชั้น oxidized layer ที่ผิวดินและบริเวณรากข้าวซึ่งมีก๊าซออกซิเจนอยู่พอเพียง (Patrick and Reddy 1976;De Datta, 1981) ส่วน NO_3^- จะถูก denitrified ไปเป็นก๊าซ N_2O หรือ N_2 ในชั้น reduced layer ซึ่งอยู่ชั้นล่างถัดลงมาจากชั้น oxidized layer การสูญเสียของไนโตรเจนในรูปของก๊าซนี้มีปริมาณมากถึง 30 - 40 % ของปุ๋ยที่ใส่ให้กับต้นข้าว (De Datta, 1981) การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยในนาข้าว ในทางปฏิบัติมักใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป NH_4^+ ในปริมาณที่พอเหมาะต่อความต้องการของข้าวในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต ทั้งนี้พืช

จะดูดใช้ปุ๋ยดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณของ NH_4^+ ที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- และสูญเสียไปโดยกระบวนการ denitrification ลดลง นอกจากนั้นยังจะช่วยลดการสูญเสียของไนโตรเจนโดยการถูกชะล้างลงสู่ส่วนล่างของดิน มีผลทำให้ลดการปนเปื้อนของไนโตรเจนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของงานทดลองในครั้งนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโตต่อผลผลิตของข้าวนาดำ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มการถูกชะล้างของ NH_4^+ และ NO_3^- ลงสู่ดินชั้นล่าง ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ย และลดการปนเปื้อนของไนโตรเจนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง "การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดินที่มีส่วนสัมพันธ์กับการผลิตข้าว" ในการทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการศึกษาได้ทำการทดลองพร้อมกันสองแห่ง ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (MCC) และสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ (MH) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูนาปี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2544 – มกราคม 2545 โดยใช้พันธุ์ข้าวหอมคลองหลวง 1 การทดลองประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต (20%N) 6 กรรมวิธี (Treatments) ในแผนการทดลองแบบ randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ โดยในแต่ละกรรมวิธีจะมีอัตรารวมของปุ๋ยเท่ากันคือ 20 กก. ไนโตรเจน ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยทั้ง 6 กรรมวิธี ได้แก่ :

- กรรมวิธีที่ 1 ใส่ 1 ครั้ง หลังการปักดำ 3 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 2 แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันโดยใส่หลังการปักดำ 2 และ 6 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 3 แบ่งเป็น2 ส่วนเท่าๆกันโดยใส่รองพื้นก่อนการปักดำและหลังการปักดำ 6 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 4 แบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆกันโดยใส่รองพื้นก่อนการปักดำและหลังการปักดำ 3 และ 6สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 5 ไม่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (control)
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่ปลูกข้าวและไม่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (blank)

ส่วนปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต(46%P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K_2O) ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนการปักดำในอัตรา 8 กก. P ต่อไร่ และ 6 กก.K ต่อไร่ ตามลำดับ โดยใส่เท่ากันทุกกรรมวิธี ก่อนการปักดำและการใส่ปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินชั้นบน (0-20 ซม.) เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทั่วไปทางเคมี ส่วนการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียม-ไนเตรตในดินได้ทำการศึกษาที่ระดับความลึก 2 ระดับ คือ 0-20 ซม. (rooting zone) และ 60 –70 ซม. (accumulated leaching zone) แต่เนื่องจากที่ระดับ 60-70ซม.ในแปลงทดลอง MH มีลักษณะดินเป็นทรายปนกรวดซึ่งยากในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ จึงทำการเก็บที่ระดับความลึก 30-50 ซม. ตัวอย่างดินดังกล่าวเก็บเดือนละครั้งรวมทั้งหมด 6 ครั้ง ตั้งแต่ก่อนเริ่มการปักดำจนถึงฤดูการเก็บเกี่ยว ตัวอย่างดินที่เก็บแต่ละ

ครั้งจากแปลงทดลองได้นำมาวิเคราะห์ทันที โดยทำการสกัดด้วยสารละลาย 2 M KCl ในอัตราส่วนน้ำหนักดินเปียกต่อ 2 M KCl เท่ากับ 1 ต่อ 10 แล้วตามด้วย steam distillation ที่เสนอโดย Malvaney (1996) ในการเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งได้เก็บตัวอย่างน้ำแต่ละแปลงเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ NH_4^+/NO_3^- โดยวิธี steam distillation ดังกล่าวควบคู่ไปด้วย

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินชั้นบน (0-20 ซม.) ที่แปลงทดลอง MCC และ MH ก่อนการปักดำและก่อนการใส่ปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

อิทธิพลของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าว

ผลผลิตเมล็ดข้าวในแต่ละกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้รับจากแปลงทดลอง MH ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 2) กรรมวิธีที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด (959.5 กก.ต่อไร่) คือ กรรมวิธีที่มีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้งๆละเท่ากัน โดยใส่รองพื้นและแต่งหน้าในสัปดาห์ที่ 6 หลังการปักดำ สำหรับในแปลงทดลอง MCC พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยกรรมวิธีที่ 1-4 ไม่ทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (control) ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวลดลงอย่างเด่นชัด(486.9 กก.ต่อไร่) กรรมวิธีที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด (830 กก.ต่อไร่) คือ กรรมวิธีที่มีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ครั้งๆละเท่ากัน โดยใส่รองพื้นก่อนการปักดำ และแต่งหน้าในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 หลังการปักดำ อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยในทุกกรรมวิธีของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้รับจากแปลงทดลอง MH มีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ได้รับจาก MCC ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินที่แปลง MH มี pH และอินทรีย์วัตถุที่สูงกว่า (ตารางที่ 1)

อิทธิพลของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน

การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมในดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม.

จากการศึกษาพบว่าก่อนการปักดำในแปลงทดลอง MH (ภาพที่ 1a) ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. อยู่ในช่วง 9.44-11.31 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. ส่วนหลังการปักดำ 1 เดือน กรรมวิธีที่ 2-5 มีความเข้มข้นของ NH_4^+-N ลดลงมาอยู่ในช่วง 3.77-7.00 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. แต่ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในกรรมวิธีที่ 1 และ 6 เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าในกรรมวิธีที่ 1 มีการเก็บตัวอย่างดินหลังการใส่ปุ๋ยเพียง 10 วันในอัตราที่สูง (20 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) ทำให้มีการสะสมของของ NH_4^+-N ที่พืชยังไม่ได้ดูดไปใช้มากกว่าในกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนกรรมวิธีที่ 6 นั้นไม่มีการปลูกข้าวจึงมีการสะสมของ NH_4^+-N อยู่ในชั้นดิน หลังการปักดำ 2-3 เดือน ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในทุกกรรมวิธีที่ปลูกข้าวจะลดลง การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ NH_4^+-N ในดินในช่วง 3 เดือนแรกหลังปักดำ มีแนวโน้มค่อยๆลดลงในทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกข้าวเนื่องจากว่า การเจริญเติบโตของข้าวอยู่ในช่วง vegetative growth – reproductive phase ต้นข้าวจะมีการดูดไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมไว้ในลำต้นมากที่สุดในช่วงดังกล่าว ในระยะนี้จะมีการสะสมไนโตรเจนที่ใบสูงสุดโดย 70% จะสะสมที่ใบธงมากที่สุด (Norman *et al.*, 1992) ในช่วง 2-3 เดือนหลังการปักดำ ซึ่งอยู่ในระยะ reproductive phase ข้าวจะได้รับไนโตรเจน

ในระหว่างการสร้างและพัฒนาเมล็ดจากการดูดใช้ไนโตรเจนจากดิน 14 % และอีก 86 % ข้าวจะดูดไนโตรเจนจากต้นและใบซึ่งสะสมไว้ในระยะแรก (vegetative growth) โดยได้จากแผ่นใบ 58 % และกาบใบ 28 % (Mae , 1986) สำหรับระยะสร้างรวงอ่อนนั้นจะมีการสะสมไนโตรเจนที่ดูดใช้จากดินโดยสะสมไว้ที่ใบ 50% ของไนโตรเจนทั้งหมด (Mikkelson *et al.*, 1995)

จากการศึกษาความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในดินหลังการเก็บเกี่ยว (4-5 เดือนหลังการปักดำ) พบว่าปริมาณของ NH_4^+-N ในดินเพิ่มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกข้าว แสดงให้เห็นว่าหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปแล้ว จะมีการสะสมของ NH_4^+-N ในดิน สำหรับกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกข้าวพบว่าความเข้มข้นของ NH_4^+-N มีแนวโน้มคงที่

ในแปลงทดลอง MCC (ภาพที่ 1b) พบว่าการเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการปักดำ ในทุกกรรมวิธีมีความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในดินอยู่ในช่วง 3.75-6.35 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. หลังการปักดำ 1 เดือนมีแนวโน้มลดลง และหลังการปักดำได้ 3 เดือนความเข้มข้นของ NH_4^+-N ลดลงต่ำสุด ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ MHในช่วง 1-2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (4-5 เดือนหลังการปักดำ) ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกข้าวจะมีปริมาณคงที่และค่อยๆลดลงในช่วง 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งในช่วง 2 เดือนดังกล่าวความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในทุกกรรมวิธีลดลง ให้ผลที่แตกต่างไปจากที่ได้รับจากการทดลองที่ MH ทั้งนี้เนื่องจากแปลงทดลองที่ MCC มีวัชพืชเจริญเติบโตมากหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (มีการระบายน้ำออก) ทำให้มีการดูดใช้ไนโตรเจนไปจากดินในปริมาณที่สูง

การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมในดินที่ระดับความลึก 30-50 และ 50-70 ซม.

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ NH_4^+ -N ในแปลงทดลองที่ MH (ภาพที่ 1c) ที่ระดับความลึก 30-50 ซม.ในช่วงระยะเวลาต่างๆ พบว่าทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกข้าวความเข้มข้นของ NH_4^+-N ค่อยๆลดลงจนถึงเดือนที่ 3 หลังการปักดำซึ่งมีความเข้มข้นของ NH_4^+-N ต่ำสุด ส่วนหลังการเก็บเกี่ยวความเข้มข้นของ NH_4^+ -N ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกข้าวนั้นความเข้มข้นของ NH_4^+-N ค่อนข้างคงที่

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ -N ที่ระดับความลึก 50-70 ซม. ที่แปลงทดลองMCC (ภาพที่1d) พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับการทดลองที่ MH

การเปลี่ยนแปลงไนเตรตในดินที่ระดับความลึก 0-20 30-50 และ 50-70 ซม.

จากการวิเคราะห์ NO_3^- -N ในดินที่ระดับความลึก 0-20 และ30-50 ซม.ในแปลงทดลองที่ MH และ 50-70 ซม. ที่ MCC (ภาพที่ 2) พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะใกล้เคียงกันคือหลังการปักดำ (ขังน้ำ) ปริมาณ NO_3^- -N มีความเข้มข้นน้อยมากในดิน โดยทุกกรรมวิธีลดลงมาอยู่ใกล้ศูนย์ภายในเดือนแรกและตลอดระยะเวลาการขังน้ำ และเมื่อมีการระบายน้ำออกในช่วง 1-2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าปริมาณของ NO_3^- -N มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในทุกกรรมวิธีการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ (NH_4^++NO_3^-)-N พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในดินจากทุก

กรรมวิธีการทดลองในแปลง MH มีแนวโน้มสูงกว่าใน MCC ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าดินในแปลง MH ที่ระดับความลึก 0-20 ซม .มีปริมาณอินทรียวัตถุและ total N สูงกว่าใน MCC (ตารางที่ 1) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Mitsushi (1974) และ ทัศนีย์ (2543) ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าในดินที่มีไนโตรเจนสูงจะมีการสะสม NH_4^+ ได้เร็วและมีค่าสูงกว่าดินที่มีไนโตรเจนต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินทรายที่มีอินทรียวัตถุสูง ดังเช่นในกรณีของดินในแปลงทดลอง MH ซึ่งมีอินทรียวัตถุและไนโตรเจนสูงกว่าที่ MCC จะมีการสะสมของ NH_4^+ ในสารละลายดินสูง ส่งผลให้มีแนวโน้มการสะสมของ NH_4^+ ในดินชั้นล่างอันเนื่องจากการชะล้าง (Pattrick and Reddy, 1976) สูงกว่าที่ MCC ซึ่งมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนร่วน ในส่วนของ NO_3^- พบว่ามีปริมาณน้อยมากในดินเมื่อเทียบกับปริมาณของ NH_4^+ เนื่องจากดินที่ปลูกข้าวในเขตร้อนจะมีการสูญเสีย NO_3^- อย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วันหลังการขังน้ำ อันเนื่องจากกระบวนการ denitrification (Ponnamperuma , 1978)

Table 1 Chemical analyses of surface soil samples (0-20 cm depth) taken from MH and MCC experimental plots.

Location	pH[1/]	OM[2/]	Total N[3/]	P[4/]	K[5/]	Ca[5/]	Mg[5/]
		g. 100 g^{-1}	g. 100 g^{-1}	mg. kg^{-1}	mg. kg^{-1}	mg. kg^{-1}	mg. kg^{-1}
MCC	4.56	0.636	0.043	59.97	39.5	414.6	38.1
MH	5.72	0.962	0.060	5.18	39.5	414.6	61.3

[1/] Soil : H_2O = 1 : 1 [2/] Walkley&Black method [3/] Kjedahl method
[4/] Bray II method [5/] 1 M NH_4OAc, pH 7.0 extraction

Table 2 Influence of nitrogen fertilizer treatments on rice grain yields obtained from MH and MCC experimental plots.

Treatment	Total rate of 20 kg N rai^{-1}				Grain yield (kg rai^{-1})*	
	BT	2 weeks AT	3 weeks AT	6 weeks AT	MCC	MH[NS]
1	0	0	1	0	698.3a	856.5
2	0	1/2	0	1/2	761.3a	954.3
3	1/2	0	0	1/2	741.9a	959.5
4	1/3	0	1/3	1/3	830.0a	901.9
5 (control)	0	0	0	0	486.9b	905.6
6 (blank)	0	0	0	0	-	-
average					630.3	915.6

* mean yields with the same letter are not significantly different at probability level ≤ 0.05

NS = non-significant

BT= before transplanting ; AT= afer transplanting

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์และพิจารณาปริมาณของ NH_4^+ และ NO_3^- ทั้งในดินชั้นบนและระดับความลึก 30-70ซม.ในแต่ละกรรมวิธีของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตของข้าวทั้งที่ MH และ MCC พบว่ามีปริมาณที่ต่ำมาก โดยเฉลี่ยความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ในช่วง0.03-3.42 และ 0.00-1.94 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. ตามลำดับ (Fig. 1 และ 2) นอกจากนั้นปริมาณของไนโตรเจนในรูปดังกล่าวที่อยู่ในน้ำเหนือผิวดินที่วิเคราะห์ได้ก็ต่ำมากจนถือว่าเป็นศูนย์ ดังนั้นอัตราของปุ๋ยและกรรมวิธีต่างๆของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ในการทดลอง ไม่น่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

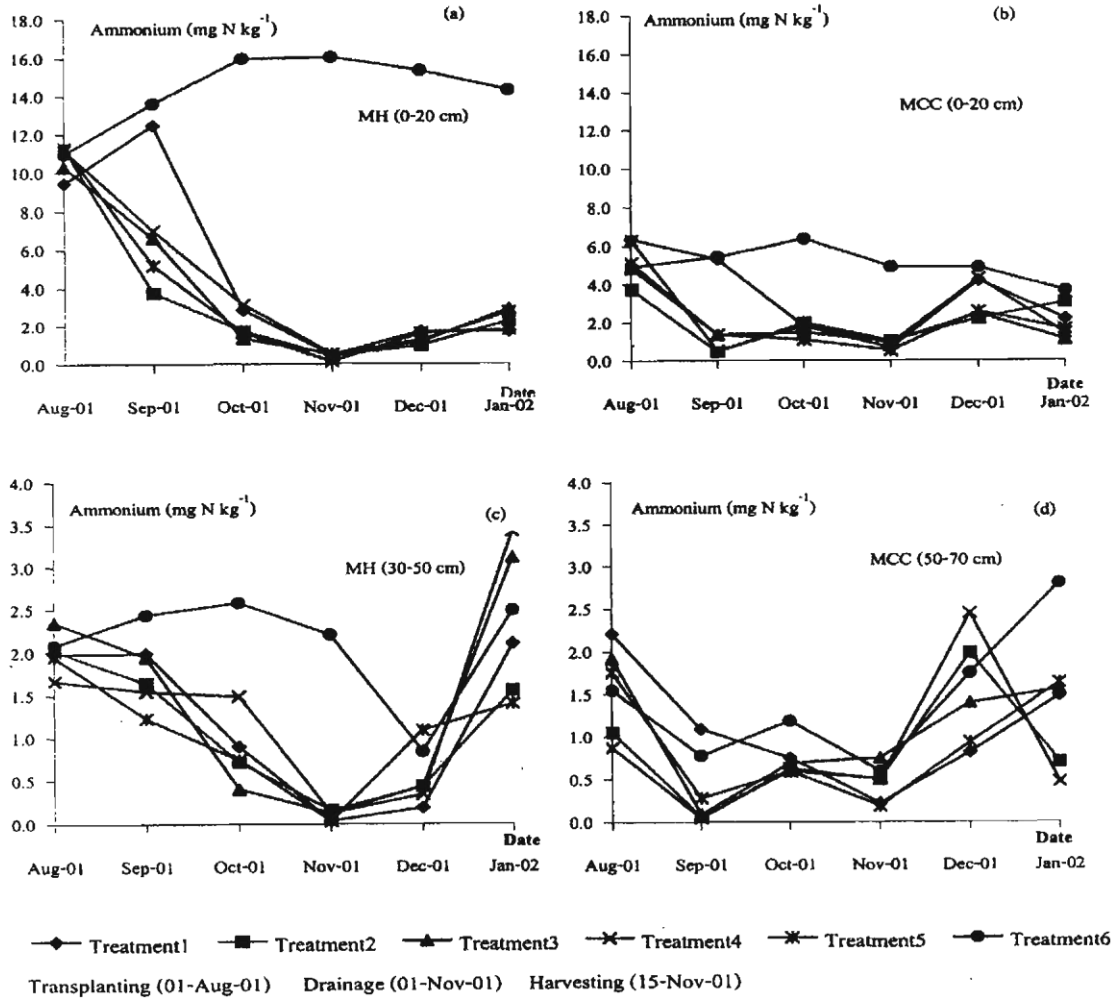


Figure 1 Changes in ammonium concentrations at different soil depths as influenced by nitrogen fertilizer treatments at MH and MCC experimental plots.

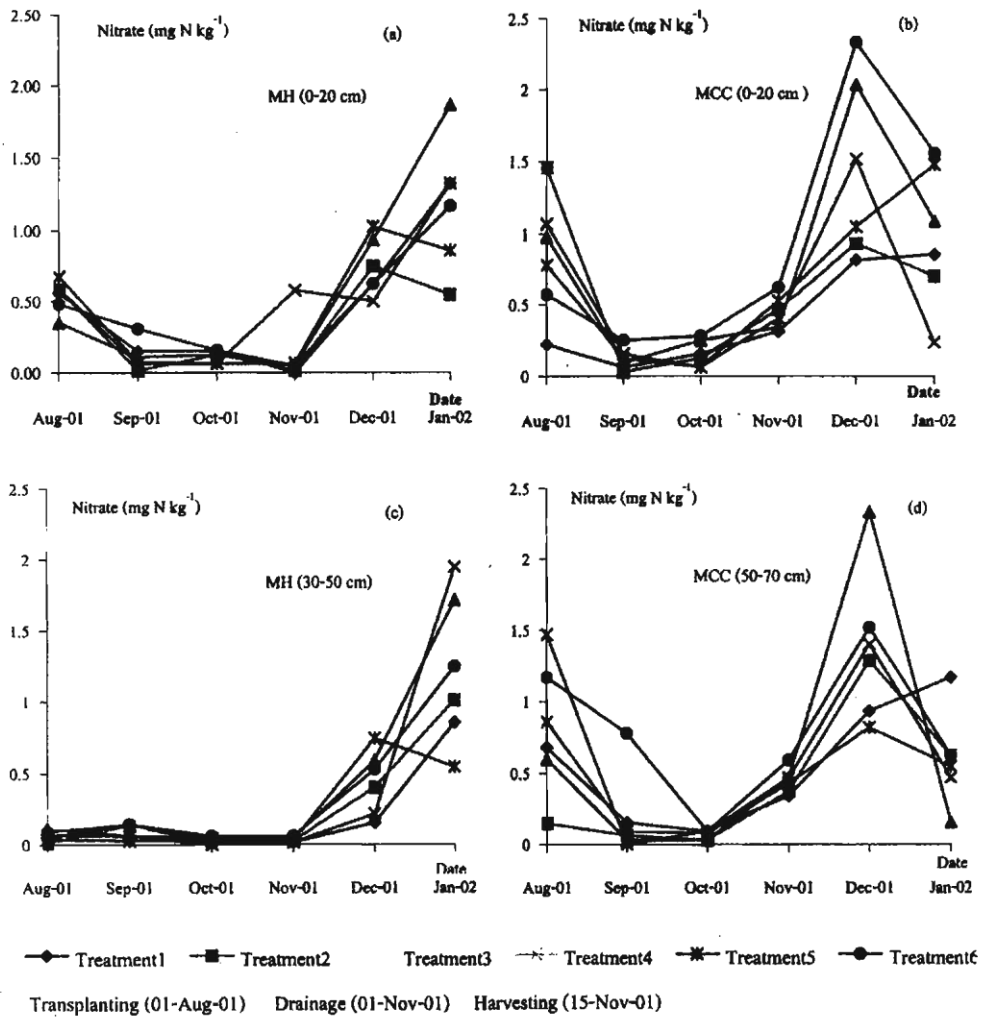


Figure 2 **Changes in nitrate concentrations at different soil depths as influenced by nitrogen fertilizer treatments at MH and MCC experimental plots.**

สรุปผลการทดลอง

กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะเวลาต่างๆที่ใช้ในการทดลอง ไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตเมล็ดข้าวในดินที่มีอินทรียวัตถุและ total N ค่อนข้างสูง (MH) ส่วนในดินที่มีอินทรียวัตถุและ total N ต่ำ (MCC) ควรมีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเท่าๆ กัน 3 ครั้ง โดยการใส่รองพื้นและแต่งหน้าในช่วง 3 และ 6 สัปดาห์ หลังการปักดำ จะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด

การเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+/NO_3^- ในดินจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะเวลาต่างๆของการปลูกข้าวมีแนวโน้มลดลงในช่วง 1-3 เดือนหลังการปักดำ และลดลงต่ำสุดในเดือนที่ 3 หลังการปักดำ โดยในดินที่มีอินทรียวัตถุสูงกว่า (MH) ปริมาณของ NH_4^+/NO_3^- ในดินชั้นบนและชั้นล่างมีแนวโน้มสูงกว่าในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ ส่วนการสะสมของ NH_4^+/NO_3^- ในดินช่วง 1-2 เดือน หลังการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง อย่างไรก็ตามเมื่อ คำนึงถึงความเข้มข้นที่ต่ำมากของ NH_4^+ (0.03 - 3.42 มก.ไนโตรเจนต่อ กก.) และ NO_3^- (0.00 - 1.94 มก. ไนโตรเจนต่อ กก.)ในดินชั้นล่างและในน้ำเหนือผิวดิน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกรรมวิธีต่างๆตามอัตราที่ใช้ในการทดลองไม่น่าจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ผลงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2543. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.356 น.

De Datta , S.R .1981. Principle and practice of rice production. John Wiley & Sons,Inc.,N.Y. p.89-110

Inko, A., F. Peter, and C. Ralf .1998. Denitrification coupled to nitrification in the rhizosphere of rice. Soil Biology& Biochemistry. 30:509-515.

Mae , Tadahiko . 1986 . Partitiening and utilization of nitrogen in rice plant. JARQ .20 (2) :115 –119.

Milkkelsen , D.S., S.K. De Datta , and W.N.Obcemea . 1995.Ammonia volatilization losses from flooded rice soil. Soil. Sci. Soc. Amer. J. 42 : 725-730.

Mitsushi , M . 1974 . Characters of humus formed under rice cultivation . Soil Science and Plant Nutrition . 20 : 249-259.

Malvany , R . L . 1996 . Nirtogen - inorganic form . p . 1123 – 1184 . In D . L . Spark et al . (ed). Methods of soil analyses . Part 3 – Chemical methods 3 rd . SSSA Book Series : 5 . Soil Science Society of America Inc. & American Society of Agronomy Inc.Madison , WI., USA.

Norman, R. J., D. Guindo. B, R. Wells, and G. E. Wilson. 1992. Seasonal accumulation and partitioning of nitrogen-15 in rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1521-1527.

Ponnamaperuma , F.N . 1978 . Electrochemical changes in submerged soils and the growth of rice . Soil and Rice Int . Rice. Res . Inst . , Los Banos, Laguna.Philippines. p. 825.

Patrick , W. H. Jr. and K. R. Reddy .1976. Fate of fertilizer nitrogen in flooded rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 40 : 679-681.

Sim , J.T . 2000 . Soil fertility evaluation . p .D 113-153. In M .E . Sumner (ed.). Handbook of soil science . CRC Press LLC.Boca Raton , Fl . ,USA.

วารสารเกษตร 18 (3) : 229-238 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 229-238 (2002)

แผนเชิงกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจแบบมีส่วนร่วม ของเทศบาลตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูน

Strategic planning of Umong Municipality, Lampun Province: A Participation Approach.

พิชิต ธานี[1/] พรทิพย์ เธียรธีรวิทย์[2/] และกาญจนา โชคถาวร[2/]

Pichit Thani[1/], Porntip Tianteerawit[2/] and Kanchana Chokethaworn[2/]

Abstract: Strategic planning is a technique we can use to create a favorable future of some organization. To create this favorable future, Organization's stakeholders must be involved in the process. The objectives of this research are to find out the strategic plans of Umong Municipality and, to achieve strategic plans, external analysis, internal assessment, strategic direction are analyzed. Strategic plans are the documented, specific courses of action that define how to deal with critical issues in the future period. The results from the development and evaluation of the selected methodology show that aggressive profile should be the strategic plans of the Umong Municipality . Strategic plans not only attuned to assumptions about the future, but also focus on using these plans as a blueprint for daily activities.

[1] ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2] คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Agricultural Economic, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

[2] Faculty of Economics, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การวางแผนเชิงกลยุทธ์เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่จะทำให้องค์กรไปสู่เป้าหมายที่อยากจะเป็นในอนาคต การที่จะทำให้การวางแผนกลยุทธ์บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ ผู้มีส่วนได้เสียในองค์กรต้องมีส่วนร่วมในการจัดทำด้วย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อที่จะหาแผนกลยุทธ์ที่เหมาะสมของเทศบาลตำบลอุโมงค์ จ.ลำพูน ซึ่งมีกระบวนการต่างๆ คือ การประเมินปัจจัยภายใน การประเมินปัจจัยภายนอก ทิศทางและเป้าหมายของกลยุทธ์ แล้วก็จะได้มาซึ่งแผนเชิงกลยุทธ์ ซึ่งเป็นแผนที่จัดทำขึ้นโดยคำนึงและให้สอดคล้องกับสถานการณ์ต่างๆ ทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในที่จะมากระทบองค์กร ซึ่งจะเป็นแผนที่มีความเป็นไปได้และดีที่สุด ข้อสรุปที่ได้แสดงให้เห็นว่าเทศบาลอุโมงค์ จ.ลำพูน ควรใช้กลยุทธ์การรุกรานเพราะมีทั้งจุดแข็งและโอกาส แผนกลยุทธ์เปรียบเสมือนกับพิมพ์เขียวสำหรับกิจกรรมประจำวันขององค์กรได้เป็นอย่างดี

Index Words : การวางแผนเชิงกลยุทธ์ บุคคลผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การวิเคราะห์ปัจจัยภายนอก การประเมินปัจจัย ภายใน แผนกลยุทธ์ เทศบาลตำบลอุโมงค์
Strategic Planning, Stakeholder, External Analysis, Strategic Plan, Internal Evaluation, Umong Municipality

คำนำ

การจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่ผ่านมานั้นชุมชนหรือองค์กรท้องถิ่นแทบจะไม่มีส่วนร่วมในการจัดทำแผนพัฒนาฯ เลย แผนพัฒนาฯ ที่นำไปใช้จึงไม่สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงของชุมชน การพัฒนาประเทศ จึงไม่เกิดประสิทธิผลเท่าที่ควร แต่แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 ที่กำลังใช้อยู่ขณะนี้ รัฐบาลเปิดโอกาสให้องค์กรท้องถิ่นได้มีส่วนร่วมในการจัดทำแผนพัฒนาชุมชนมากขึ้นโดยให้องค์กรท้องถิ่น เช่น เทศบาลตำบลซึ่งมีความใกล้ชิดกับชุมชนสามารถเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาได้ดีกว่าสามารถจัดทำแผนพัฒนาฯ ขึ้นมาเป็นแผนพัฒนาเทศบาลตำบล อย่างไรก็ตามหากองค์กรท้องถิ่นไม่ให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดทำแผนพัฒนาฯ ผลที่เกิดขึ้นก็ไม่แตกต่างจากการจัดทำแผนพัฒนาฯในอดีต ซึ่งไม่ตรงกับความต้องการของชุมชนอย่างแท้จริง ดังนั้นการศึกษาถึงการจัดทำแผนเชิงกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจของชุมชนแบบมีส่วนร่วมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ชุมชนมีส่วนร่วม ในการจัดทำแผนพัฒนาฯ ให้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ได้แผนที่สอดคล้องกับความต้องการอย่างแท้จริงทั้งของชุมชนและแผนพัฒนาฯ ของทางเทศบาล ซึ่งจะเป็นแผนพัฒนาฯ ที่จะเกิดประสิทธิผลสูงสุด สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาชุมชนได้ดีที่สุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบถึงบริบทชุมชนตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูน
2. เพื่อจัดทำแผนเชิงกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจแบบมีส่วนร่วมของเทศบาลตำบลอุโมงค์

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Focus group) ประชากรกลุ่มตัวอย่างหมู่ที่ 3 และหมู่ที่ 7 ของเทศบาลตำบลอุโมงค์จังหวัดลำพูน โดยชุมชนหมู่ที่ 3 เป็นตัวแทนของหมู่บ้านที่มีรายได้น้อยที่สุด ขณะที่ชุมชนหมู่ที่ 7 เป็นตัวแทน

ของหมู่บ้านที่มีรายได้มากที่สุด เพื่อทราบถึงลักษณะโครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคม แล้วนำมาสรุปเป็นจุดแข็ง จุดอ่อน อุปสรรค และโอกาสของแต่ละหมู่บ้าน จากนั้นก็สร้างแบบสอบถามเพื่อนำไปสำรวจกลุ่มตัวอย่างในหมู่บ้านอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรในกลุ่มของจุดแข็ง จุดอ่อน อุปสรรค และโอกาส ของแต่ละหมู่บ้านว่ามีลักษณะมากน้อยอย่างไร

การวิเคราะห์ข้อมูล : มี 4 ขั้นตอนคือ

1. ทำการจับกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคว่าในแต่ละกลุ่มมีตัวแปรใดที่มีความสัมพันธ์กันและสามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis)

2. การจับคู่ปัจจัย (Matching Stage) โดยใช้ตาราง SWOT (SWOT Matrix) ซึ่งจะจับคู่ปัจจัยจุดแข็ง จุดอ่อน กับอุปสรรค โอกาส เพื่อทำการกำหนดกลยุทธ์ของชุมชน โดยตาราง SWOT (ตารางที่ 1) จะแสดง 4 กลยุทธ์ คือ กลยุทธ์ SO (ใช้จุดแข็งแสวงหาโอกาส) กลยุทธ์ ST (ใช้จุดแข็งหลีกเลี่ยงอุปสรรค) กลยุทธ์ WO (เอาชนะจุดอ่อนเพื่อแสวงหาประโยชน์จากโอกาส) และกลยุทธ์ WT (ลดจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค) โดยการเลือกคู่ตัวแปรที่จะมาใส่ในตาราง SWOT

3. การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแคนนอนิคัล (Canonical Analysis) ซึ่งเทคนิคนี้จะวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชุด โดยที่ข้อมูลแต่ละชุดอาจมีตัวแปรหลายตัว โดยเทคนิคนี้จะทำการลดตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กันออกไปโดยจะเลือกตัวแปรที่มีค่าที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดมาเพื่อใส่ใน ตาราง SWOT

4. การตัดสินใจ (Decision Stage) นำกลยุทธ์จากตาราง SWOT มาเปรียบเทียบกับนโยบายของเทศบาลตำบลอุโมงค์ ว่ากลยุทธ์ใดมีความสอดคล้องกับนโยบายของชุมชนในทางใดบ้าง เพื่อทำการเลือกนโยบายที่เหมาะสมกัน แต่ละหมู่บ้านขึ้นมากำหนดกลยุทธ์ที่จะตอบสนองต่อนโยบายเพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าของแต่ละชุมชนให้ได้อย่างเหมาะสมที่สุดและตรงกับที่ชุมชนต้องการมากที่สุด

Table 1 ตาราง SWOT ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

	จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
โอกาส (Opportunities)	กลยุทธ์ SO : ใช้จุดแข็งแสวงหาประโยชน์จากโอกาสภายนอก	กลยุทธ์ WO : เอาชนะจุดอ่อนเพื่อแสวงหาประโยชน์จากโอกาสภายนอก
อุปสรรค (Threats)	กลยุทธ์ ST : ใช้จุดแข็งหลีกเลี่ยงอุปสรรค	กลยุทธ์ WT : ลดจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของเทศบาลตำบลอุโมงค์ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

เทศบาลตำบลอุโมงค์ อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน ได้รับการจัดตั้งเป็นสุขาภิบาลเมื่อปี พ.ศ.2514 และได้รับการยกฐานะเป็นเทศบาลตำบล เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2542 มีพื้นที่จำนวน 20.09 ตารางกิโลเมตร ระยะห่างจากตัวจังหวัดประมาณ 10 กิโลเมตร เทศบาลตำบลอุโมงค์มีจำนวน 6 หมู่บ้าน 5 ชุมชนคือหมู่ที่ 1 บ้านอุโมงค์ (ชุมชนบ้านอุโมงค์) หมู่ที่ 2 บ้านกอม่วง หมู่ที่ 3 บ้านสันกับตอง หมู่ที่ 4 บ้านฮ่องกอก หมู่ที่ 5 บ้านป่าเห็ว (ชุมชนบ้านเห็ว) หมู่ที่ 6 บ้านป่าลาน หมู่ที่ 7 บ้านหนองหมู (ชุมชนบ้านเชตวันหนองหมู) หมู่ที่ 8 บ้านไร่ หมู่ที่ 9 บ้านป่าเส้า (ชุมชนบ้านป่าเส้า) หมู่ที่ 10 บ้านชัยสถาน หมู่ที่ 11 บ้านแม่ร่องน้อย (ชุมชนบ้านแม่ร่องน้อย) ประชากรทั้งสิ้น 13,864 คน โดยเป็นชายมากกว่าหญิงเล็กน้อยคือ 51.7 : 48.3 (ข้อมูลปี 2542) ประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ

ราษฎรส่วนใหญ่เป็นผู้ตั้งรกรากสืบต่อมาจากบรรพบุรุษโดยเป็นชาวไตยองและไตพื้นเมือง ราษฎรนิยมตั้งถิ่นฐานอยู่ตามที่ราบลุ่มและอยู่อาศัยตามริมน้ำลำคลอง ลำน้ำขนาดใหญ่ที่ไหลผ่าน 2 ลำน้ำคือ ลำน้ำกวงไหลผ่านด้านตะวันออกของพื้นที่ และลำเหมืองปิงห่างที่ไหลผ่านกลางพื้นที่ เส้นทางหลักสำคัญที่ผ่านเทศบาลประกอบด้วยถนนสายหลัก คือ ทางหลวงสายแผ่นดินจำนวน 2 สาย คือ ถนนสายลำพูน – เชียงใหม่ (สายเก่า) และถนนสายเชียงใหม่ – ลำปาง และมีถนนภายในหมู่บ้านเป็นถนนลาดยาง คอนกรีต ลูกรัง เป็นถนนเชื่อมติดต่อถึงกันตลอดทั้ง 11 หมู่บ้าน ราษฎรสามารถใช้สัญจรได้สะดวกทุกฤดูกาล

ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือทำสวนลำไย รองลงมาคือ รับจ้าง ค้าขาย รับราชการ ประกอบอุตสาหกรรมในครัวเรือน (มีโรงงานประมาณ 10 แห่ง) และอาชีพอื่นๆ รายได้เฉลี่ยต่อหัวประมาณ 5,000 บาท/เดือน ราษฎรส่วนใหญ่มีกรรมสิทธิ์ในที่ดินเป็นของตัวเอง

อาจกล่าวได้ว่า ประชาชนในเขตตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูนส่วนใหญ่มีฐานะปานกลางจนถึงค่อนข้างดี ไม่ใช่ผู้ยากจน เพราะประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวนลำไย ซึ่งลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศมานานกว่าสี่สิบปี และรายได้ที่เกษตรกรที่ได้รับจากลำไยในแต่ละปีจะมีจำนวนสูงเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ถึงแม้ว่าประชาชนในตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูนจะมีหนี้สินกับสถาบันการเงินบางแห่ง หรือกู้ยืมจากกองทุนหมู่บ้านแต่ก็นำมาเพื่อการปรับปรุงสวนลำไยให้ดีขึ้นกว่าเดิม หรือนำเงินมาปลูกลำไยใหม่เพิ่มขึ้น หรือกู้เงินมาเพื่อซื้อสิ่งอำนวยความสะดวกนอกเหนือจากปัจจัยสี่ เช่น ซื้อรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ตู้เย็น ทีวี เป็นต้น ไม่ใช่กู้เงินมาเพื่อใช้จ่ายในการดำรงชีพ ดังนั้นประชาชนส่วนใหญ่ในตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูนจึงมีปัญหาทางด้านเศรษฐกิจน้อยมากเมื่อเทียบกับบางตำบลในจังหวัดลำพูน

ถึงแม้ว่าลำไยจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูน แต่ชาวบ้านทุกหมู่บ้านยังไม่มีการจัดทำทะเบียนชาวสวนลำไยทั้งในเรื่องของจำนวนต้นลำไยที่ปลูก พื้นที่ที่ปลูก ปริมาณผลผลิตที่ได้รับ วิธีการขาย และสัดส่วนของการขายลำไยในลักษณะลำไยสด ลำไยอบแห้ง นอกจากนี้ชาวสวนลำไยเองยังไม่มีการคิดต้นทุนการผลิตลำไย จึงทำให้ทางการตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่สามารถวางแผนการจัดการการตลาดลำไยทั้งระบบได้อย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามตำบลอุโมงค์ยังขาดแคลนสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานบางประเภท เช่น น้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ชาวบ้านต้องใช้น้ำบาดาลที่ขุดขึ้น หรือใช้น้ำประปาหมู่บ้านและเก็บค่าใช้น้ำจากสมาชิก ซึ่งคุณภาพของน้ำบาดาลยังไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้ชาวบ้านยังไม่มีโทรศัพท์ใช้ครบทุกครัวเรือน เนื่องจากจำนวนคู่สายโทรศัพท์มีไม่เพียงพอกับความต้องการ

ตอนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานของหมู่บ้านกลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 หมู่ที่ 3 บ้านสันกับตอง

หมู่บ้านนี้ตั้งอยู่บนถนนเชียงใหม่-ลำพูน ซึ่งห่างไกลจากเทศบาลตำบลอุโมงค์ ชุมชนบ้านสันกับตองจัดเป็นหมู่บ้านที่ประชานมีฐานะยากจนกว่าหมู่บ้านอื่นๆในเทศบาลตำบลอุโมงค์ โดยมีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 153 ครัวเรือน มีประชากรทั้งหมด 468 คน แยกเป็นชาย 234 คน หญิง 234 คน มีประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ประชาชนส่วนใหญ่เป็นชาวไตยองและไตพื้นเมือง การที่หมู่บ้านนี้มี ชื่อว่าบ้านสันกับตอง เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของหมู่บ้านมีเนินสันอยู่มากและมีต้นตองอยู่ (ต้นทองหลาง) ในอดีตก่อนมีถนนซุบเปอร์ไฮเวย์ตัดผ่านหมู่บ้าน ประชาชนส่วนใหญ่จะทำนาข้าวปลูกไว้กินและมีเหลือขายอยู่บ้าง และบางครัวเรือนมีการปลูกผักร่วมด้วย แต่จะประสบปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งมาก และบางปีน้ำท่วมเกือบถึงหลังคาบ้านทำให้สภาพชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนค่อนข้างลำ บาก มีฐานะทางเศรษฐกิจไม่ดีนักต่อมาเมื่อรัฐบาลได้สร้างถนนซุปเปอร์ไฮเวย์ตัดผ่านหน้าหมู่บ้าน (ปี พ.ศ. 2507) ทำให้น้ำไม่ท่วมหมู่บ้าน และประชาชนได้เปลี่ยนอาชีพจากการทำนามาทำสวนลำไยมากขึ้น ทำให้ประชาชนมีฐานะความเป็นอยู่ดีขึ้น

ประชาชนส่วนใหญ่มีกรรมสิทธ์ในที่อยู่อาศัยและที่ดินทำกิน (สวนลำไย) ยกเว้นการเช่าที่นาเพื่อปลูกข้าว

บ้านสันกับตองเป็นหมู่บ้านที่มีประชากรน้อยเมื่อเทียบกับหมู่บ้านอื่น ดังนั้นการรวมกลุ่มและการรวมตัวจึงทำได้ง่าย คนส่วนใหญ่สามัคคีกลมเกลียวและร่วมใจในการทำงานเป็นอย่างดีซึ่งถือได้ว่าชุมชนมีความเข้มแข็งระดับหนึ่ง ชาวบ้านมักจะเชื่อถือและให้ความร่วมมือกับผู้ใหญ่บ้านเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการเลือกตั้งผู้นำชุมชน การเลือกตั้งสมาชิกสภาเทศบาล และสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร กล่าวคือ ถ้าผู้ใหญ่บ้านขอให้เลือกบุคคลใดบุคคลหนึ่ง ชาวบ้านก็จะเลือกบุคคลนั้นทั้งหมู่บ้าน ประกอบกับผู้ใหญ่บ้านเป็นเครือญาติกับสมาชิกสภาผู้แทนราษฎรที่อยู่ในพรรครัฐบาล ทำให้หมู่บ้านนี้มีเครือข่ายชุมชนที่ได้รับความช่วยเหลือจากรัฐบาลระดับหนึ่ง

บ้านสันกับตองจัดเป็นหมู่บ้านที่ประชาชนมีรายได้ต่ำที่สุดของตำบลอุโมงค์ แต่เมื่อเทียบกับตำบลอื่นๆ ของจังหวัดลำพูนแล้วบ้านสันกับตองมีรายได้สูงกว่า เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่จะปลูกลำไยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักและยังเป็นผลไม้สดส่งออกที่สำคัญของประเทศ

2.2 หมู่ที่ 7 ชุมชนบ้านเชตวันหนองหมู

พื้นที่เดิมของชุมชนบ้านเชตวันหนองหมูเป็นป่าสีเสียด (ใช้กินกับหมากพลู) และทุ่งหญ้าคา (ใช้มุงบ้าน) ต่อมาชาวบ้านได้ถางป่าสีเสียดเพื่อใช้ทำนาและทำสวนผัก เช่น ผักกาด กระหล่ำปลี และกระหล่ำดอก สำหรับการบริโภคและจำหน่าย ต่อมาชาวบ้านได้เริ่มนำพันธุ์ลำไยจากตำบลหนองช้างคืน อำเภอเมือง จังหวัดลำพูนมาปลูกในพื้นที่นาและสวนผัก เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่ประชาชนนิยมบริโภคกันมากขึ้นและผลตอบแทนสูงกว่าการทำนา

และทำสวน ชาวบ้านทยอยปลูกลำไยกันเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ประกอบกับสภาพดินฟ้าอากาศเอื้ออำนวย ทำให้ลำไยมีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ดังนั้นพื้นที่ที่นอกเหนือจากที่อยู่อาศัยของชาวบ้านส่วนใหญ่จะเป็นสวนลำไยเกือบทั้งหมดในขณะนี้

ชุมชนบ้านเชตวันหนองหมูมีครัวเรือนทั้งสิ้น 561 ครัวเรือน ประชากรจำนวน 1,779 คน โดยเป็นชาย 808 คน และหญิง 971 คน (ข้อมูล ณ เดือนเมษายน 2545) ประชาชนส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ บ้านเชตวันหนองหมูตั้งอยู่ใกล้กับเทศบาลตำบลอุโมงค์ ทำให้เส้นทางคมนาคมภายในหมู่บ้านส่วนใหญ่เป็นถนนคอนกรีตที่เชื่อมติดต่อกันทั้งหมู่บ้านซึ่งทางเทศบาลเป็นผู้จัดทำให้ และชาวบ้านทุกหลังคาเรือนมีไฟฟ้า ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพหลักคือ ทำสวนลำไย ที่เหลือมีอาชีพรับจ้าง ค้าขาย ทำนา ทำสวน เลี้ยงสัตว์ รับราชการและอื่นๆ สำหรับลำไยที่ปลูกในหมู่บ้านนี้โดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 ไร่ และชาวบ้านบางคนก็ไปซื้อที่ดินที่อำเภออื่นปลูกลำไยอีก เมื่อพิจารณาถึงกรรมสิทธิ์ในที่ดินนั้นพบว่า ชาวบ้านปลูกลำไยในสวนหรือที่ดินของตนเอง และจะปลูกผักและพืชสวนครัวแซมต้นลำไยเมื่อต้นลำไยยังเล็กอยู่ ส่วนพื้นที่ที่ทำนานั้นส่วนใหญ่จะไปเช่าที่ในหมู่บ้านอื่นหรืออำเภออื่น (เช่น ที่มะเขือแจ้ และอำเภอบ้านธิ) ทำนาเพื่อเก็บให้บริโภค โดยเสียค่าเช่าเป็นผลผลิตข้าวคือประมาณไร่ละ 5 -10 ถัง ในกรณีที่ชาวบ้านมีปัญหาทางการเงินส่วนใหญ่มักจะขอยืมจากญาติพี่น้อง รองลงมาจะทำการกู้ยืมจากธนาคารพาณิชย์ ธ.ก.ส. เงินกองทุนหมู่บ้าน และอื่นๆ จากการสอบถามชาวบ้านบ้านหนองหมูพบว่า ชาวบ้านเหล่านี้มีหนี้สินกับสถาบันการเงินต่างๆ นั้นเพื่อนำเงินมาปรับปรุงสวนลำไยให้มีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิม เช่น ซื้อยาฆ่าแมลง ซื้อปุ๋ยและอื่นๆ หรือนำเงินมาเพื่อปลูกลำไยใหม่ทดแทนลำไยเก่าที่มีอายุมากแล้ว หรือกู้เงินมาเพื่อซื้อเตาอบลำไย หรือกู้เงินมาเพื่อซื้อรถจักรยานยนต์ เป็นต้น ชาวบ้านไม่ได้มีฐานะยากจนและกู้เงินมาเพื่อใช้การดำเนินชีวิตประจำวัน

เมื่อพิจารณาทุนทางสังคมและภูมิปัญญาชาวบ้านพบว่าแต่เดิมชาวบ้านหนองหมูมีอาชีพทำนา ทำสวนผัก ต่อมาได้เปลี่ยนอาชีพจากการทำนาและสวนผักมาปลูกลำไยกันมากขึ้น เนื่องจากลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าประกอบกับสภาพดินฟ้าอากาศเอื้ออำนวยต่อการปลูกลำไยด้วย ลำไยในเขตหมู่บ้านนี้รวมถึงลำไยของจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่เป็นลำไยที่มีคุณภาพดีที่สุดในโลก เพราะมีรสชาติหวานกรอบเนื้อมากและเม็ดเล็ก ลำไยที่ปลูกมีทั้งพันธุ์ดอ แห้ว ชมพู และเบี้ยวเขี้ยว แต่ลำไยพันธุ์ดอเป็นลำไยที่เป็นที่ต้องการของตลาดส่งออกและไม่ค่อยเป็นโรคแมลงวันมากนัก ขณะที่ลำไยพันธุ์ เบี้ยวเขี้ยว เป็นลำไยที่มีเนื้อลำไยมากกว่าพันธุ์ดอ แต่การบำรุงรักษายากกว่า ประชาชนจึงไม่นิยมปลูกพันธุ์เบี้ยวเขี้ยว สามารถกล่าวได้ว่าสภาพดินฟ้าอากาศของตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูนเอื้ออำนวยต่อการปลูกลำไย ทำให้ลำไยมีคุณภาพดีและมีชื่อเสียงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ

ตอนที่ 3 แผนเชิงกลยุทธ์ที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์หรือแผนของเทศบาลตำบลอุโมงค์สามารถแบ่งแผนของ 2 หมู่บ้านได้ดังนี้คือ

3.1 แผนเชิงกลยุทธ์ของหมู่ที่ 3 บ้านสันกับตอง

1. ยุทธศาสตร์การพัฒนาศักยภาพคนและความเข้มแข็งของชุน

การพัฒนาศักยภาพคนและความเข้มแข็งของชุมชนเป็นส่วนช่วยให้คนในชุมชนมีความสามัคคีกันมากขึ้น ดังนั้นควรจะพัฒนาระบบการเรียนรู้ของ

คนในชุมชนทั้งในระบบและนอกระบบ ถ้าชุมชนมีความเข้มแข็งการก่อตั้งกลุ่มต่างๆ จะทำได้โดยง่าย เมื่อมีการตั้งกลุ่มขึ้นก็จะทำให้มีอำนาจต่อรองทางด้านการค้า และมีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจภายในชุมชนดีขึ้นจากเดิม นอกจากนี้แล้วก็ควรมีการเสริมสร้างการรวมกลุ่มและการพัฒนาการบริหารการจัดการของกลุ่มให้สามารถพึ่งพาตนเองได้

2. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ควรให้คนในชุมชนตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม และคำนึงถึงผลกระทบของสารเคมีที่ใช้ในการผลิตลำไย เช่น ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารโปรแตสเซียมคลอเรตอย่างจริงจัง แล้วแนะนำและให้ความรู้แก่เกษตรกร รวมทั้งพัฒนาหรือปรับปรุงสภาพของดินและน้ำควบคู่ไปด้วย

3. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตและคุณค่าทางสังคม

ส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องที่มีผลต่อคุณภาพชีวิต และใช้จุดเด่นของชุมชน คือชุมชนมีความเข้มแข็งและมีฐานะทางเศรษฐกิจค่อนข้างมั่นคง เพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกันเมื่อรู้ว่าภายในชุมชนมีปัญหาเรื่องใด ก็จะมีการรวมตัวกันและช่วยกันแก้ปัญหานั้นๆ ซึ่งนอกจากการแก้ปัญหาแล้วก็ควรจะปรับปรุงสภาพการเป็นอยู่ให้ดีขึ้นจากเดิมขึ้นเรื่อยๆ

4. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาประสิทธิภาพทางการเมือง การบริหาร และการพัฒนาบุคลากรท้องถิ่น

ให้ความรู้แก่ชุมชนเรื่องความจำเป็นที่จะต้องมีหัวหน้าหรือผู้บริหารชุมชนที่ดี เพื่อจะได้เป็นตัวแทน ถ้ามีผู้บริหารที่ดีก็จะทำให้ศักยภาพของชุมชนมีความเข้มแข็งตามไปด้วย นอกจากนี้องค์กรต่างๆในชุมชนก็ควรจะเปิดโอกาสให้สมาชิกในชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนด้วย

5. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบสาธารณูปโภค สาธารณูปการและโครงสร้างพื้นฐาน

ปัญหาสาธารณูปโภคของคนในชุมชนส่วนมากจะเป็นปัญหาเรื่องน้ำบาดาล ซึ่งมีสีและกลิ่น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพฟัน แต่ไม่มีผลต่อการผลิตลำไย ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงควรจัดให้มีระบบประปาเพื่อใช้อุปโภคและบริโภค

6. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบการศึกษาและส่งเสริมวัฒนธรรมท้องถิ่น

เนื่องจากเยาวชนขาดความเอาใจใส่เกี่ยวกับเรื่องภายในภายในชุมชน จึงควรส่งเสริมการสร้างกลไกและกระบวนการเรียนรู้ของประชาชน โดยกระตุ้นให้คนในชุมชนรวมทั้งเยาวชนตระหนักถึงคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งอาจจะรวมกลุ่มกันแล้วนำภูมิปัญญาเหล่านั้นมาใช้สร้างรายได้ เช่น การตั้งกลุ่มพัฒนาหัตถอุตสาหกรรมภายในชุมชน นอกจากนี้ก็ควรส่งเสริมให้คนในชุมชน อนุรักษ์ฟื้นฟูสืบสานศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นไว้ โดนการกระตุ้นให้เยาวชนรู้ถึงคุณค่าของสิ่งเหล่านั้น

7. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบบริหารและการจัดบริการด้านสาธารณสุข

การเสริมสร้างให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาสุขภาพอนามัยและพัฒนาการใช้บริการด้ารการสาธารณสุขแก่ประชาชนอย่างทั่งถึง เพื่อที่จะลดปัญหาเรื่องโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคติดต่อร้ายแรง จึงควรให้ความรู้ขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับการป้องกันตนเอง และให้ประชาชนทราบถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดจากโรคนั้นๆ

8. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาและส่งเสริมความเข้มแข็งของระบบเศรษฐกิจชุมชน

ควรให้รัฐบาลมีส่วนช่วยเหลือในการพัฒนาและเสริมสร้างกลไกในการจัดการเศรษฐกิจของชุม-

ชน โดยการให้ความรู้พื้นฐานทางการตลาดและการผลิต ควรมีการให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับการดำเนินการผลิตที่ถูกต้องและเป็นขั้นตอน รวมทั้งการวางแผนการตลาด เพื่อหาวิธีจัดการกับผลผลิตที่มากเกินไปได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ เช่น การขยายตลาดลำไยสด และการแปรรูป เป็นต้น เนื่องจากในชุมชนมีความสามัคคีและเข้มแข็ง รวมทั้งมีพื้นฐานทางเศรษฐกิจค่อนข้างดี จึงเป็นการง่ายต่อการวางนโยบายและการวางแผนการผลิต

3.2 แผนเชิงกลยุทธ์ของหมู่ที่ 7 ชุมชนบ้านเชตวันหนองหมู

1.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาศักยภาพคนและความเข้มแข็งของชุมชน

ภาครัฐบาลควรส่งเสริมให้มีการรวมกลุ่มของเกษตรกร มีการพัฒนาระบบการเรียนรู้ของคนในชุมชนให้เป็นระบบ โดยนำความเป็นเครือญาติและความสามัคคีมาเป็นจุดเสริม เพื่อให้ชุมชนพึ่งพาตนเองได้ โดยภาครัฐเข้ามาส่งเสริมด้านความรู้ผ่านทางหน่วยงานการศึกษาในท้องถิ่น

2. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากเยาวชนในชุมชนขาดความรู้เกี่ยวกับท้องถิ่นของตนเอง ควรมีการพัฒนาระบบการเรียนรู้ให้รับรู้และเข้าใจสภาพชุมชนอย่างแท้จริง โดยภาครัฐควรมีนโยบายให้เยาวชนเข้ามามีส่วนร่วมในชุมชนมากขึ้น เช่น เรื่องการปลูกลำไย ให้เยาวชนเข้ามารับรู้ถึงการปลูกลำไยซึ่งจะช่วยให้เยาวชนตระหนักถึงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

3. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตและคุณภาพทางสังคม

ชุมชนมีปัญหาเรื่องยาเสพติด คนในชุมชนควรรวมกลุ่มเพื่อแก้ปัญหายาเสพติด การรวมกลุ่มเพื่อเพิ่มศักยภาพทางด้านการต่อรองราคา โดยมีการแนะนำให้เกษตรกรมีการจัดทำรายรับ-รายจ่าย เพื่อนำมา ปรับปรุงด้านการผลิตซึ่งช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

4. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาประสิทธิภาพการเมือง การบริหารและการพัฒนาบุคลากรท้องถิ่น

ควรมีการจัดตั้งกลุ่มและคัดเลือกตัวแทนกลุ่มของชุมชน เพื่อดูแลด้านต่างๆ เช่น ด้านราคาลำไย เพื่อเพิ่มศักยภาพในการต่อรองราคา

5. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างความเข้มแข็งของระบบเศษฐกิจชุมชน

ความเป็นเครือญาติและความสามัคคีในชุมชน ทำให้การพัฒนาการบริหารการจัดการของชุมชนโดยการรวมกลุ่มกันนั้นจะเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้ชุมชนมากขึ้น โดยภาครัฐให้การสนับสนุนด้านต่างๆ เช่น การเปิดตลาดการค้าลำไยให้มากขึ้น เพื่อกระจายผลิตภัณฑ์ลำไยออกไป รวมทั้งมีการเสริมสร้างกลไกกระบวนการเรียนรู้ในการมีส่วนร่วมของชุมชนควบคู่ไปด้วย จะเป็นการเสริมความเข้มแข็งของระบบเศรษฐกิจชุมชนได้มากขึ้น

จะเห็นได้ว่าแผนเชิงกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจของหมู่ที่ 3 และ 7 ตำบลอุโมงค์ จังหวัดลำพูนไม่แตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม ปัจจัยการผลิต เทคโนโลยีการผลิตและการรับรู้ข่าวสารข้อมูลต่างๆ ไม่ค่อยแตกต่างกัน ตลอดจนทำเลที่ตั้งก็ไม่ไกลจากกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวางแผนพัฒนาในปัจจุบันเน้นการวางแผนที่มาจากความต้องการจากชุมชนซึ่งเป็นไปตามเจตนารมย์ของรัฐธรรมนูญฉบับปัจจุบันที่ต้องการกระจายอำนาจสู่ท้องถิ่นและสอดคล้องกับแนวทาง

การพัฒนาที่ยั่งยืน โดยทำการพัฒนาเพื่อเสริมสร้างมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชนให้ที่ดีขึ้นและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชนให้ได้มากที่สุด จากยุทธศาสตร์การพัฒนาของเทศบาลตำบลอุโมงค์ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน สามารถนำสรุปเป็นแผนเชิงกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจที่สอดคล้องกันได้ดังนี้คือ

1.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาศักยภาพคนและความเข้มแข็งของชุมชน โดยยุทธศาสตร์นี้จะทำการเสริมสร้างการรวมกลุ่มและพัฒนาการบริหารการจัดการของกลุ่มเพื่อความเป็นเข้มแข็งของชุมชน และส่งเสริมการรวมกลุ่มของผู้ผลิตลำไยเพื่อเพิ่มอำนาจต่อรองด้านการตลาด

2.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เสริมสร้างให้คนในชุมชนตระหนักถึงปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการผลิต โดยเฉพาะปัจจุบันในชุมชนมีการใช้สารโปรแตสเซียมคลอเรตในการเร่งผลผลิตลำไยอย่างมาก ซึ่งจะส่งผลระยะยาวต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ทำการผลิตลำไย

3.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตและคุณค่าทางสังคม ส่งเสริมให้คนในชุมชนได้รับบริการในด้านต่างๆ อย่างทั่วถึง

4.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาประสิทธิภาพการเมือง การบริหาร และการพัฒนาบุคลิกภาพ เสริมสร้างให้คนในชุมชนมีส่วนร่วมในด้านประชาธิปไตยในท้องถิ่น

5.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาสาธารณูปโภคสาธารณูปการ เช่น น้ำประปาในหมู่บ้าน ซึ่งบางหมู่บ้านก็ยังไม่มีน้ำประปาใช้เลย

6.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบการศึกษาและการส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น โดยทำการส่งเสริมการเรียนรู้แก่ชุมชนในด้านการศึกษาของเยาวชนและการเรียนรู้นอกระบบ

7.ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาระบบบริหารและการจัดการด้านสาธารณสุข สร้างการบริการทางสาธารณะสุขให้ทั่วถึงกับคนในชุมชน

8. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาและการเสริมสร้างความเข้มแข็งของระบบเศรษฐกิจชุมชน ควรมีการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนเพื่อให้ชุมชนมีฐานะทางเศรษฐกิจที่ดี โดยอาจจะเป็นการส่งเสริมอาชีพให้คนในชุมชนหลังจากที่ว่างจากการเก็บผลผลิตลำไย

สำหรับข้อเสนอแนะคือ เมื่อมีการจัดแผนกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจของชุมชนแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำไปสู่การปฏิบัติให้เป็นรูปธรรม ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุมชนจะต้องทำการกำหนดแผนที่ชัดเจนเพื่อนำไปปฏิบัติให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของชุมชน

การกำหนดแผนในการนำไปปฏิบัติจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานหลายฝ่าย ทั้งหน่วยงานที่จะกำหนดแผนการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ เช่น หน่วยงานของกระทรวงสาธารณสุขที่จะต้องกำหนดแผนด้านการบริการสุขภาพ องค์การบริหารส่วนตำบลที่จะทำแผนด้านการบริการสาธารณูปโภค การบริหารงบประมาณในชุมชน และการปกครองและส่งเสริมด้านการเมืองในชุมชน หน่วยงานของกระทรวงศึกษาในเรื่องการให้การศึกษาแก่ชุมชนทั้งในระบบและนอกระบบ หรือ กระทรวงเกษตรที่จะต้องเข้ามาให้ความรู้ด้านการผลิตสินค้าในชุมชน ดังนั้นชุมชนจำเป็นจะต้องมีหน่วยงานหรือกลุ่มคนของชุมชนที่จะเข้ามาประสานงานในการติดต่อกับหน่วยงานต่างๆ ในการดำเนินการปฏิบัติตามแผนที่ร่างขึ้นได้อย่างเป็นผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

กอปรลักษณ์ อัจฉริยโสภณ. 2543. "การจัดการเชิงกลยุทธ์ในโครงการสินเชื่อเพื่อสิ่งแวดล้อม : ศึกษาเฉพาะกรณีธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่." วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. คณะรัฐศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณะกรรมการพัฒนาเทศบาลตำบลอุโมง. 2545. "แผนพัฒนาเทศบาล 5 ปี (พ.ศ. 2545 – 2549)". เทศบาลตำบลอุโมงค์ อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดเชียงใหม่

จิรศักดิ์ จิยะจันทน์ , ชวลิต ประภวานนท์ , พรพิมล วิริยะกุล , ลัทธิกาล ศรีวะรมย์ , สมชาย หิรัญกิตติ , ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และ องอาจ ปทะวานิช. 2542. การบริหารเชิงกลยุทธ์ (ฉบับมาตรฐาน). พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัทธีระฟิล์ม และไซเท็กซ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย งามสันติวงศ์. 2544. SPSS FOR WINDOWS ฉบับสมบูรณ์ : หลักการและวิธีการใช้คอมพิวเตอร์ในงานสถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ปรับปรุงครั้งที่ 4 โรงพิมพ์ 21 เซ็นจูรี่ จำกัด , กรุงเทพฯ.

สมยศ นาวีการ. 2541. การบริหารเชิงกลยุทธ์และนโยบายธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 4 โรงพิมพ์ตะวันออก, กรุงเทพฯ.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ และ ลัดดาวัลย์ รอดมณี. 2528. เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์ภาพพิมพ์ , กรุงเทพฯ.

วารสารเกษตร 18 (3) : 239-249 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 239-249 (2002)

การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Analysis of the Water Flow Direction in a Small Watershed Area of Northeast Thailand

วิทยา ตรีโลเกศ[1/]

Vidhaya Trelo-ges[1/]

Abstract: Analysed water flow direction in a small watershed area of Northeast by using of software computer program SURFER. The research site is similarly selected by using landscape and land-use as the representative watershed. The research area is the typically undulating landscape in order that results can be applied to other areas in the Northeast with similar landscape and land-use. The representative watershed focus on the Kummuang village, Khao Suan Kwang district, Khon Kaen province where far from the city around 40 km in North direction. Data collections are coordinate on small watershed and contour levels and then processed these data by using SURFER. The results of this study show the display in 3 dimensions model of representative watershed including to analyse and display in water flow direction model. This study will provide a more powerful resources for study on soil erosion and preventing them such as water flow diversion or cultivated ridge diversion.

[1] ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

[1/] Department of Land Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

บทคัดย่อ : วิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กของภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SURFER โดยการเลือกพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นลุ่มน้ำตัวแทนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดที่หมู่บ้านคำม่วง อ. เขาสวนกวาง จ.ขอนแก่น และเก็บข้อมูลของจุดพิกัดที่จุดต่างๆ บนพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กตลอดจนระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SURFER สร้างภาพจำลองของพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษาเป็นภาพ 3 มิติ แสดงความสูง-ต่ำของพื้นที่ตลอดจนวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา ซึ่งสามารถนำไปประกอบการพิจารณาการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินได้รวมทั้งแนวทางการป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน เช่นการเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของน้ำ การเปลี่ยนแปลงทิศทางการทำร่องปลูกระหว่างแถวพืช เป็นต้น

Index words : โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ทิศทางการไหลของน้ำ ลุ่มน้ำขนาดเล็ก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
Software computer program, Water flow direction, Small watershed, Northeast

คำนำ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SURFER เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปหนึ่งที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีลักษณะเด่นคือ การนำข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ทำได้สะดวกและรวดเร็ว มีความสะดวกในการเก็บข้อมูลรวมทั้งมีจุดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานสากลของโลก มีระบบการจัดการฐานข้อมูล สามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรมทางด้านสถิติอื่นๆ ได้

นอกจากนี้โปรแกรมสำเร็จรูป SURFER ยังอำนวยความสะดวกในการเข้าไปทำการวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ การวาดภาพด้วยมือโดยการคัดลอกลายเพื่อบอกลักษณะต่างๆ ของพื้นที่และการใช้ประโยชน์ของพื้นที่นั้นจะมีผลต่อความละเอียดถูกต้องแม่นยำของพื้นที่เป็นอย่างมาก ในบางครั้งผู้วาดภาพไม่สามารถกำหนดขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำและทิศทางการไหลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเนื่องจากขาดความละเอียดของข้อมูลในแผนที่หรือจากเส้นระดับ ดังนั้นโปรแกรมสำเร็จรูป SURFER จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ใช้ในงานด้านการทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการอนุรักษ์ดินและน้ำเชิงพื้นที่ โปรแกรมสำเร็จรูป SURFER มีความสามารถในการกำหนดทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ เนื่องจากสามารถประมวลผลออกมาเป็นเส้นระดับ (contour line) ได้ จึงกำหนดทิศทางการไหลของน้ำได้ การศึกษาทิศทางการไหลของน้ำในครั้งนี้ทำการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กของหมู่บ้านคำม่วง ต.คำม่วง อ.เขาสวนกวาง จ.ขอนแก่น ลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำจะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเหมือนกับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั่วไป กล่าวคือ พื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ป่า ถัดลงมาเป็นพื้นที่เกษตรใช้ปลูกพืชไร่ต่างๆ เช่นอ้อย, มันสำปะหลัง, ข้าวโพด ฯลฯ และที่ตอนล่างเป็นพื้นที่นาข้าว ทิศทางการไหลของน้ำมีปัจจัยหลายปัจจัยเข้ามามีอิทธิพลร่วมด้วย อิทธิพลหนึ่งที่มีความสำคัญต่อทิศทางการไหลของน้ำคือ ระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่ซึ่งการไหลของน้ำนั้นจะเป็นไปในลักษณะที่ตั้งฉากกับเส้นระดับ (contour line) ดังนั้นถ้าหากทราบทิศทางการไหลของน้ำแล้วจะสามารถประเมินการเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้ รวมทั้งการหาแนวทางการป้องกันซึ่งสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของน้ำ การศึกษา

นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กตลอดจนเป็นแนวทางในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ ในการกำหนดทิศทางการไหลของน้ำได้เช่นเดียวกัน

วิธีการศึกษา

1. การเก็บข้อมูลพิกัดจุดต่างๆ บนพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนของบ้านคำม่วง อ.เขาสวนกวาง จ. ขอนแก่น ซึ่งมีขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ 88 ไร่ ความลาดเท 2.5-3.0% ที่จุดพิกัดละติจูด 16° 48′-16° 49′ เหนือ และลองติจูด 102° 52′-102° 53′ ตะวันออก มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (undulating terrain) ซึ่งเป็นการอ่านข้อมูลจากดาวเทียมที่ส่งข้อมูลมายังโลกเพื่อบอกให้ทราบถึงพิกัดจุดนั้นๆ และระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)

2. ข้อมูลที่เก็บได้นั้นจะเก็บไว้ในลักษณะที่เป็นตารางเพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้ และการนำไปประมวลผลข้อมูล

3. นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยในการทำครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SURFER เวอร์ชั่น 6.0 ซึ่งมีรายละเอียดในการทำดังตัวอย่างที่แสดง

4. นำรูปที่แสดงลักษณะต่างๆ ของพื้นที่เข้าไปซ้อนทับกับรูปที่ได้จากการใช้โปรแกรมดังกล่าวได้ เพื่อให้ได้รูปที่แสดงลักษณะต่างๆ ของพื้นที่ได้อย่างครบถ้วน เช่น การใช้ประโยชน์ของพื้นที่, ทิศทางการไหลของน้ำ เป็นต้น

5. สร้างภาพที่มีลักษณะเป็น 3 มิติ เพื่อสามารถบอกถึงความแตกต่างของระดับพื้นที่ได้

6. ในการกำหนดทิศทางการไหลของน้ำนั้นสามารถกำหนดได้จากเส้นระดับ (contour line) โดยทิศทางการไหลของน้ำนั้นจะมีทิศที่ตั้งฉากกับเส้นระดับ (contour line) นั่นเอง

ขั้นตอนในการทำตารางโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SURFER version 6.0 for Windows

1. เปิดโปรแกรมสำเร็จรูป SURFER เพื่อเข้ามาที่หน้าจอแรก

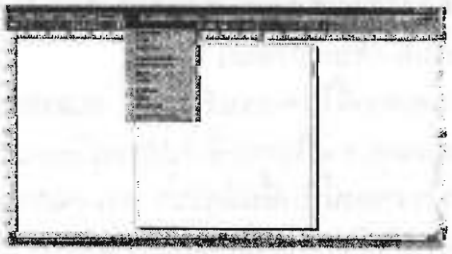
2. เลือกคำสั่งที่ปรากฏบนหน้าจอ

– เลือก Plot เมื่อต้องการเขียนรูปโดยนำข้อมูลเข้ามาจากโปรแกรมอื่น เช่น Excel เป็นต้น

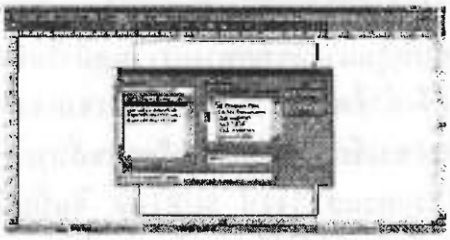
– เลือก Worksheet เมื่อต้องการป้อนข้อมูลให้อยู่ในโปรแกรม SURFER ซึ่งมีลักษณะการป้อนข้อมูลเหมือน Excel

– เลือก Editor เมื่อต้องการพิมพ์ข้อมูล

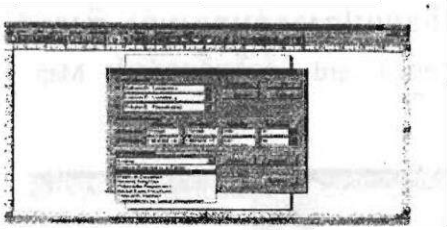
3. เลือก Plot แล้วเลือก Grid และ Data เพื่อเรียกข้อมูล (Import)จากโปรแกรมอื่น เช่น Excel เป็นต้นโดยข้อมูลดังกล่าวจะต้องถูกบันทึกให้อยู่ในนามสกุล .wkl เสมอ



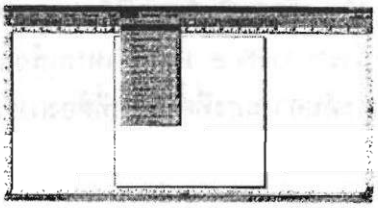
4. เลือกแฟ้มข้อมูลที่ต้องการและต้องมีนามสกุลเป็น .wkl เสมอ



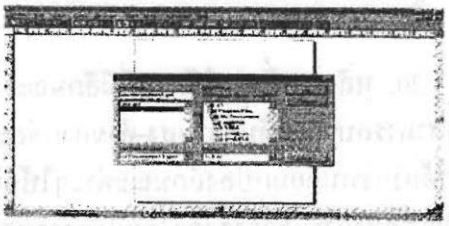
5. เลือกข้อมูลให้ตรงกับช่องของแกน X, Y, Z กำหนดระดับของแกน X, Y และเลือก Kriging ในช่องของ Gridding Method เพื่อให้ได้แฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุลเป็น .grd



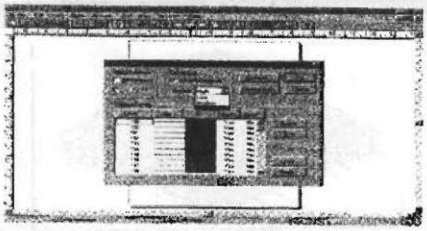
6. เลือก Map แล้วเลือก Contour เพื่อนำข้อมูลที่มีนามสกุล .grd มาทำเป็นเส้นระดับ (contour line)



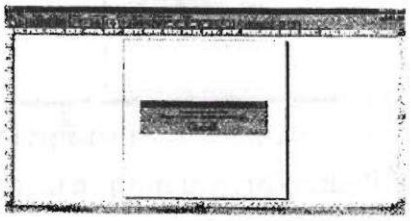
7. เลือกแฟ้มข้อมูลที่ต้องการโดยจะมีชื่อเดียวกับในตอนแรกแต่จะมีนามสกุลเป็น .grd แทนเท่านั้น



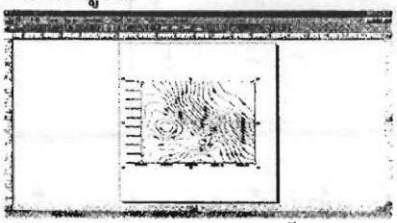
8. จะปรากฏหน้าจอ Contour Map แล้วจึงกำหนดลักษณะต่างๆ ที่ต้องการได้จากหน้าจอนี้



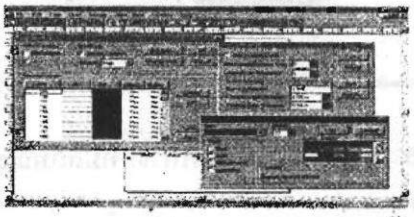
9. แล้วเลือก OK จะปรากฏหน้าจอนี้ เพื่อบอกถึงสภาวะการทำเส้นระดับ และสามารถเลือก Cancel ได้ถ้าหากต้องการยกเลิกการทำเส้นระดับ (contour line)



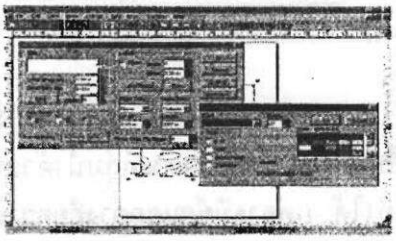
10. หลังจากนั้นจะได้เส้นระดับ (contour line) ที่ยังไม่สมบูรณ์



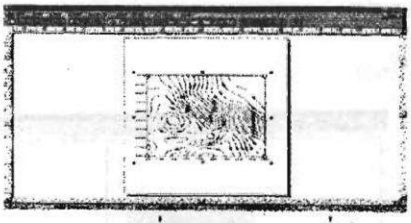
11. การแก้ไขให้คลิก 2 ครั้งที่รูป จะได้หน้าจอ contour line เลือก Label แล้วจึงเลือกคำสั่ง Font และ Format เพื่อแก้ไขการมีจุดทศนิยมและลักษณะของตัวเลข-ตัวอักษร



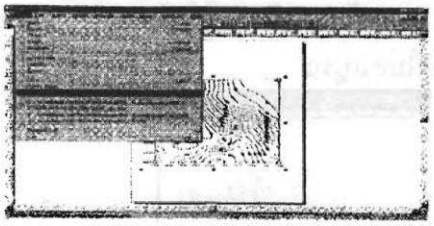
12. การเปลี่ยนแปลงเส้นขอบทั้ง 2 แกน สามารถทำได้โดยคลิกในแกนที่ต้องการเพื่อไปสู่หน้าต่าง Axis เพื่อแก้ไขลักษณะของตัวเลขที่แกนทั้ง 2 แกนต่อไป



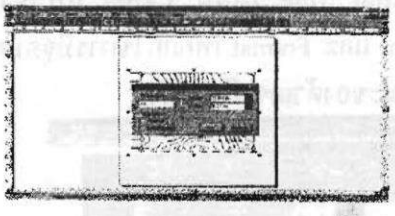
13. หลังจากนั้นจะได้เส้นระดับ (contour line)ตามที่ต้องการ



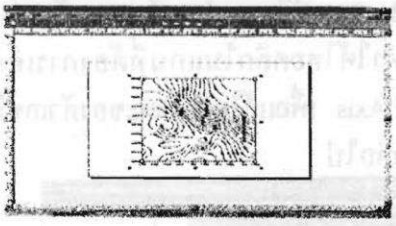
14. การเปลี่ยนแปลงภาพที่ปรากฏบนหน้าจอให้เป็นแนวตั้งหรือแนวนอน สามารถทำได้โดยเลือก File และ Page Layout



15. เข้าสู่หน้าจอ Page Layout เลือก Portrait สำหรับแนวตั้ง และ Landscape สำหรับแนวนอน

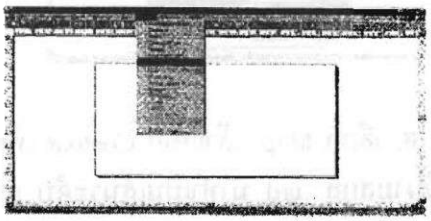


16. เลือก OK จะได้หน้าจอที่มีลักษณะตามที่ต้องการ

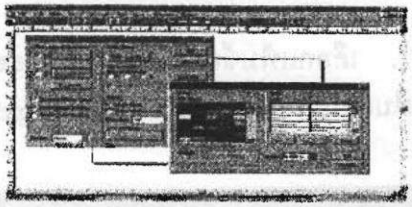


17. การทำรูปที่มีลักษณะเป็น 3 มิติเพื่อบอกระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนนั้นสามารถทำได้ แต่อาจมีข้อแตกต่างคือความถี่ของเส้นในแกน X และ Y อาจแตกต่างกัน ซึ่งมักมีค่าน้อยกว่าเพื่อให้ได้ ภาพที่มีความละเอียดมากกว่า ดังนั้นเราอาจสามารถทำแฟ้ม .grd ใหม่ที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้นได้

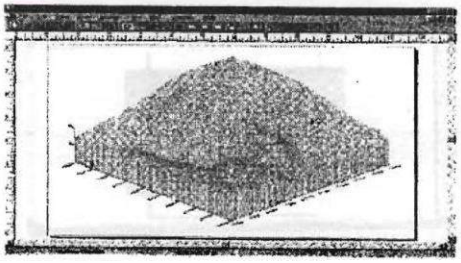
18. เมื่อได้แฟ้มข้อมูลที่ต้องการ (ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงระดับความถี่) ซึ่งจะต้องมีนามสกุลเป็น .grd แล้วจึงเลือกคำสั่ง Map เลือก Surface



19. เลือกแฟ้มข้อมูลที่ต้องการ หลังจากนั้นเข้าสู่หน้าจอ Surface Plot กำหนดสีของเส้นต่างๆ รวมทั้งระดับความสูงที่ต่ำที่สุดที่ต้องการสร้างรูป 3 มิติ



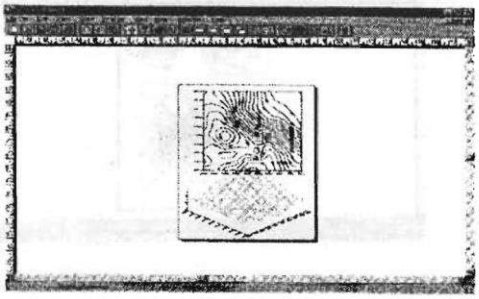
20. หลังจากนั้นจะได้ภาพที่มีลักษณะเป็น 3 มิติที่สามารถบอกระดับความสูง-ต่ำของแต่ละพื้นที่ได้ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆให้คลิกในบริเวณที่ต้องการแล้วจึงตั้งค่าโดยมีวิธีการเช่นเดียวกับการตั้งค่าของเส้นระดับ(contour line)



ผลการศึกษา

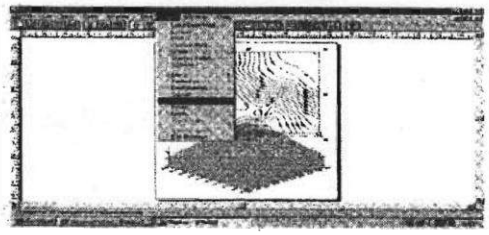
การนำแฟ้มข้อมูล 2 แฟ้มให้มาอยู่ในแฟ้มเดียวกัน

เป็นการซ้อนทับของแฟ้มเส้นระดับ (contour line)กับแฟ้มข้อมูล 3 มิติ สามารถทำได้โดยตามขั้นตอนข้างต้นซึ่งสามารถทำพร้อมกันโดยอยู่ในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน แต่อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปของ .grd เนื่องจากแฟ้มข้อมูลของเส้นระดับจะมีความถี่ของเส้นค่อนข้างน้อยกว่า แต่แฟ้มข้อมูลที่เป็น 3 มิตินั้นต้องการความละเอียดมากเพื่อให้ได้รูปที่มีความละเอียดมากกว่านั่นเอง หลังจากได้รูปเส้นระดับ(contour line)และรูป 3 มิติแล้วซึ่งจะมีลักษณะเป็นอย่างนี้

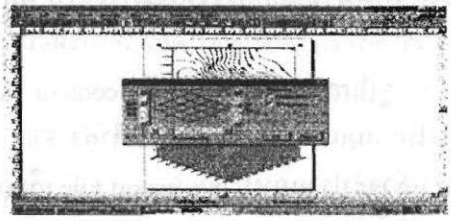


การทำรูปแสดงเส้นระดับ(contour line)ให้อยู่ในลักษณะที่เป็นรูป 3 มิติ

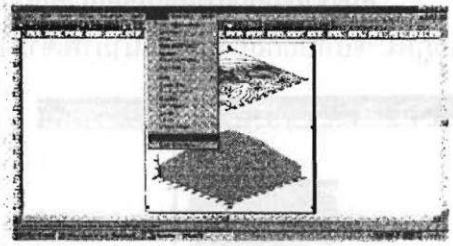
1. โดยเลือกคำสั่ง Map และ 3D View การตั้งค่านั้นสามารถสังเกตได้จากรูป 3 มิติที่มีอยู่เดิมว่ามีค่าต่างๆ เป็นเท่าใดแล้วจึงตั้งค่ารูป 3 มิติของเส้นระดับ(contour line)ให้มีค่าเท่ากันกับรูป 3 มิติที่มีอยู่เดิมเพื่อให้สะดวกในการซ้อนทับรูปทั้งสองเข้าด้วยกัน



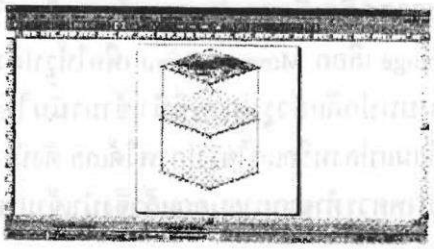
2. จะปรากฏหน้าจอ View กำหนดค่าต่างๆที่ปรากฏบนหน้าจอให้เท่ากับค่าของรูป 3 มิติที่มีอยู่



3. แล้วเลือก OK จะได้รูปแสดงเส้นระดับที่มีลักษณะเป็นรูป 3 มิติตามต้องการ ในขั้นตอนต่อไปให้กดที่รูปทั้ง 2 โดยกด Shift ค้างไว้เพื่อเป็นคำสั่งเลือกรูปทั้ง 2 รูป เลือกคำสั่ง Map จากเมนูแล้วเลือก Overlay Maps จะทำให้รูปทั้ง 2 รูปจะอยู่ในลักษณะที่ซ้อนทับกันอยู่



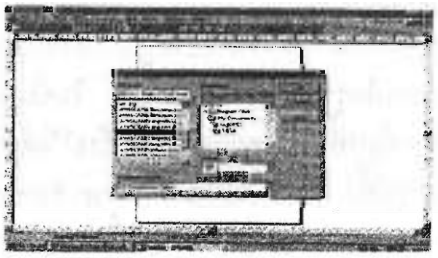
4. คลิก OK จะได้รูปที่เกิดจากการซ้อนกันของทั้ง 2 รูป หลังจากนั้นจึงแต่งรูปเพื่อความสวยงามต่อไป



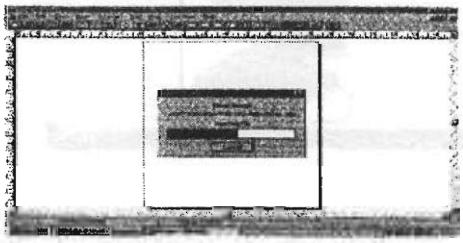
การซ้อนทับแฟ้มข้อมูลในลักษณะที่เป็นการนำแฟ้มที่เป็นรูปภาพ(.jpg, .bmp, .gif เป็นต้น) เข้ามาซ้อนทับกับข้อมูลที่ได้จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SURFER แต่การนำแฟ้มข้อมูลที่เป็นรูปภาพมาซ้อนทับนั้นอาจมีข้อจำกัด กล่าวคือภาพที่ได้

นั้นจะอยู่ในลักษณะ 2 มิติเท่านั้น ไม่สามารถทำให้รูปดังกล่าวอยู่ในลักษณะที่เป็น 3 มิติได้ การทำในขั้นตอนแรกนั้นไม่แตกต่างจากวิธีการข้างต้นเพื่อทำแฟ้มเส้นระดับ(contour line) โดยมีวิธีการดังนี้

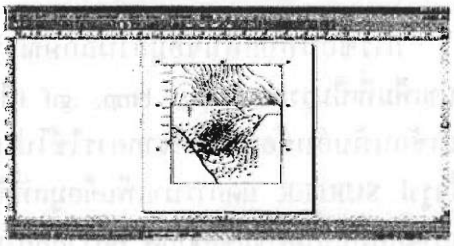
1. รูปแสดงแฟ้มเส้นระดับ(contour line)ที่เหมือนในตอนแรก ขั้นต่อไปเลือกคำสั่ง File เลือก Import แล้วจะปรากฏหน้าจอ Import File เลือกแฟ้มข้อมูลรูปที่ต้องการ



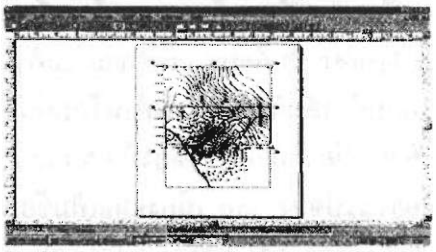
2. หลังจากเลือกแฟ้มข้อมูลแล้วคลิก OK จะปรากฏหน้าจอที่บอกสถานะการนำภาพเข้ามา



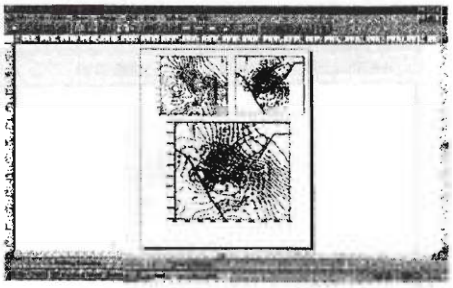
3. จะปรากฏภาพที่นำเข้ามาบนหน้าจอทันที ขั้นต่อไปเป็นการนำรูปทั้ง 2 รูปมาซ้อนทับกัน เริ่มจากคลิกเลือกรูปแสดงเส้นระดับ ใช้คำสั่ง Arrange เลือก Move to Front เพื่อให้รูปดังกล่าวอยู่ด้านบนปกติแล้วรูปภาพที่นำเข้ามานั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขรูปภาพได้เลย ดังนั้นการแต่งรูปภาพควรทำจากภายนอกแล้วจึงนำเข้ามาจะดีกว่า



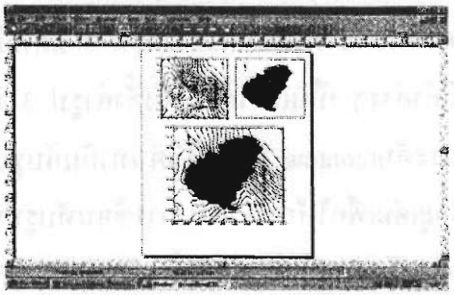
4. จะพบว่ารูปเกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณตำแหน่งที่ซ้อนทับกันคือ รูปแสดงเส้นระดับจะมาอยู่ด้านบนแทนรูปที่นำเข้ามา



5. จัดรูปภาพให้ได้ขนาดเท่ากันและซ้อนทับกันพอดี พร้อมทั้งใส่ทิศแต่งรูปตามความเหมาะสม



6. นอกจากนี้ยังสามารถใช้รูปที่มีลักษณะเป็นรูปถ่ายได้เช่นกัน โดยมีวิธีการทำเช่นเดียวกัน



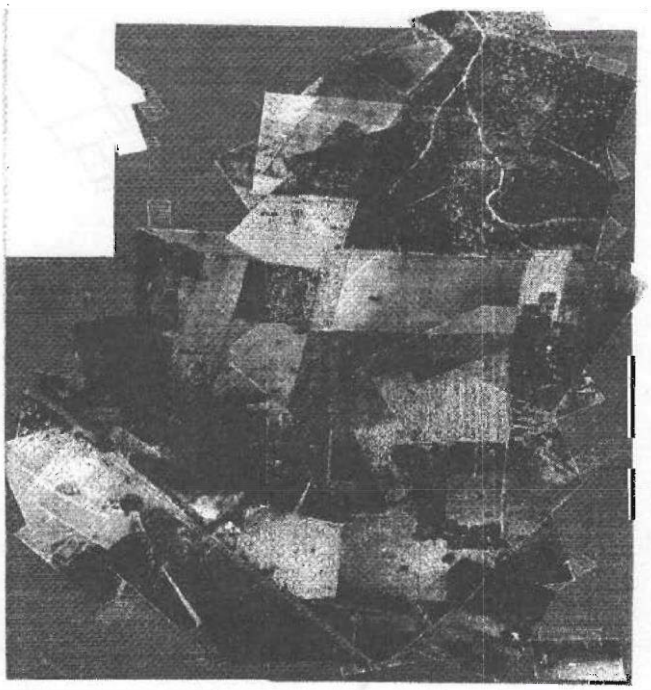


Figure 1 Aerial photograph taken from a balloon of the representative watershed at Kummuang village in early August 1999.

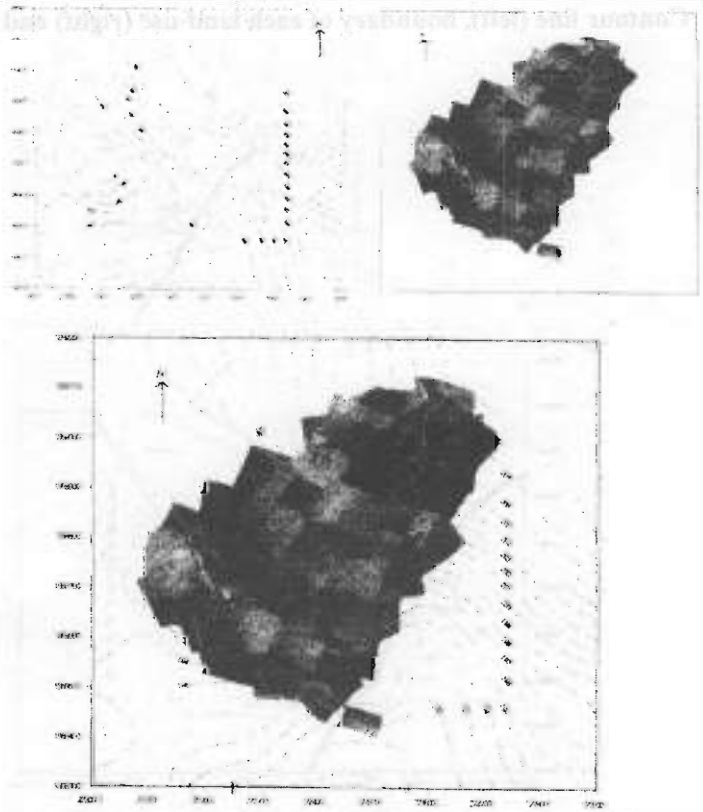


Figure 2 Contour line and different land-use from aerial photograph of the study site.

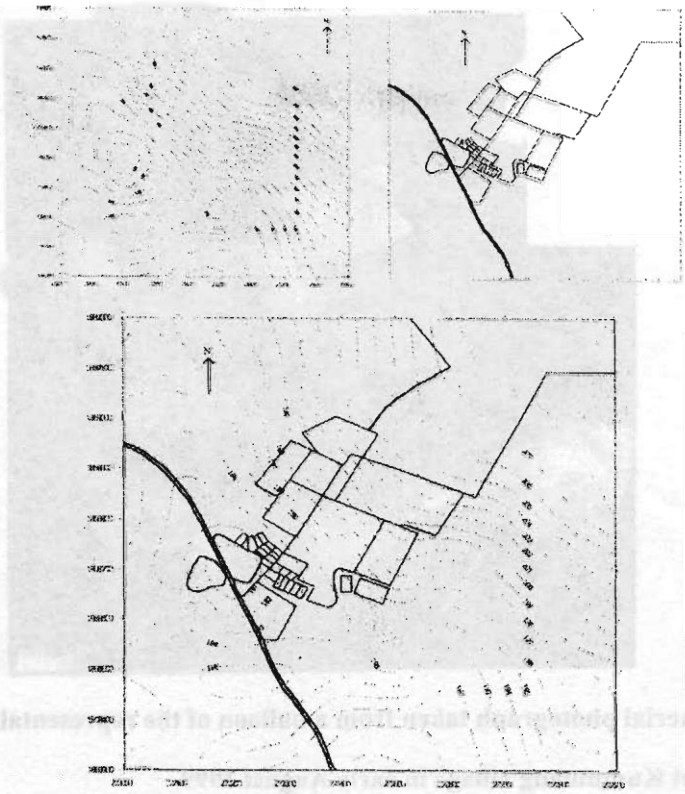


Figure 3 Contour line (left), boundary of each land-use (right) and overlay together.

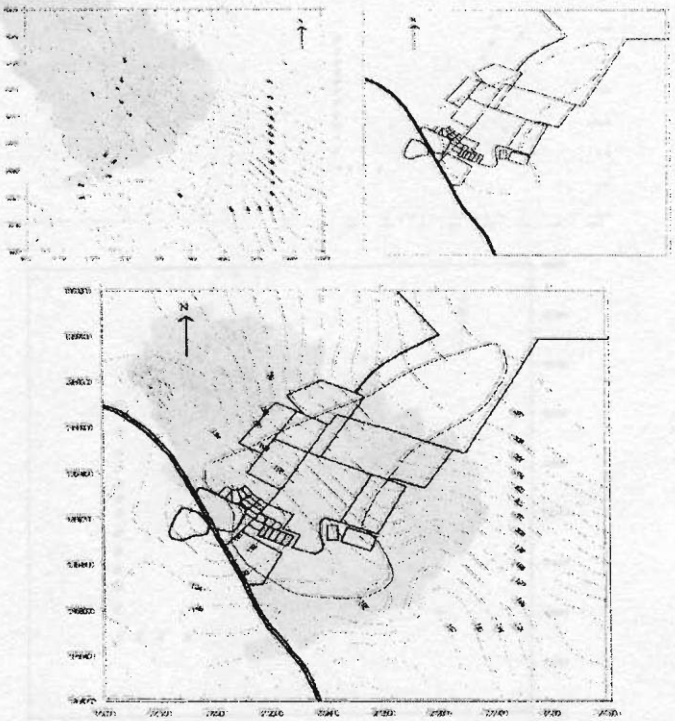


Figure 4 Contour line (left), boundary of each land-use and small watershed boundary (right) and overlay together.

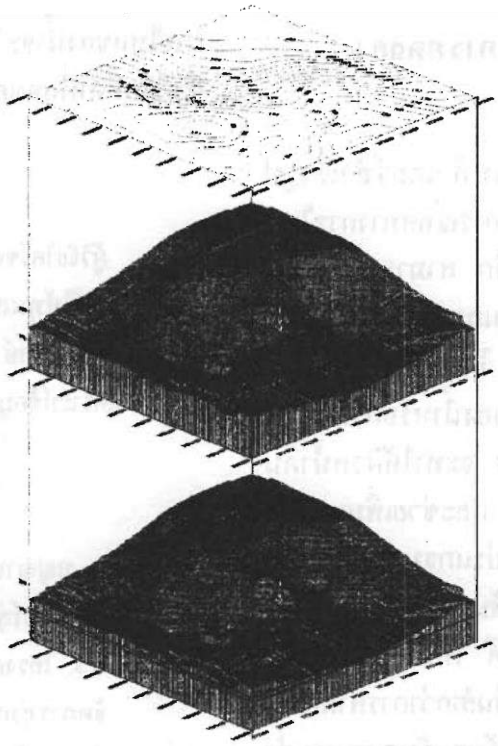


Figure 5 Overlay of contour line and 3 dimension of the representative watershed.

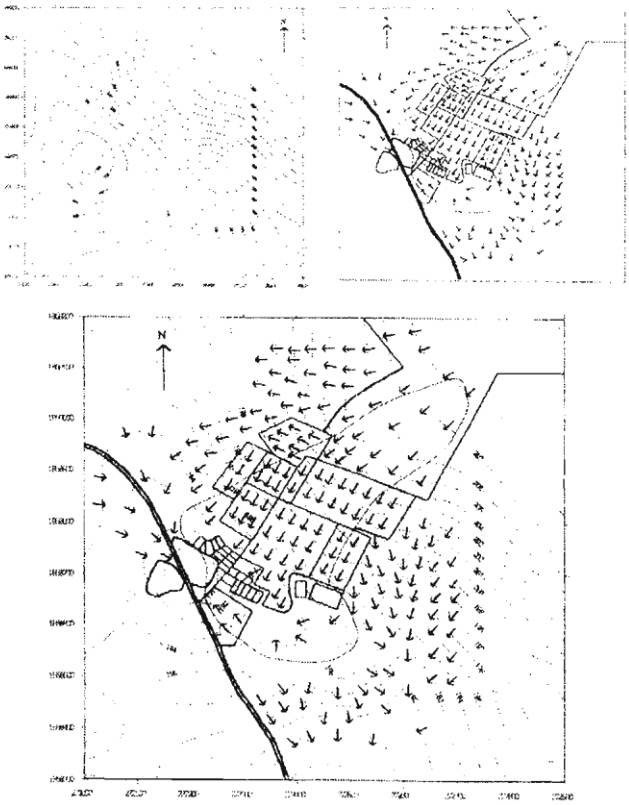


Figure 6 Water flow direction in each land-use zone of the representative watershed.

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SURFER ในการประเมินคาดการณ์ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก สามารถประกอบการศึกษาหาแนวทางป้องกันและแก้ไขการชะล้างพังทลายของดินได้อย่างถูกวิธี โดยการเปลี่ยนแปลงหรือเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของน้ำหรือการเปลี่ยนแปลงร่องแถวของการปลูกพืช จะทำให้ผิวหน้าดินเกิดการชะล้างพังทลายลดลง และช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชอีกด้วย นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SURFER สามารถใช้บอกความสูง-ต่ำของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยได้ ให้ผลการประเมินค่อนข้างถูกต้อง ละเอียด แม่นยำกว่าการคาดคะเนการลากขอบเขตลุ่มน้ำหรือเส้นระดับความสูง-ต่ำ (contour line) โดยการลากเส้นด้วยมือ (conventional method) นอกจากนี้ยังเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ ได้

นอกจากนี้แล้วจะพบว่าทิศทางการไหลของน้ำนั้นมีปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทิศทางการไหลของน้ำ ปัจจัยแรกคือความสูง-ต่ำของพื้นที่ซึ่งเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่กำหนดทิศทางการไหลของน้ำ ส่วนอีกปัจจัยคือทิศทางของร่องปลูกพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้งสองปัจจัยนี้จะเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลของน้ำว่าจะไปในทิศทางไหน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 6 ซึ่งแสดงทิศทางการไหลของน้ำ (water flow direction) ในแต่ละพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินของขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา จะพบว่าทิศทางการไหลของน้ำนั้นจะไหลไปใน 2 ลักษณะ คือไหลในทิศตั้งฉากกับเส้นระดับ (contour line) กับการไหลไปตามทิศทางของร่องปลูกพืช สุดท้ายแล้วทิศทางการไหลของน้ำจะไปรวมกันที่พื้นที่รับน้ำที่เป็นแอ่ง ซึ่งก็คือที่ต่ำที่สุดของพื้นที่ลุ่มน้ำนั่นเอง

คำนิยม

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ นายศุภฤกษ์ กลิ่นหวล ในการช่วยดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

เกริกศักดิ์ บุญญานุพงศ์. 2541. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ลุ่มน้ำภาคเหนือ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 3. โครงการพัฒนาระบบข้อมูลข่าวสารเพื่อการจัดการลุ่มน้ำ ศูนย์สนับสนุนวิชาการเพื่อการพัฒนาภูมิภาค สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: 53 หน้า.

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2540. การสำรวจข้อมูลระยะไกล Remote sensing. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: หน้า 151-160.

ประเสริฐ บุตรวุธ. 2535. เทคนิคพื้นฐานการเขียนแผนที่. วารสารพัฒนาที่ดิน 29(324) 16-24.

ประเสริฐ บุตรวุธ. 2535. เทคนิคพื้นฐานการเขียนแผนที่. วารสารพัฒนาที่ดิน 29(325) 7-12.

เสน่ห์ โรจนดิษฐ์. 2533. คอมพิวเตอร์ช่วยงานเขียนแบบกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์. วารสารภูมิศาสตร์ 15(3):403-408.

อาภรณ์ พรหมประสิทธิ์. 2534. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการอ่านแผนที่. วารสารพัฒนาที่ดิน. 28(316): 20-32.

อภิศักดิ์ โสมอินทร์. 2525. แผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม: 189 หน้า.

Keckler, D. 1994. SURFER for Windows version 6.0 : User's Guide. Golden Software, Inc.

วารสารเกษตร 18 (3) : 250-260 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 250-260 (2002)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

Factors Affecting The Quality of Fresh-cut Lettuce.

ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย[1/] และ ดนัย บุณยเกียรติ[2/]

Teerasak Punvichai[1/] and Danai Boonyakiat[2/]

Abstract: A study on factors affecting the quality of fresh-cut lettuce was conducted. The head lettuce was longitudinal cut into 1.5-2.5 centimeter wide using a sharp knife. Fresh-cut lettuces that were dipped in 1.0 % citric acid solution for 5 seconds, were packed in 40 and 50 micron polypropylene bags. These vegetables were stored at 2, 5 and 10 °C. It was found that fresh-cut lettuce packed in 40 and 50 micron polypropylene bags and stored at 2, 5 and 10 ° had the storage life of 13, 10 and 5 days respectively. 40 and 50 micron polypropylene bags were not affected storage life. Polyphenol oxidase activity of fresh-cut lettuce that was dipped in 1.0 % citric acid solution for 5 seconds, packed in 50 micron polypropylene bags and stored at 2 °C was determined. It was found that brown colour development of cutting surface and leaf rib related to increasing of the polyphenol oxidase activity. 1.0 % citric acid solutions reduced the total pre-and post-storage microbial count for 3.10 - 4.76 % in the fresh-cut lettuce. The respiration rate of the fresh-cut lettuce was higher than the head lettuce for 52 % and dipping in 1.0 % citric acid solution increased the respiration rate of the fresh-cut lettuce for 64 %.

[1/] สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2/] ภาควิชาพืชสวน คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Postharvest Technology Institute, Chaing Mai University, Chaing Mai 50200, Thailand.

[2/] Department of Agricultural Economic, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำผักกาดหอมห่อมาหั่นชิ้นตามความยาวของก้านใบให้มีขนาดกว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นนาน 5 วินาที บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 13, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยที่ความหนาของถุงโพลีโพรไพลีน 40 และ 50 ไมครอน ไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา และเมื่อวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที บรรจุใส่ถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบเพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น การแช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองได้ประมาณ 3.10 – 4.76 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นสูงกว่าผักกาดหอมห่อทั้งหัวประมาณ 52.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 64.0 เปอร์เซ็นต์

Index Words : การตัดแต่ง โพลีฟีนอล ออกซิเดส การเกิดสีน้ำตาล ผักกาดหอมห่อ
Fresh-cut lettuce, Polyphenol oxidase , Brown colour, lettuce

คำนำ

ปัจจุบันมีการนำเอาผักกาดหอมห่อ (*Lactuca sativa* L.) มาแปรรูปบางส่วน เพื่อความสะดวกของผู้บริโภค ซึ่งแนวโน้มของตลาดมีความต้องการเพิ่มสูง การแปรรูปผักบางส่วนหรือการตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นธุรกิจที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว สาเหตุเกิดจากผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต และแนวทางการบริโภคอาหารเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากปัญหาค่าครองชีพที่สูงขึ้น ทำให้สมาชิกในครอบครัวต้องออกไปทำงานนอกบ้าน รวมทั้งปัญหาจราจรทำให้ผู้บริโภคไม่มีเวลาซื้อวัตถุดิบมาปรุงอาหารเองที่บ้านเหมือนในอดีต จึงนิยมซื้ออาหารสำเร็จรูปและอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่วางจำหน่ายในตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ตไปบริโภคกันมากขึ้น (Kim *et al.*, 1993) สำหรับประเทศไทยมีการผลิตผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคจำหน่ายอย่างแพร่หลายทั้งในตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ต แต่ยังมีปริมาณไม่มากนัก คาดว่าปริมาณการผลิตและจำหน่ายจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการผลิต และหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เป็นการประกันความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค ปัญหาที่สำคัญของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ การเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมมีสาเหตุมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) (Fujita *et al.*, 1991) ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ การเกิดสีน้ำตาลสามารถลดลงได้โดยการแช่ในกรดชนิดต่างๆ เนื่องจากค่าพีเอชที่ต่ำทำให้พันธะไฮโดรเจน ในโมเลกุลของโปรตีนแยกออกเป็นผลให้โครงสร้างโมเลกุล ของโปรตีนเกิดการ

คลายตัว ซึ่งจะทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมลดน้อยลง (King and Bolin, 1989) และค่าพีเอชของผักที่ต่ำกว่า 4.6 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ผลิตสารพิษซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เช่น *Clostridium botulinum* (Brackett, 1994) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อที่จะศึกษากระบวนการผลิตของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีคุณภาพดี สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด เพื่อให้ได้ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการของผู้บริโภค สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น นำมาใช้ประโยชน์ได้จริงในทางการค้า และเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการศึกษาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ผักกาดหอมห่อ (*Lactuca sativa* L.) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12-15 เซนติเมตร จากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกเฉพาะหัวที่มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการ ล้างด้วยน้ำสะอาด แกะใบนอกออก 2-3 ใบ หั่นชิ้นตามความยาวของก้านใบให้มีความกว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร และแยกบริเวณใจกลางผักทิ้ง เนื่องจากเป็นส่วนของเนื้อเยื่อเจริญ มีอัตราการหายใจสูงกว่าปรกติ

ผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

วางแผนการทดลอง แบบแฟคเตอเรียลในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) มี 3 X 2 กรรมวิธี (อุณหภูมิ X วัสดุที่ใช้บรรจุ) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผักกาดหอมห่อ 50 กรัม

นำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ทำให้สะเด็ดน้ำ บรรจุใส่ในถุงโพลีโพรไพลีนแบบมีแถบกาวฝาปิดหนา 40 และ 50 ไมครอน น้ำหนัก 50 กรัมต่อถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ผลการทดลองทุกวัน วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) โดยวิธีการไตเตรทด้วยสารละลาย 2,6 – dichlorophenol Indophenol ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณของคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Whitham *et al.* (1971)

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผักกาดหอมห่อ 50 กรัม

นำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ทำให้สะเด็ดน้ำ บรรจุใส่ในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน น้ำหนัก 50 กรัมต่อถุง เปรียบเทียบกับ ชุดควบคุมที่เตรียมโดยไม่แช่ในสารละลาย บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน นำตัวอย่างที่เตรียมได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์ผลการทดลองทุก 2 วัน วัดค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้โดยการไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total microbial count) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของชุดควบคุมโดยดัดแปลงตามวิธีของ Kiss (1984) สุ่ม

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค 50 กรัม ใส่ในเครื่องปั่นที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ฆ่าเชื้อแล้ว 200 มิลลิลิตร ปั่นนาน 2 นาที และเจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้สารละลายที่มีความเจือจาง 2 x 10^{-3} ถึง 2 x 10^{-6} ดูดสารละลายตัวอย่างแต่ละความเจือจาง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Method Agar (พีเอช 7.0) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วลงในจานซึ่งมีสารละลายตัวอย่างผักบ่มในตู้อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นาน 48 $\pm$ 3 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีเฉพาะจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี รายงานผลในรูป $\log_{10}$ CFU/g และวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ดัดแปลงจากวิธีการของ Selvaraj and Kumar (1989) โดยสุ่มตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค 10 กรัม แช่ในไนโตรเจนเหลวบดให้เป็นเนื้อเดียวกันในโกร่งบด ชั่งตัวอย่างที่บดได้ 500 มิลลิกรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม phosphate buffer 0.05 M ซึ่งมี pH 6.8 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เก็บไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยการบีบผ่านผ้ากรอง 4 ชั้น และนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงอุณหภูมิต่ำ ที่ความเร็วรอบ 14,000 x g นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สารละลายส่วนที่ใส คือ เอนไซม์ (crude enzyme) นำไปวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยผสม citrate phosphate buffer 0.05 M ซึ่งมี pH 6.8 ปริมาตร 3.4 มิลลิลิตร pyrogallol 1.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และเอนไซม์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectophotometer คำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ แสดงเป็นหน่วยของเอนไซม์ โดยกำหนดให้ 1 หน่วยของเอนไซม์เท่ากับ 0.05 $Absorbance_{450}$ ที่เปลี่ยนไป/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Bradford โดยใช้ Bovine serum albumin เป็นโปรตีนมาตรฐาน

อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัว

วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน ที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อทั้งหัวและผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกวัน นาน 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างก๊าซในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน ฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography คำนวณอัตราการหายใจ (Respiration rate) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง และค่า Respiratory quotient (R.Q.) ของผักกาดหอมห่อจากสมการดังนี้

$$\text{Respiration rate} = \frac{\text{difference in } CO_2\ (\%) \times \text{free volume (ml)} \times 321.75}{\text{sample wt (kg)} \times \text{Time sealed (min)} \times (273 + \text{store temp °C})}$$

$$\text{R.Q.} = \frac{\text{Volume of } CO_2 \text{ produced}}{\text{Volume of } O_2 \text{ taken up}}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณภาพทางเคมีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.93 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ลดลงมีค่าเท่ากับ 1.56, 1.55 และ 1.51 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน เช่นเดียวกัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1) และจากผลการทดลองเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นเวลานานขึ้นพบว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค มีปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ลดลง เนื่องจากเซลล์ของผักกาดหอมห่อยังมีการหายใจหลังการเก็บเกี่ยว หรือยังมีกระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นภายในเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยส่วนใหญ่สารตั้งต้นที่ใช้ คือ น้ำตาลและกรดอินทรีย์ต่างๆ ทำให้ปริมาณน้ำตาลและกรดที่สะสมอยู่ลดลง (Wills *et al.*, 1998) ปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซีลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 2.04, 2.06 และ 2.05 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1) และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน เช่นเดียวกัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1) Albrecht (1993) รายงานว่าการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อทั้งหัวในภาชนะบรรจุมีการสูญเสียวิตามินซีที่อยู่ในรูป L-ascorbic acid โดยถูกออกซิไดซ์ไปเป็น dehydroascorbic acid หลังจากเก็บรักษานาน 6 วัน และการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการป้องกันการสูญเสียวิตามินซีสำหรับผักที่ใช้ส่วนของใบบริโภค (สายชล, 2528) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.05 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอลดลงซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.04, 0.03 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และคลอโรฟิลล์บีลดลงมีค่าเท่ากับ 0.03, 0.02 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน เช่นเดียวกัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน

(ตารางที่ 1) สำหรับผักใบการเสื่อมคุณภาพที่สำคัญคือการสูญเสียสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ (Lipton, 1987) การใช้ถุงพลาสติกบรรจุผักกาดหอมห่อสามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ของผักกาดหอมห่อได้ (Lopez-Galvez *et al.*, 1996)

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ บรรจุถุงโพลีโพร-ไพลีนหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาพร้อมกันวันที่ 13, 10 และ 5 ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) โดยที่ความหนาทั้ง 2 ของถุงโพลีโพรไพลีนสภาพไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา คือ สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาพร้อมกัน ดังนั้นการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ PPO และอัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค จึงเลือกใช้ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ บรรจุถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน ซึ่งมีราคาต่ำกว่าถุงโพลีโพรไพลีนหนา 40 ไมครอน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

Table 1 **Chemical quality of fresh-cut lettuce dipped in 1.0 % citric acid solution and stored at 2, 5 and 10 °C for 6 days.**

Temperature (A)	TSS (%)	Vitamin C (mg/100g fw.)	Chlorophyll a (mg/100g fw.)	Chlorophyll b (mg/100g fw.)
Initial (0 day)	1.93	7.13	0.05	0.04
6 days				
2 °C	1.56	2.04	0.04	0.03
5 °C	1.55	2.06	0.03	0.02
10 °C	1.51	2.05	0.03	0.02
Polypropylene (B)	**TSS (%)**	**Vitamin C (mg/100g fw.)**	**Chlorophyll a (mg/100g fw.)**	**Chlorophyll b (mg/100g fw.)**
Initial (0 day)	1.93	7.13	0.05	0.04
6 days				
40 micron	1.55	2.13	0.03	0.03
50 micron	1.53	1.97	0.02	0.03
Factor A	ns	ns	ns	ns
Factor B	ns	ns	ns	ns
A x B	ns	ns	ns	ns
% CV	1.81	14.05	49.12	43.55

Means within the same column followed by different letter differ significantly at $p<0.05$.

s : significant ns : non significant

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก (ชุดควบคุม) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง มีค่าเท่ากับ 18.6 และ 17.2 หน่วย ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 10 วัน (ตารางที่ 2) ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค กล่าวคือ เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคระยะเวลานานขึ้น การเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบเพิ่มมากขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลงอยู่ระหว่าง 3.12 – 12.12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก และหลังจากเก็บรักษานาน 2 วัน ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เท่ากับ 17.31 และ 18.06 หน่วย ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 2) สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลทำให้ค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคลดลง และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 2) การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลโดยมีเอนไซม์ PPO เร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล (Meteos *et al.*, 1993) และเอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมห่อทำงานได้ดีที่ระดับพีเอช 5 ถึง 8 (Fujita *et al.*, 1991) ซึ่งค่าพีเอชที่ต่ำกว่า 4 สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำให้สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ (Siriphanich and Kader, 1986 ; Vamos-Vigyazo, 1981) ซึ่งในการทดลองนี้สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ เนื่องจากสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ลดค่าพีเอชที่ผิวของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคลงต่ำกว่า 4 ซึ่งส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนแยกออกจากกันเป็นผลให้โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัวทำให้เอนไซม์ PPO มีกิจกรรมลดน้อยลง (King and Bolin, 1989) เอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมห่อทำงานได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส (Fujita *et al.*, 1991) ดังนั้นการชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถควบคุมได้โดยการแช่ในสารละลายกรดและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (Bolin *et al.*, 1977)

ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเริ่มต้นการทดลองก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) มีค่าเท่ากับ 5.25 $\log_{10}$ CFU/g หลังจากนำมาแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง 4.76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.05 $\log_{10}$ CFU/g เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน และมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเท่ากับ 5.00

ส่วนผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเท่ากับ 6.75 (ตารางที่ 3) และเมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมเพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 5.32 และ 5.49 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์สามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาได้เพียงเล็กน้อยประมาณ 3.10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

Table 2 **Polyphenol oxidase activity, pH and titratable acidity of fresh-cut lettuce packed in 50 micron polypropylene bag and stored at 2 °C.**

	Unit of enzyme PPO				
Treatment	**0 day**	**2 day**	**4 day**	**6 day**	**8 day**
Citric acid 1.0 %	**18.16**	**17.31**[b]	**25.56**	**26.73**	**29.06**
Control	**17.20**	**18.06**[a]	**26.44**	**27.59**	**33.07**
	pH				
Treatment	**0 day**	**2 day**	**4 day**	**6 day**	**8 day**
Citric acid 1.0 %	**4.63**[b]	**4.42**[b]	**5.12**[b]	**4.39**[b]	**5.26**[b]
Control	**5.55**[a]	**5.98**[a]	**5.80**[a]	**5.99**[a]	**6.03**[a]
	TA (%)				
Treatment	**0 day**	**2 day**	**4 day**	**6 day**	**8 day**
Citric acid 1.0 %	**0.13**[a]	**0.12**[a]	**0.11**[a]	**0.12**[a]	**0.12**[a]
Control	**0.07**[b]	**0.09**[b]	**0.08**[b]	**0.08**[b]	**0.09**[b]

Means within the same column followed by different letter differ significantly at $p<0.05$.

อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วัน (ตารางที่ 4) การหั่นผักกาดหอมห่อมีผลทำให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น 52.0 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษานาน 1 วัน ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวมีอัตราการหายใจเท่ากับ 19.0 และ 9.3 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวนาน 7 วัน พบว่าอัตราการหายใจลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 9.1 และ 4.8 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักกาดหอมห่อทั้งหัวเนื่องจากรอยแผลที่เกิดจากการตัดและหั่นชิ้นของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลในการเร่งอัตราการหายใจและการเสื่อมสลายให้เกิดเร็วขึ้น อัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้มีการใช้ก๊าซออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในกระบวนการหายใจออกซิเจน เป็นตัวรับอิเล็กตรอนสุดท้ายในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพื่อให้ได้พลังงานใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ (Wills *et al.*, 1998) อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก (ชุดควบคุม) บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนหนา 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วัน (ตารางที่ 4) สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพิ่มสูงขึ้น 64.0 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน โดยผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกมีอัตราการหายใจเท่ากับ 13.1 และ 4.7 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4) ผักกาดห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวตลอดอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน มีค่า Respiratory Quotient (R.Q.) อยู่ในช่วง 0.9-1.2 (ตารางที่ 4) ซึ่งหมายความว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการหายใจที่ใช้ก๊าซออกซิเจน และใช้กรดอินทรีย์ต่างๆ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ (Wills *et al.*, 1998)

Table 3 Total microbial count and visual score of fresh-cut lettuce dipped in 1.0 % citric acid solution and stored at 2 °C for 7 days.

Treatment	Total microbial count (log_{10} CFU/g)		Visual score (day 7)
	day 0	day 7	
Citric acid 1.0 %	5.05	5.32	6.75
Control	5.25	5.49	5.00

Table 4 Respiration rate and R.Q. of fresh-cut and head lettuce packed in 50 micron polypropylene bags stored at 2 °C.

	Respiration rate ($mgCO_2.kg^{-1}.hr^{-1}$)		R.Q.	
Treatment	day 1	day 7	day 1	day 7
Head	9.3[b]	4.8[b]	1.1[a]	1.1
Fresh-cut	19.0[a]	9.1[a]	0.9[b]	1.2
Treatments	day 1	day 7	day 1	day 7
Citric acid 1.0 %	27.0	13.1[a]	1.0[b]	1.3
Control	21.8	4.7[b]	1.3[a]	1.2

Means within the same column followed by different letter differ significantly at $p<0.05$.

สรุปผลการทดลอง

1. การเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

2. ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักกาดหอมห่อทั้งหัว และสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลทำให้อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพิ่มสูงขึ้น

3. สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นการทดลองได้ประมาณ 4.76 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค สารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้เพียงเล็กน้อยประมาณ 3.10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 364 น.

Albrecht, J.A. 1993. Ascorbic acid and retention in lettuce. J. Food Quality 16 : 311-316.

Brackett, R.E. 1994. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. pp. 269-312. *In* R.C. Wiley (Ed.). Minimally Processed Refrigerated Fruit & Vegetables. Chapman & Hall Inc. New York.

Bolin, H.R., A.E. Stafford, J.R. King and C.C. Huxsoll. 1977. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. J. Food Sci. 42(5) : 1319-1321.

Fujita, S., T. Tono. and H. Kawahara. 1991. Purification and properties of polyphenol oxidase in head lettuce (*Lactuca sativa*). J. Sci. Food Agric. 55 : 643-651.

King, A.D. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally of processed fruits and vegetables. Food Technol. 43(2) : 132-139.

Kiss, I. 1984. Testing Method in Food Microbiology. Amsterdam, Elsevier Science. 447 p.

Lipton, W.J. 1987. Senescence of leafy vegetables. HortScience. 22 : 854-859.

Lopez-Galvez, G., M. Saltveit and M. Cantwell. 1996. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. Postharvest Biol. Technol. 8 : 179-190.

Selvarai, Y. and R. Kumar. 1989. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica.* L.) fruit. J. Ed. Sci Technol. 26(4) : 218-22.

Siriphanich, J. and A.A. Kader. 1986. Effects of CO_2 on total phenolics, phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase in lettuce tissue. J. Amer. Soc. Hort Sci. 110 : 249-253.

Vamos-Vigyazo, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 15 : 49-127.

Whitham, F.H., D.H. Blaydes, R.M. Devin and D. Van. 1971. Experiments in Plant Physiology. Nostrand company, New York., 245 p.

Wills, R.B.H., W.B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits, Vegetables and Ornamentals. 4th ed. New South Wales University Press, New South Wales, 262 p.

วารสารเกษตร 18 (3) : 261-269 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 261-269 (2002)

ผลของความเครียดต่อโปรเจสเตอโรนและฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง ในระบบสืบพันธุ์เพศเมีย

Effect of Stress on Progesterone and Luteinizing Hormone in Female Reproductive System

ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร[1/]

Tusanee Apichartsrungkoon[1/]

Abstract: Stress interferes with the secretion of progesterone and luteinizing hormone via stress-related hormones; i.e. Adrenocorticotropin (ACTH) and glucocorticoids. These hormones disrupt the release of LH lead to abnormal ovulation and incomplete corpus luteum formation. In addition, they alter the secretion of progesterone by decrease the secretion from ovary but increase the secretion from adrenal gland cause the improper levels in various periods of reproductive system. These cause a reduction in reproductive performance, via lowered conception rate, increased embryonic death, and an increased proportion of anoestrous animals.

บทคัดย่อ : ความเครียดรบกวนการทำหน้าที่ปกติของโปรเจนสเตอโรน และฮอร์โมนลูทีไนซิ่งผ่านทางการทำงานของฮอร์โมนที่หลั่งจากกระบวนการตอบสนองของร่างกายต่อความเครียด ซึ่งได้แก่ Adrenocorticotropin (ACTH) และกลูโคคอร์ติคอย ฮอร์โมนดังกล่าวยับยั้งการหลั่ง LH มีผลต่อการตกไข่และการพัฒนาของคอร์ปัสลูเทียม นอกจากนี้ยังลดการผลิตโปรเจสเตอโรนจากรังไข่แต่เพิ่มการผลิตจากต่อมหมวกไต ทำให้ระดับโปรเจสเตอโรนปรวน - แปรไม่เหมาะสมต่อการทำงานปกติในช่วงเวลาต่างๆ ของระบบสืบพันธุ์เหล่านี้ทำให้ประสิทธิภาพระบบสืบพันธุ์ลดลง ซึ่งแสดงออกในรูปแบบต่างๆ เช่น อัตราการผสมติดต่ำ อัตราการตายของตัวอ่อนสูง และจำนวนสัตว์ที่มีปัญหาของระบบสืบพันธุ์เพิ่มขึ้น

Index words: ความเครียด โปรเจสเตอโรน ฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง

Stress, Progesterone, Luteinizing hormone

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

เป็นที่ยอมรับกันดีว่า ความเครียดมีผลอย่างมากต่อการดำรงชีวิตและการสร้างผลผลิตของสัตว์ ทั้งอัตราการเจริญเติบโต (Copland, 1983) ผลผลิตน้ำนม (Moody *et al.*, 1967) และความแปรปรวนในระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ การเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (Flowers *et al.*, 1989) อัตราการตั้งท้องและการรอดชีวิตของตัวอ่อน (Ryan *et al.*, 1993) และน้ำหนักแรกคลอดของลูกสัตว์ (Collier *et al.*, 1982) เป็นต้น Johnson and Vanjonack (1976) แบ่งความเครียดออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ความเครียดที่เกิดจาก: 1) ปัจจัยทางฟิสิกส์ (เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ลม แสงแดด ฯลฯ) 2) ปัจจัยทางเคมี (เช่น O_2, CO_2, SO_2, NH_3 กลิ่น ฯลฯ) 3) ปัจจัยทางชีววิทยา (เช่นความหนาแน่นของสัตว์ ปรสิต ความกลัว ฯลฯ) และ 4) ปัจจัยที่มีผลทางอ้อม (เช่น อาหาร น้ำดื่ม สภาพดิน โรงเรือน ฯลฯ) เมื่อสัตว์ได้รับความเครียด ร่างกายจะดำเนินกระบวนการเพื่อหลีกเลี่ยงหรือตอบโต้ต่อสาเหตุของความเครียด และปรับสภาวะทางชีวเคมีของร่างกายให้เข้าสู่สมดุล (homeostasis) ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ด้วยกลไกการตอบสนอง 3 ระดับ ได้แก่ 1) การตอบโต้ทางพฤติกรรม 2) การตอบโต้โดยระบบประสาทอัตโนมัติ และ 3) การตอบโต้โดยระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ (Moberg, 1985)

การตอบโต้ของร่างกายใน 2 ระดับแรกเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ และมีผลต่อระบบสืบพันธุ์น้อยกว่าการตอบสนองในระดับที่ 3 คือ การตอบโต้โดยระบบประสาทและต่อมไร้ท่อการตอบโต้ดังกล่าวเป็นการทำหน้าที่ของต่อมสำคัญ ได้แก่ไฮโปธาลามัส (hypothalamus) ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary gland) และต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) หรือเรียกว่า hypothalamic pituitary–adrenal axis (HPA axis) ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ corticotropin releasing factor (CRF), adrenocorticotropin (ACTH) และ glucocorticoids (โดยเฉพาะ cortisol และ/หรือ corticosterone) ดังแสดงในภาพที่ 1. พบว่าฮอร์โมนที่หลั่งจาก HPA axis นอกจากจะเพื่อกระบวนการกำจัดความเครียดหรือปรับสภาพการทำงานของร่างกายเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาพความเครียดแล้ว ฮอร์โมนดังกล่าวยังก่อให้เกิดผลเสียโดยตรงต่อระบบสืบพันธุ์ด้วย การฉีด ACTH หรือ คอร์ติซอล ทำให้การเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้าลงในหนูและสุกร (Christian, 1964; Liptrap, 1970) วงจรการเป็นสัดสั้นลงในสุกร (Liptrap, 1970) และเพิ่มอัตราการตายของตัวอ่อนในหนู กระต่ายและแกะ (Euker and Riegle, 1973; Howarth and Hawk, 1968; Kendall and Liggins, 1972)

อย่างไรก็ตามผลของความเครียดที่มีต่อประสิทธิภาพระบบสืบพันธุ์ผ่านทางการทำงานของ HPA axis น่าจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์ ซึ่งเป็นตัวควบคุมการทำงานหลักของระบบนี้ ดังนั้นในบทความนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อรวบรวมรายงานต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของความเครียดและฮอร์โมนจาก HPA axis ที่มีต่อฮอร์โมนระบบสืบพันธุ์ที่สำคัญคือ โปรเจสเตอโรนและฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง เพื่อที่จะได้เป็นข้อมูลในทางลึกใช้ในการอธิบายผลเสียของความเครียดที่มีต่อระบบสืบพันธุ์ในแง่ต่างๆ

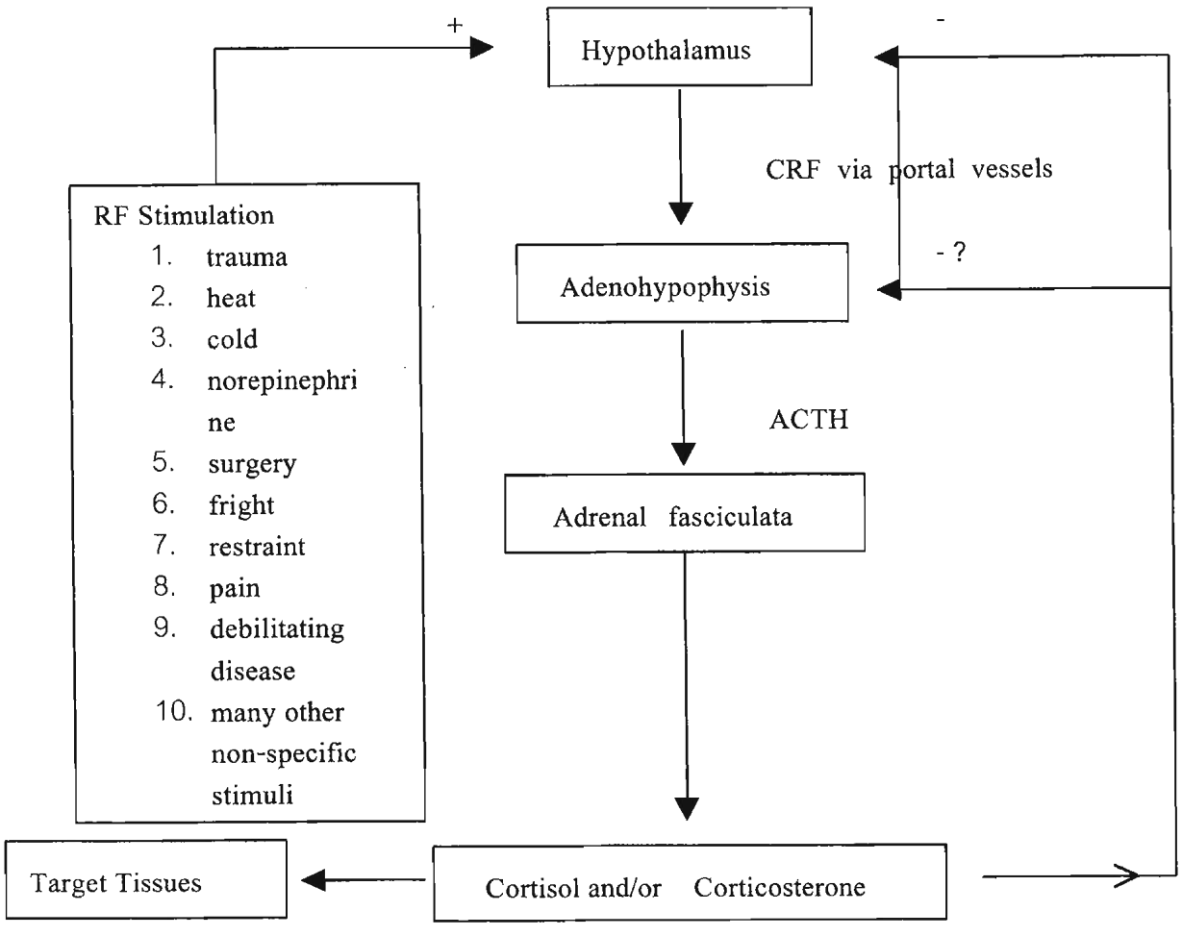


Figure 1 **The hypothalamic - adenohypophyseal control of adrenal output of cortisol/ corticosterone and the feed back regulation. Note also the other factors which favour the corticotropin releasing factor (CRF) output. (adapted from McDonald, 1969).**

ผลของความเครียดต่อระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone)

โปรเจสเตอโรนเป็นหนึ่งในฮอร์โมนสำคัญที่ควบคุมการทำหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์ ความสมดุลระหว่างโปรเจสเตอโรน และเอสโตรเจน (estrogen) กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของฟอลลิเคิล (follicle) และการแสดงพฤติกรรมการเป็นสัดของสัตว์เพศเมีย (Alexander *et al.*, 1980) นอกจากนี้โปรเจสเตอโรนยังมีความสำคัญในการพยุงการตั้งท้องอีกด้วย โปรเจสเตอโรนส่วนใหญ่ถูกสร้างจากคอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum, CL) ในรังไข่ และมีส่วนน้อยที่สร้างจากต่อมหมวกไต Ashworth *et al.* (1989) แบ่งระดับโปรเจสเตอโรนที่ควรจะเป็นขณะตั้งท้อง ออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ **ระยะแรก** ตั้งแต่วันผสมจนถึงประมาณวันที่ 2 หลังวันผสม โปรเจสเตอโรนต้องอยู่ในระดับต่ำ **ระยะที่สอง** ตั้งแต่วันที่ 3-7 หลังวันผสม

โปรเจสเตอโรนควรมีระดับสูงเท่าเทียมกับระดับที่พบในระยะ luteal phase ของวงจรการเป็นสัดปกติ **ระยะที่สาม** โปรเจสเตอโรนควรมีระดับสูงขึ้นเพื่อให้มีมากพอในการพยุงการตั้งท้องจนกระทั่งคลอด ดังนั้นหากมีปัจจัยใดก็ตามที่มีผลกระทบต่อระดับโปรเจสเตอโรน อาจรบกวนไปถึงการทำงานปกติของระบบสืบพันธุ์ ซึ่งก็ทำให้ประสิทธิภาพระบบสืบพันธุ์ลดลง

ความเครียดจากอุณหภูมิสูงส่งผลทำให้ระดับโปรเจนเตอโรนเพิ่มขึ้น (Thatcher, 1974 ; Gwazdaukas *et al.*, 1973 ; Vaught *et al.*, 1977) Mills *et al.* (1972) รายงานว่าโคสาวที่ได้รับความเครียดจากความร้อนทันทีหลังผสมพันธุ์ จะมีระดับโปรเจสเตอโรนสูงกว่าโคกลุ่มควบคุม (0.97 และ 0.55 นนก./มล. ในกลุ่มทดลองที่ 32.2 °ซ และกลุ่มควบคุมที่ 21.1 °ซ ตามลำดับ) นอกจากนี้ Abilay *et al.* (1975) ยังแสดงให้เห็นว่าโคสาวที่อยู่ในสภาพอากาศร้อนเป็นเวลา 2 รอบของวงจรการเป็นสัด จะมีระดับโปรเจสเตอโรนเพิ่มขึ้นระหว่างวันที่ 2-19 และ 2-8 ของวงจรการเป็นสัดรอบแรกและรอบสองตามลำดับ

เป็นไปได้ว่าการหลั่งโปรเจสเตอโรนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากอิทธิพลของ ACTH และกลูโคคอร์ติคอยจาก HPA axis (Silva *et al.*, 1983; Hennessy and Williamson, 1983) อย่างไรก็ตามผลของความเครียดที่มีต่อระดับโปรเจสเตอโรนก็ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในรอบวงจรการเป็นสัดเมื่อสัตว์ได้รับความเครียด รวมทั้งชนิดและความยาวนานของการได้รับความเครียดด้วย

ผลของความเครียดต่อระดับโปรเจสเตอโรนในระยะการทำงานของฟอลลิเคิล (Follicular phase)

ระยะการทำงานของฟอลลิเคิลนับจาก 3-4 วันก่อนระยะเป็นสัดจนถึงระยะเป็นสัด ซึ่งในโคจะกินเวลาประมาณ 4-5 วัน โดยในระยะนี้จะมีการพัฒนาของฟอลลิเคิลจนกระทั่งกลายเป็นฟอลลิเคิลที่โตเต็มที่ (graafian follicle) และมีการตกไข่ Wagner *et al.* (1972) รายงานว่าโคสาวที่ได้รับการฉีด ACTH ในวันที่ 1-8 ของรอบวงจรการเป็นสัดจะมีระดับโปรเจสเตอโรนสูง ระหว่างวันที่ 1-5 ของวงจรการเป็นสัด ซึ่งโปรเจสเตอโรนดังกล่าวน่าจะถูกสร้างจากต่อมหมวกไตส่วนนอกมากกว่ารังไข่ เนื่องจากระดับโปรเจสเตอโรนที่เพิ่มขึ้นพบได้เช่นกันในโคและแกะที่ผ่าตัดเอารังไข่ออกและได้รับการฉีด ACTH (Wagner *et al.*, 1972; Cooke and Benhaj, 1989)

การเพิ่มขึ้นของระดับโปรเจสเตอโรนในระยะนี้ ซึ่งปกติควรอยู่ในระดับต่ำ มีผลรบกวนสมดุลระหว่างโปรเจสเตอโรน เอสโตรเจน และฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง (luteinizing hormone, LH) ความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ที่ตามมาได้แก่ ระยะการเป็นสัดสั้นลง การเป็นสัดเงียบ (silent heat) หรือแสดงอาการเป็นสัดไม่ชัดเจน (Thatcher, 1974) นอกจากนี้ Vaz and Stott (1981) อ้างโดย Watson and Munro (1984) ยังชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายของตัวอ่อนที่สูงขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของระดับ 17 α-hydroxyprogesterone ในกระแสโลหิต ซึ่งการเพิ่มขึ้นของโปรเจสเตอโรนอาจทำให้การตก

ไข่ล่าช้า ทำให้ไข่ที่ตกมาในท่อนำไข่เป็นไข่ที่มีอายุมากและแม้จะมีการปฏิสนธิเกิดขึ้นโอกาสรอดชีวิตของตัวอ่อนก็จะลดลง (Watson and Munro, 1984) Moberg (1976) ยังเสริมอีกว่าการเพิ่มขึ้นของโปเจสเตอโรนในเวลาที่ไม่เหมาะสมอาจมีผลต่อการหลั่งโกนาโดโทรปิน (gondotropins) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการพัฒนาของฟอลลิเคิลและไข่

ผลของความเครียดต่อระดับโปรเจสเตอโรนในระยะกลางของการทำงานของคอร์ปัสลูเทียม (Mid luteal phase)

ระยะกลางของการทำงานของคอร์ปัสลูเทียมอยู่ในช่วงวันที่ 8-11 ของรอบวงจรการเป็นสัด ซึ่งโปรเจสเตอโรนจะอยู่ในระดับสูงและคงที่ในสัตว์ปกติ Da Rosa and Wagner (1981) รายงานว่าการฉีด ACTH ให้แก่โคสาวตั้งแต่วันที่ 2-25 ของรอบวงจรการเป็นสัด จะมีผลลดความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนในระยะการทำงานของคอร์ปัสลูเทียม เช่นเดียวกับ Wagner *et al.* (1972) ซึ่งรายงานว่าระดับโปรเจสเตอโรนในกระแสโลหิตของโคสาวลดลงระหว่างวันที่ 8-10 ของวงจรการเป็นสัด เมื่อโคได้รับความเครียดโดยการฉีด ACTH ในวันที่ 1-8 ของวงจรการเป็นสัด จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ACTH มีผลกดการสร้างโปรเจสเตอโรนของคอร์ปัส ลูเทียม อย่างไรก็ตาม ACTH มิได้มีอิทธิพลโดยตรงต่อการทำงานของคอร์ปัสลูเทียม แต่ ACTH กระตุ้นให้เกิดหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยจากต่อมหมวกไตส่วนนอกและฮอร์โมนดังกล่าวมีผลระงับการทำงานของคอร์ปัสลูเทียม ข้อสรุปดังกล่าวได้จากการทดลองฉีด ACTH ในโคที่ตัดเอาต่อมหมวกไตออก พบว่าระดับโปรเจสเตอโรนไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Da Rosa and Wagner, 1981) การที่โปรเจสเตอโรนอยู่ในระดับต่ำกว่าปกติในระยะการทำงานของคอร์ปัสลูเทียม ก่อให้เกิดผลเสียต่อการพัฒนาของตัวอ่อน Parr *et al.* (1989) รายงานว่าตัวอ่อนของแกะไวต่อการลดต่ำลงของโปรเจสเตอโรนอย่างมากในช่วงวันที่ 11-12 ของการตั้งท้อง ซึ่งเป็นเวลาที่การพัฒนาของรกเริ่มต้นขึ้น (Bindon, 1971) Parr *et al.* (1989) ยังแสดงให้เห็นว่าหากแกะได้รับสารยับยั้งการสร้างโปรเจสเตอโรนในวันที่ 11-12 ของการตั้งท้อง อัตราการตั้งท้องจะต่ำกว่าในแกะกลุ่มควบคุม (53.3*vs* 76.7%)

ผลของความเครียดต่อระดับโปรเจสเตอโรนในระยะท้ายของการทำงานของคอร์ปัสลูเทียม (Late luteal phase)

จากการศึกษาของ Cooke and Benhaj (1989) โดยการฉีด ACTH ให้กับแกะระหว่างวันที่ 12-16 ของวงจรการเป็นสัด พบว่าการลดระดับของโปรเจสเตอโรนเกิดขึ้นล่าช้ากว่าปกติ แม้ว่าโปรเจสเตอโรนของแกะกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจะมีระดับลดลงระหว่างวันที่ 12-16 ของวงจรการเป็นสัด แต่ความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนในวันที่ 14, 15 และ 16 ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การฉีดเด็กซาเมทธาโซน (dexamethasone) ซึ่งออกฤทธิ์เลียนแบบกลูโคคอร์ติคอย ให้แก่โคสาวระหว่างวันที่ 16-20 ของวงจรการเป็นสัดก็ให้ผลคล้ายคลึงกัน

ผลจากการรบกวนระดับโปรเจสเตอโรนในช่วงเวลาดังกล่าวทำให้ 1) การแสดงพฤติกรรมการเป็นสัดของรอบถัดไปล้มเหลว 2) การฟอร์มคอร์ปัส - ลูเทียม ล่าช้าหรือล้มเหลว 3) กดการพัฒนาของฟอล-ลิเคิลทำให้ระยะเป็นสัดล่าช้า และ4)รังไข่ไม่ทำงาน (Cooke and Benhaj, 1989; Ingraham *et al.*, 1984)

ผลของความเครียดต่อระดับฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง (Luteinizing hormone, LH)

ฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง (LH) ซึ่งทำหน้าที่สำคัญในระบบสืบพันธุ์โดยเฉพาะการกระตุ้นการตกไข่และการพัฒนาของคอร์ปัส ลูเทียมก็ถูกกระทบเช่นกันจากความเครียดที่สัตว์ได้รับ Madan and Johnson (1973) รายงานว่าระดับสูงสุดของ LH ในระยะเป็นสัดของโคสาวที่เลี้ยงในสภาพอุณหภูมิ 33.5°ซ ต่ำกว่าโคสาวที่เลี้ยงในสภาพอุณหภูมิ 18.2°ซ อย่างมีนัยสำคัญ (44.56 *vs* 61.29 นนก./มล.) นอกจากนี้ระยะเป็นสัดก็สั้นกว่าด้วย Dobson (1987) รายงานว่าโคที่เครียดจากการเดินทาง มีการตอบสนองของ LH ต่อ gonadotropin releasing hormone (GnRH) ลดลง

Hagino *et al.* (1969) รายงานว่าการฉีดเด็กซาเมทธาโซนเข้าไปในส่วน medial preoptic area ของไฮโปธาลามัสในหนู สามารถยับยั้งการตกไข่ได้ นอกจากนี้ Liptrap and McNally (1976) และ Matteri and Moberg (1982) ยังพบว่าการเกิดถุงน้ำรังไข่แบบฟอลลิเคิล (follicular cyst) เนื่องจากขาด LH มีผลมาจากอิทธิพลของ ACTH และกลูโคคอร์ติคอยที่เพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับความเครียด

Wagner *et al.* (1972) และ Goodman and Karsch (1980) อธิบายว่าการเพิ่มขึ้นของระดับโปรเจสเตอโรนเนื่องจากความเครียดหรือการฉีด ACTH ให้แก่สัตว์อาจนำไปสู่ความไม่สมดุลระหว่างสัดส่วนโปรเจสเตอโรน : เอสโตรเจน และมีผลไปรบกวนการสร้างหรือการหลั่ง LH ในระดับไฮโปธาลามัสหรือต่อมใต้สมองขณะที่ Martin *et al.* (1981) สรุปในการทดลองของเขาว่าแกะที่เครียดจากการทำ laparoscopy (การผ่าตัดเพื่อสอดกล้องเข้าไปตรวจในช่องท้อง) พบว่าเกิดการยับยั้งการหลั่ง LH ก่อนการตกไข่ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก เอสโตรเจนไม่สามารถเหนี่ยวนำให้มีการหลั่ง LH จากต่อใต้สมอง หรือความเครียดมีผลโดยตรงที่ไฮโปธาลามัส โดยไม่รับการกระตุ้นจากเอสโตรเจน

ที่ ACTH และกลูโคคอร์ติคอยที่หลั่งจากกระบวนการตอบโต้ความเครียดของร่างกาย ล้วนมีผลต่อการหลั่ง LH (Fuquay and Moberg, 1983; Li and Wagner, 1981 ; Hagino *et al.*, 1969) แต่กลไกการยับยั้งของฮอร์โมนทั้งสองยังไม่เป็นที่สรุปแน่ชัด Matteri and Moberg (1982) ทดลองฉีด ACTH หรือ คอร์ติซอลให้แก่โคหลังการฉีด LHRH เพื่อดูผลการหลั่ง LH เขาพบว่าการฉีด ACTH สามารถยับยั้งการตอบสนองของต่อมใต้สมองต่อ LHRH ทำให้ระดับ LH ต่ำกว่าโคในกลุ่มควบคุม แต่การฉีดคอร์ติซอลไม่มีผลในการยับยั้งดังกล่าว Matteri *et al.* (1984) สรุปว่า ACTH น่าจะมีผลโดยตรงในการยับยั้งการหลั่ง LH ที่ต่อมใต้สมอง ขณะที่กลูโคคอร์ติคอยออกฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งGnRHที่ไฮโปธาลามัส

สรุปผลการศึกษา

ความแปรปรวนของระดับโปรเจสเตอโรนและฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความเครียดและส่งผลถึงประสิทธิภาพระบบสืบพันธุ์ ในความเป็นจริงเมื่อสัตว์ตกอยู่ในสภาพเครียด กลไกการตอบสนองต่อความเครียดของร่างกายจะมีผลกระทบต่อการทำงานเกือบทุกระบบของร่างกาย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสร้างผลผลิตของสัตว์ต่ำลง ซึ่งรวมถึงอัตราการเจริญเติบโต (Copland, 1983) ผลผลิตน้ำนม (Moody *et al.*, 1967) และอาจรุนแรงถึงขั้นทำให้สัตว์ตายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลูกสัตว์ (Doney, 1983) ดังนั้นการดูแลสัตว์ไม่ให้อยู่ในสภาพเครียดจากปัจจัยต่างๆ จึงเป็นเรื่องสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

Abilay, T.A., H.D. Johnson and M. Madan. 1975. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. J. Dairy Sci., 58:1836-1840.

Alexander, G., J.P. Signoret and E.S.E. Hafez. 1980. Sexual, maternal, and neonatal behavior. In:Reproduction in Farm Animals. E.S.E. Hafez(ed.), Lea & Febiger, Philadelphia. p. 304-334.

Ashworth, C.J., D.I. Sales and I. Wilmut. 1989. Evidence of and association between the survival of embryos and the periovulatory plasma progesterone concentration in the ewe. J. Reprod. Fert., 87: 23-32.

Bindon, B.M. 1971. Systematic study of preimplantation stages of pregnancy in the sheep. Aust. J. Biol. Sci., 24:131-147.

Christian, J.J. 1964. Effect of chronic ACTH treatment on maturation of intact female mice. Endocr., 74: 669-679.

Collier, R.J., S.G. Doelger, H.H. Head, W.W. Thatcher, L.A. Israel and C.J. Wilcox. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. J. Anim. Sci., 54: 309-319.

Cooke, R.G. and K.M. Benhaj. 1989. Effects of ACTH and cortisol on luteolysis in the ewe. Anim. Reprod. Sci., 20 : 201-211.

Copland, R.S. 1983. Effect of heat stress on production. In : Tropical Sheep and Goat Production. T.N. Edey (ed.), the Dominion Press – Hedges & Bell, Melbourne, p. 126-127.

Da Rosa, G.O. and W.C. Wagner. 1981. Adrenal-gonad interactions in cattle. Corpus luteum function in intact and adrenalectomized heifers. J. Anim. Sci., 52: 1098-1105.

Dobson, H. 1987. Effect of transport stress on luteinizing hormone released by GnRH in dairy cows. Acta Endocr., 115 : 63-66.

Doney, J.M. 1983. Factors affecting the production and quality of wool. In : Sheep Production. W. Haresign (ed.), Butterworths, London. p. 537-541.

Euker, J.S. and G.D. Riegle. 1973. Effects of stress on pregnancy in the rat. J. Reprod. Fert., 34 : 343-346.

Flowers, B., T.C. Cantley, M.J. Martin and B.N. Day. 1989. Effect of elevated ambient temperatures on puberty in gilts. J. Anim. Sci., 67 : 779-784.

Fuquay, J.W. and G.P. Moberg. 1983. Influence of the pituitary-adrenal axis on the induce release of luteinizing hormone in rams. J. Endocrinol., 99:151-155.

Goodman, R.L. and F.J. Karsch. 1980. Pulsatile secretion of luteinizing hormone : differential suppression by ovarian steroids. Endocr., 107:1286-1290.

Gwazdauskas, F.C., W.W. Thatcher and C.J. Wilcox. 1973. Physiological, environmental and hormonal factors at insemination which

may affect conception. J. Dairy Sci., 56:873-877.

Hagino, N., M. Watanabe and J.W. Goldzieher. 1969. Inhibition by adrenocoticotropin of gonadotrphin – induced ovulation in immature female rats. Endocr., 84:308-314.

Henness, D.P. and P. Williamson. 1983. The effects of stress and of ACTH administration in hormone profiles, oestrus and ovulation in pigs. Theriogen., 20:13-26.

Howarth, Jr. B. and H.W. Hawk. 1968. Effect of hydrocortisone on embryonic survival in sheep. J. Anim. Sci., 27:117-121.

Ingraham, R.H., S.H. Pool and R.A. Godke. 1984. Ovarian function in crossbred beef heifers treated with dexamethasone. Theriogen., 21:875-886.

Johnson, H.D. and W.J. Vanjonack. 1976. Symposium : Stress and health of the dairy cow, effect of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. J. Dairy Sci., 59:1603-1617.

Kendall, J.Z. and G.C. Liggins. 1972. The effect of dexamethasone on pregnancy in the rabbit. J. Reprod. Fert., 29 : 409-413.

Li, P.S. and W.C. Wagner. 1981. Effect of ACTH or cortisol infusion on LH response to GnRH in intact and adrenalectomized heifers. J. Anim. Sci., 53(Suppl. 1):341.

Liptrap, R.M. 1970. Effect of corticotrophin and corticosteroids on oestrus, ovulation and oestrogen excretion in the sow. J. Endocrinol., 47: 197-205.

Liptrap, R.M. and P.J. McNally. 1976. Steroid concentrations in cows with corticotropin induced cystic ovarian follicles and the effect of prostaglandin F2α and indomethacin given by intrauterine injection. Am. J. Vet. Res., 37:369-375.

Madan, M.L. and H.D. Johnoson. 1973. Environmental effects on bovine luteinizing hormone. J. Dairy Sci., 56:1420-1423.

Martin, G.B., C.M. Oldham and D.R. Lindsay. 1981. Effect of stress due to laparoscopy on plasma cortisol levels, the preovulatory surge of LH, and ovulation in the ewe. Theriogen., 16:39-44.

Matteri, R.L. and G.P. Moberg. 1982. Effect of cortisol or adrenocorticotrophin on release of luteinizing hormone induced by luteinizing hormone releasing hormone in the dairy heifer. J. Endocrinol., 92:141-146.

Matteri, R.L., J.G. Watson, and G.P. Moberg. 1984. Stress or acute adrenocorticotrophin treatment suppresses LHRH-induced LH release in the ram. J. Reprod. Fert., 72:385-393.

McDonald, L.E. 1969. Veterinary Endocrinology and Reproduction. Lea & Febiger, Philadelphia. p. 13-36, 94-131.

Mills, A.C., W.W. Thatcher, S.E. Dunlap and C.K. Vincent. 1972. Influence of postbreeding

thermal stress on peripheral plasma progestin concentration in heifers. J.Dairy Sci., 55:400-401.

Moberg, G.P. 1976. Effects of environment and management stress on reproduction in the dairy cow. J. Dairy Sci., 59:1618-1624.

Moberg. G.P. 1985. Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being? In:Animal Stress. G.P. Moberg (ed.), American Physiological Society, Maryland. p. 27-49.

Moody, E.G., P.J. Van Soest, R.E. McDowell and G.L. Ford. 1967. Effect of high temperature and dietary fat on performance of lactating cows. J. Dairy Sci., 50 : 1909-1916.

Parr, R.A., I.F. Davis, M.A. Miles, T.J. Squries and G.J. Simpson. 1989. Timing of embryonic mortality due to progesterone reduction in ewes during early pregnancy. Proc. Aust. Soc. Reprod. Biol, 21:27.

Ryan, D.P., J.F. Prichard, E. Kopel and R.A. Godke. 1993. Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year. Theriogen., 39:719-737.

Silva, M. De, C.C. Kaltenbach and T.G. Dunn. 1983. Serum cortisol and progesterone after administration of adrenocorticotropin and (or) prolactin to sheep. J. Anim. Sci., 57:1525-1529.

Thatcher, W.W. 1974. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. J. Dairy Sci., 57 : 360-368.

Vaught, L.W., D.E. Monty and W.C. Foote. 1977. Effect of summer heat stress on serum luteinizing hormone and progesterone values in Holstein-Friesian cows in Arizona. Am. J. Vet. Res., 38:1027-1030.

Wagner, W.C., R.E. Strohbehn and P.A. Harris. 1972. ACTH, corticoids and luteal function in heifers. J. Anim. Sci., 35:789-793.

Watson, E.D. and C.D. Munro. 1984. Adrenal progesterone production in the cow. Br. Vet. J., 140:300-306.

วารสารเกษตร 18 (3) : 270-280 (2545)

Journal of Agriculture 18 (3) : 270-280 (2002)

การผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีเพื่อวัดปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่แดงของนกกระทาญี่ปุ่น

Production of Monoclonal Antibodies for Determination of Egg Yolk Cholesterol from Japanese Quail

ปิยมาส ตัณฑ์เจริญรัตน์[1/] และ เพทาย พงษ์เพียจันทร์[1/]

Piyamas Tancharoenrat[1/] and Petai Pongpiachan[1/]

Abstract: This research aimed at producing monoclonal antibody against cholesterol for measurement of cholesterol level in egg yolk of Japanese quail by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). Cholesterol and BSA conjugated (Cholesterol-3-BSA) antigen was created for stimulation antibody against cholesterol. Balb/c mice at 6 weeks of ages were used in this study. Production of monoclonal antibody was initiated by injecting 100 μg of Cholesterol-3-BSA together with Freund's complete adjuvant as a stimulant. This subcutaneous injection has been done 3 times every 2 weeks. Spleenocytes from the mice that had produced antibody against the cholesterol were collected for fusion with myeloma cells. These fused cells were cultured in 96-wells microplates. Types of monoclonal antibodies were classified by direct ELISA method. The monoclonal antibody obtained was analyzed to quantify cholesterol *via* competitive ELISA and was compared to Zak's method (1957). It was discovered that Balb/c mice produced antibody against cholesterol on the 4th week after immunization. Ten percent of wells (35/352) showed clonal growth. Within those 35 wells, 20 wells produced antibody against cholesterol. Clone was separated by limiting dilution into 12 individual clones which were all antibody typed Immunoglobulin G. One of these 12 clones was able to grow further, while the rest (11 clones) were dead. From ELISA experiment, the cholesterol at 50 % binding was found concentration valued 7.2 pg/ml. By comparing with the Zak's method (1957), which concentration at mid point of standard curve

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Animal science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

was 325.0 μg/ml. The cholesterol level resulted from ELISA and Zak (1957) in averaged±S.E. (n) were 645.3±40.9 (40) and 656.2±40.8 (40) mg/100 g egg yolk, respectively, ($p > 0.05$). In conclusion, we could established ELISA method for analyzing cholesterol content as small as 7.2 pg/ml, which useable for detection in egg yolk of Japanese quail. The sensivity of the ELISA method was 45.14 x 10^6 times higher than the Zak method.

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลสำหรับการวัดปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่แดงของนกกระทาญี่ปุ่นโดยวิธีเอนไซม์ลิงค์ อิมมูนโนซอร์เบนท์ แอสเซ (Enzyme-Linke Immunosorbent Assay, ELISA) แอนติเจนที่ใช้ได้จากการเชื่อมระหว่างโคเลสเตอรอลกับโบวาย ซีรั่ม อัลบูมิน (Cholesterol-3-BSA) สำหรับกระตุ้นการสร้างแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลในหนูขาวตัวเล็กสายพันธุ์ Balb/c อายุ 6 สัปดาห์ การผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีเริ่มจากการฉีด Cholesterol-3-BSA ปริมาณ 100 μg โดยมี Freund's complete adjuvant เป็นสารช่วยการกระตุ้น ทำการฉีดเข้าใต้ผิวหนังทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 ครั้ง ทำการเก็บเซลล์ม้าม (spleenocyte) จากหนูที่มีการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลเพื่อเชื่อมกับเซลล์ไมอิโลมา การเพาะเลี้ยงเซลล์ทำในไมโครเพลทชนิด 96 หลุม จำแนกชนิดของโมโนโคลนอลแอนติบอดีโดยวิธี direct ELISA โมโนโคลนอลแอนติบอดีที่ได้จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโคเลสเตอรอลโดยวิธี competitive ELISA โดยเปรียบเทียบกับวิธีของ Zak (1957) ใช้ไข่นกกระทาจำนวน 40 ฟองสำหรับเป็นตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์หาปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่แดง ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าหนู Balb/c มีการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลในสัปดาห์ที่ 4 หลังการกระตุ้น เมื่อนำเซลล์ม้ามมาเชื่อมกับเซลไมอิโลมาพบว่ามีโคลนใน 35 หลุม จากทั้งหมด 352 หลุม ใน 35 หลุมพบ 20 หลุมที่โคลนสามารถผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลโดยแยกโคลนเดี่ยวได้ 12 โคลนทั้งหมดเป็นแอนติบอดีชนิดอิมมูนโนโกลบูลิน จี (Immunoglobulin G, Ig G) จาก 12 โคลน มี 1 โคลนที่สามารถเจริญเติบโตต่อมาได้ ส่วนที่เหลือ 11 โคลนได้ตายไป ผลจากการวิเคราะห์ โคเลสเตรอลด้วยวิธี ELISA พบค่าความเข้มข้นที่ 50 % binding เท่ากับ 7.2 พิโคกรัมต่อมิลลิลิตร เปรียบเทียบกับการวัดด้วยวิธีของ Zak (1957) มีค่าความเข้มข้นที่กึ่งกลางของกราฟมาตรฐานที่ 325.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ผลของโคเลสเตอรอลที่วัดด้วยวิธี ELISA และ Zak (1957) มีค่าเฉลี่ย ± S.E. (n) เท่ากับ 645.3±40.9 (40) และ 656.2±40.8 (40) mg/ไข่แดง 100 กรัม ตามลำดับ ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่าสามารถวิเคราะห์โคเลสเตอรอลได้ด้วยวิธี ELISA ที่มีความไวในการวัดมากกว่าวิธี Zak ถึง 45.14 x 10^6 เท่า (7.2 pg/ml *VS* 325 μg/ml)

Index words: โมโนโคลนอลแอนติบอดี โคเลสเตอรอล เอนไซม์ลิงค์อิมมูนโนซอร์เบนท์แอสเซ นกกระทาญี่ปุ่น monoclonal antibody, Cholesterol, ELISA, Japanese guail

คำนำ

โคเลสเตอรอล (Cholesterol) มีโครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยคาร์บอน 27 อะตอมมีวงแหวน 4 วง เรียกว่า perhydrocyclopentanophenanthrene และมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่ที่ตำแหน่งคาร์บอนอะตอมที่ 3 มีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 และ 6 จัดอยู่ในกลุ่ม lipids ซึ่งหมายถึงไขมันและสารที่มีลักษณะคล้ายไขมัน มักพบโคเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อและส่วนประกอบอื่นของร่างกายทั้งในคนและสัตว์ เช่นในเลือด เนื้อเยื่อตับ สมอง ประสาท ต่อมหมวกไต (adrenal cortex) ต่อมเพศ (gonad) ไตและผิวหนัง โคเลสเตอรอลที่พบในร่างกายมี 2 ชนิด คือ free cholesterol (ร้อยละ 30) และ esterified cholesterol (ร้อยละ 70) โคเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบของเมมเบรน (membrane) และ myelin sheath รอบๆ เส้นประสาท (nerve axon) นอกจากนี้โคเลสเตอรอลยังเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สเตียรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormone) ได้แก่ เทสทอสเตอโรน (testosterone) และแอนโดรสเตอโรน (androsterone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนในเพศชาย โปรเจสเตอโรน (progesterone) และอีสโตรเจน (estrogen) เป็นฮอร์โมนเพศหญิง นอกจากนั้นโคเลสเตอรอลยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไวตามินดี และสามารถเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดีที่ทำให้ไขมันในลำไส้เล็กเกิดการแตกตัว (emulsification) ดังนั้นโคเลสเตอรอลจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกายทั้งในมนุษย์และสัตว์ แต่การมีปริมาณโคเลสเตอรอลสูงหรือต่ำเกินไปย่อมนำไปสู่ความผิดปกติได้ การมีโคเลสเตอรอลในร่างกายต่ำกว่าปกติเป็นสาเหตุของโรค เช่น ทำให้เพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งตับอักเสบ (D'Arienzo *et al.*, 1998) แต่คนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาเกี่ยวกับการมีโคเลสเตอรอลสูงเกินไป ในปัจจุบันประชากรไทยมีอัตราเสี่ยงจากการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและการเกิดไขมันอุดตันในเส้นเลือด (coronary heart disease and atherosclerosis) สูงขึ้น จากสถิติปี 2538 รายงานโดยกระทรวงสาธารณสุขพบว่าคนไทยเป็นโรคหัวใจ 39,126 คน คิดเป็น 66 คนต่อประชากร 100,000 คน (กระทรวงสาธารณสุข, 2538-2540) และยังพบว่าในปี 2541 สถิติการเป็นโรคหัวใจได้เพิ่มขึ้นเป็น 41,114 คน หรือคิดเป็น 68 คนต่อประชากร 100,000 คน (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรค มีสาเหตุมาจากการสูบบุหรี่ ความดันโลหิตสูง ขาดการออกกำลังกาย ความอ้วน และ ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงเกินไป โคเลสเตอรอลที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จากการกินอาหาร โดยเฉพาะอาหารจากสัตว์ที่มี ไขมันสูงมักจะมีโคเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณมากด้วย ทำให้ผู้บริโภคสะสมโคเลสเตอรอลไว้ในร่างกายมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อโคเลสเตอรอลไปสะสมอยู่ที่ผนังหลอดเลือดแดงเป็นสาเหตุของการอุดตันของหลอดเลือด

ผลของโคเลสเตอรอลในสัตว์พบว่าเมื่อทำการแบ่งกลุ่มสุกรที่มีโคเลสเตอรอลในเลือดเป็น 3 ระดับคือ สูง (136±19 mg/dl) ต่ำ (81±30 mg/dl) และกลุ่มควบคุม (101±17 mg/dl) ทำการคัดเลือกสายพันธุ์จำนวน 3 รุ่น พบว่าสุกรกลุ่มที่มีระดับโคเลสเตอรอลต่ำจะให้ลูกต่อครอก (litter size) มากกว่ากลุ่มที่ระดับโคเลสเตอรอลสูงและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.5$) (Wise *et al.*, 1993) เมื่อทำการวัดระดับฮอร์โมนในสุกรแต่ละกลุ่มพบว่า สุกรเพศเมียในกลุ่มที่มีโคเลสเตอรอลต่ำมีฟอลลิคูลาร์ - สติมูเลติ้ง ฮอร์โมน (follicular stimulating hormone, FSH) สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับโคเลสเตอรอลสูง Wise *et al.* (1997)

วิธีการที่จะสามารถตรวจสอบปริมาณของโคเลสเตอรอลในร่างกายหรือในอาหารมีอยู่ในระดับใด มีหลายวิธีโดยเฉพาะ เทคนิค วิธีเอนไซม์

ลิงค์ อิมมูนโนซอร์เบนท์ แอสเซ (Enzyme-Link Immunosorbent Assay, ELISA) เป็นเทคนิคที่มีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งานมีราคาต่อการวิเคราะห์ไม่แพงและมีความแม่นยำในการวัดมีความไวสูงโดยเฉพาะเมื่อใช้โมโนโคลนอลแอนติบอดี (Monoclonal antibody)เป็นชนิดแอนติบอดีที่มีความจำเพาะเจาะจงสูงเป็นเซลล์ลูกผสม (hybridomas) ที่เกิดจากการหลอมระหว่างเซลล์ไมอิโลมา (myeloma cells) และ B-lymphocyte เซลล์จากม้ามของหนูที่สามารถผลิตแอนติบอดีต่อแอนติเจนที่ต้องการผลิต (Harlow, 1988) วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลสำหรับการวัดปริมาณโคเลสเตอรอลโดยวิธีเอนไซม์ลิงค์ อิมมูนโนซอร์เบนท์ แอสเซ

การเตรียมแอนติเจนโดยการเชื่อมโคเลสเตอรอลกับโบวาย ซีรัม อัลบูมิน: ละลาย Cholesterol-3-HS 25 μg ในไดเมธิลฟอร์มาไมด์ 2.5 มล. ปั่นนาน 20 นาที เติม 1-Ethyl-3-(3-Dimethylaminopropyl) carbodiimide 2.5 μg ในน้ำกลั่น 2.5 มล. หลังจากนั้นเติม โบวาย ซีรัม อัลบูมิน 50 μg ที่ละลายใน PBS 2.5 มล. เขย่าต่อด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °ซ จากนั้นแยกสารที่ไม่ต้องการออกจากแอนติเจนที่เตรียมได้โดยผ่านเยื่อบางๆ (dialysis) ที่ไม่ให้สารน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 12,000 ดาลตัน ผ่านใน 0.05 M $NaHCO_3$ ที่อุณหภูมิ 4 °ซ นาน 24 ชั่วโมง dialysed ต่อในน้ำกลั่นอีก 5 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °ซ จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปทำให้แห้งโดยวิธี lyophilization จะได้แอนติเจนคือ Cholesterol-3-BSA

การกระตุ้นภูมิคุ้มกันต่อโคเลสเตอรอล: ทำโดยฉีดกระตุ้นภูมิคุ้มกันต่อโคเลสเตอรอลในหนูขาวสายพันธุ์ Balb/c ด้วย Cholesterol-3-BSA 100 μg โดยมี Freund's complete adjuvant เป็นสารช่วยการกระตุ้น ทำการฉีดเข้าใต้ผิวหนังทุก 2 สัปดาห์ 3 ครั้ง เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปตรวจผลการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลด้วยวิธี Indirect ELISA (Catty, 1989)

การผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดี: เริ่มจากการเก็บม้ามหนูที่ผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลมาแยกเอาเซลล์ม้ามออกโดยใช้กระบอกฉีดยาดูด IMDM ฉีดเข้าไปในม้ามเพื่อแยกเซลล์ออกจากม้าม ถ่าย IMDM และเซลล์ไปในหลอดทดลองขนาด 15 มล. โดยกรองผ่านตะแกรงลวด นำไปปั่นที่ความเร็ว 1,200 รอบต่อนาที เม็ดเลือดจากม้ามจะอยู่ด้านล่างเทส่วนของเหลวทิ้ง เติมสารละลาย NH_4Cl (0.83 % NH_4Cl ในน้ำกลั่น) ประมาณ 3 มล. ทิ้งไว้ 6 นาที จึงปั่นที่ความเร็ว 1,200 รอบต่อนาที ล้างเซลล์ด้วย IMDM เติม IMDM แล้วนับจำนวนเซลล์ด้วย hemocytometer ทำการหลอมเซลล์ (fusion) ระหว่างเซลล์ม้ามและเซลล์ไมอิโลมาสายพันธุ์ X63Ag8.653 ในอัตราส่วน 5:1 นำมาผสมกันและปั่นด้วยความเร็ว 1,200 รอบ/นาที นาน 5 นาที เทสารละลายทิ้ง เติม fusion solution 2 มล. โดยใช้เวลา 30 วินาที ใช้พลาสเตอร์ปิเปตดูดเข้าออกให้เซลล์กระจาย ให้เสร็จใน 30 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 30 วินาที เติมมีเดีย IMDM 5 มล.ใช้เวลา 2 นาที แล้วเติมอีก 5 มล. ทิ้งไว้ 3 นาที ปั่นแยกด้วยความเร็ว 1,200 รอบ/นาที นาน 10 นาที เทสารละลายทิ้ง เติม IMDM 5 มล. ปั่นแยกด้วยความเร็ว 1,200 รอบ/นาที 5 นาที เทสารละลายทิ้ง เติมสารละลาย HAT 10 มล. เทลงในถาด เติมสารละลาย HAT อีก 30 มล. ดูดสารละลายใส่ลงไมโครเพลทที่มี feeder cell (Campbell, 1984) อยู่ หลุมละ100 μl จำนวน 4 เพลท นำไปใส่ในตู้เลี้ยงเซลล์ที่ 37 °ซ, 5 % CO_2 มีความชื้น เลี้ยงเป็นเวลา 7 วัน เปลี่ยนน้ำเลี้ยงเซลล์เป็นสารละลาย HT เลี้ยงเซลล์จนกระทั่ง

เห็นเซลล์ไฮบริโดมา (hybridomas) ตรวจการผลิตแอนติบอดีต่อ Cholesterol-3-BSA ด้วยวิธี Indirect ELISA แยกโคลนที่เกิดขึ้นให้เป็นโคลนเดี่ยวด้วยวิธี limiting dilution (Campbell, 1984) และตรวจการผลิตแอนติบอดีต่อ Cholesterol-3-BSA ด้วยวิธี Indirect ELISA

การผลิตแอนติบอดีจากเซลล์ลูกผสม: ใช้วิธีการเลี้ยงเซลล์ hybridoma ในช่องท้องของหนูตัวเล็กโดยของเหลวที่ได้จากช่องท้องนี้เรียกว่า ascitic fluid ตามวิธีของ Campbell (1984) โดยย่อดังนี้: ฉีด pristane 0.5 มล. เข้าช่องท้องหนู Balb/c ทิ้งไว้ 5-10 วัน แล้วฉีดเซลล์ hybridoma ที่ผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอล ปริมาณ 1-5x10^6 เซลล์/ตัว หลังจากนั้นประมาณ 14 วัน จะเห็นการบวมพองที่ช่องท้องของหนู ทำการเก็บ ascitic fluid โดยการนำหนูใส่ขวดโหลที่มีสำลีชุบคลอโรฟอร์มเมื่อหนูตายแล้วนำออกมาแช่ในสารละลายแอลกอฮอล์ 70 % แล้วนำเข้าตู้ปลอดเชื้อ ดูดเอา ascitic fluid ออกจากช่องท้องหนูประมาณ 5 มล. ใส่หลอดทดลองขนาด 15 มล. นำไปปั่นที่ 2,500 รอบ/นาที นาน 15 นาที ได้สารละลายที่มีแอนติบอดีแล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ตามวิธีของ Arvieux and Williams (1988)

การสกัดโคเลสเตอรอลจากไข่แดง: ดัดแปลงจากวิธีของ Abell *et al.* (1951) วิธีโดยย่อดังนี้: ละลายไข่แดง 100 μl ในบัพเฟอร์สำหรับการเจือจาง 400 μl จากนั้น เติม alcoholic-KOH (33 % KOH 6 มล. : absolute alcohol 94 มล.) 5.0 มล. เขย่าให้เข้ากัน แอลกอฮอล์จะตกตะกอนสารประกอบโปรตีน โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์จะซาปอนนิไฟด์ (saponified) ไขมันและตกตะกอนในน้ำ นำไปบ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 37-40 °ซ นาน 55 นาที จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมอีเทอร์ 10 μl เพื่อละลายโคเลสเตอรอล ออกมา แล้วเติมน้ำกลั่น 5 μl นำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที นาน 5 นาที แยกชั้นของอีเทอร์ออกจากชั้นน้ำ แล้วนำส่วนที่เป็นอีเทอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 60 °ซ 3 ชั่วโมง เพื่อให้อีเทอร์ระเหยออก นำไปวัดหาปริมาณโคเลสเตอรอล

การสร้างกราฟมาตรฐานต่อโคเลสเตรอลและวัดปริมาณโคเลสเตอรอล: โดยวิธี ELISA ดัดแปลงจาก Guyard-Dangremont *et al.* (1994) ใช้ไมโครเพลทชนิด 96 หลุม เพลท ก. โดยเคลือบเพลทด้วย Cholesterol-3-BSA 100 μg/100 μl/หลุม บ่มไว้ที่ 4 °ซ 16 ชั่วโมง ล้างด้วยบัฟเฟอร์สำหรับการล้าง 200 μl 3 รอบ เป่าเพลทให้แห้ง เติม 3 % BSA ในปริมาตร 175 μl/หลุม ปิดเพลทด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ นำเข้าตู้อบ 37 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สลัดน้ำในเพลททิ้งและล้างด้วย บัฟเฟอร์สำหรับการล้าง 200 μl/หลุม 3 รอบ เป่าเพลทให้แห้ง เติมสารละลายมาตรฐานโคเลสเตอรอล หรือตัวอย่างที่ต้องการวัดซึ่งผสมรวมอยู่กับโมโนโคลนอลแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลที่ความเข้มข้น 1:500 ในอัตราส่วน 175:175 μl ที่อุณหภูมิ 4 ° ซ เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นปิเปทสารละลายในเพลท ข 100 μl ไปใส่ในเพลท ก เพื่อให้แอนติบอดีที่เหลืออยู่จับกับโคเลสเตอรอลที่ผิวของหลุมในเพลท ก. บ่มไว้ที่ 37 °ซ 2 ชั่วโมง ล้างด้วยบัฟเฟอร์สำหรับการล้าง 200 μl/หลุม 3 รอบ เป่าเพลทให้แห้ง เติม HRP conjugated goat anti-mouse IgG ที่ความเข้มข้น 1:500 ปริมาตร 20 μl/หลุม บ่มที่ 37 °ซ 1 ชม.เติมสารละลายสำหรับพัฒนาสี (substrate) 100 μl/หลุม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 40 นาที ใช้ 4*N* H_2SO_4 50 μl/หลุม เพื่อหยุดปฏิกิริยา อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร นำผลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานของโคเลสเตอรอล

การวัดโคเลสเตอรอล: ใช้วิธีของ Zak (1957) เริ่มจากการหาปริมาณสารละลายมาตรฐานโคเลสเตอรอล ใช้ ferric chloride-6-hydrate, blank, and diluting reagent 4 มล. สำหรับเจือจาง cholesterol working standard ปริมาตร 0, 0.5, 1, 2 ,4 และ 6 มล. แล้วเติม PBS 0.1 มล. ผสมให้เข้ากัน ปิเปตสารละลายส่วนบน 3 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้นปริมาตร 2 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร การวัดปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่แดงทำโดยปิเปต Ferric chloride precipitating reagent 4.0 มล.ลงในหลอดทดลองที่สกัดไข่แดงไว้ เขย่าให้เข้ากัน ด้วย vortex เป็นเวลา 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ถึง 3 นาที หรือจนกว่าเห็นตะกอนชัดเจน ปิเปตสารละลายสีเหลืองใสส่วนบน 3 มล. ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 2.0 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ: ด้วยวิธี Grouped z-test (Statistical Analysis System Institute, 1988) สำหรับวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวิธีการวัดโคเลสเตอรอลด้วยวิธี ELISA และวิธีของ Zak (1957)

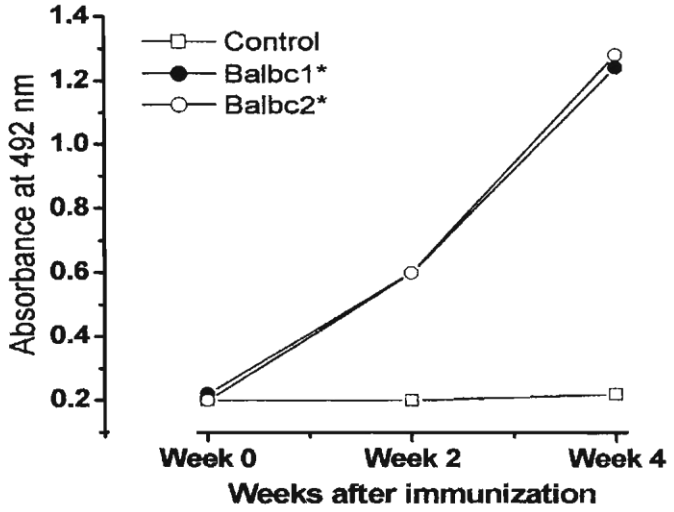


Figure 1 **Antibody production against Cholesterol-3-BSA in Balb/c mice assessed by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay method.**

(*Mice that were immunized with Cholesterol-3-BSA.)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการกระตุ้นภูมิคุ้มกันต่อ Cholesterol-3-BSA ในหนูขาวสายพันธุ์ Balb/c โดยใช้ Cholesterol-3-BSA ผสมกับ Freund's complete adjuvant ฉีดเข้าใต้ผิวหนังทุก 2 สัปดาห์ เป็นจำนวน 3 ครั้ง พบว่าหนูขาวสามารถผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลได้ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของทิวารัตน์ (2543) ที่ฉีดกระตุ้นภูมิคุ้มกันต่อโคเลสเตอรอลในหนูขาวสายพันธุ์ Balb/c โดยใช้ไลโปโซมเป็นตัวกักเก็บแอนติเจนไว้นั้น เมื่อนำหนูมาตรวจภูมิคุ้มกันต่อโคเลสเตอรอลนั้น พบว่าหนูได้มีการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลสูงในสัปดาห์ที่ 4 (ภาพที่ 1) ได้นำหนูที่ผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลมาเก็บเซลล์จากม้าม B lymphocyte ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีคุณสมบัติในการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอล ทำการหลอม (fusion) ระหว่างเซลล์ม้าม (spleenocyte) และเซลล์ไมอิโลมา (myeloma) สายพันธุ์ X63Ag8.653 ในสารละลาย fusion solution (Berrebeck and Moller, 1986) จะทำให้ผิวของเซลล์ไมอิโลมามีการอ่อนตัวและเกิดการหลอม (fusion) ของเซลล์ทั้งสองชนิด ซึ่งผลการหลอมเซลล์นั้น เกิดโคลนขึ้นใน 35 หลุมจากทั้งหมด 352 หลุมคิดเป็น 10 % และเมื่อตรวจสอบการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลได้โคลนที่ผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอล 20 โคลนจาก 35 โคลน คิดเป็น 57.1 % คิดเป็นโอกาสการเกิดโคลนต่อโคเลสเตอรอลคือ 5.7 % (20 โคลน จาก 352 หลุม) เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ กนกวรรณ (2542) ซึ่งผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีของเซลล์ลูกผสมระหว่างเซลล์เม็ดเลือดขาวกระต่ายกับเซลล์ไมอิโลมาซึ่งเกิดโคลนทั้งหมด 21 หลุมจาก 384 หลุมคิดเป็น 5.5 % และเป็นโคลนที่ผลิตแอนติบอดีต่ออีสตราไดออล 12 หลุม จาก 21 หลุม คิดเป็น 57.14 % โอกาสการเกิดเซลล์ลูกผสมข้ามสปีชีย์คิดเป็น 3.1 % (12 หลุม จาก 384 หลุม) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลองในการผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีของคนจาก heterohybridoma ระหว่างหนูกับคนโดยใช้เซลล์ลิมโฟซัยท์ของคนจากหลายแหล่ง มาเชื่อมติดกับเซลล์ไมอิโลมาสายพันธุ์ X63Ag8.653 พบว่ามีโอกาสเกิด heterohybridoma ได้ถึง 31 % การเกิดโมโนโคลนอลแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลน้อยนั้นอาจเนื่องจากเซลล์ม้ามและเซลล์ไมอิโลมามีการเบียดกันในหลุมมากเกินไปทำให้เกิดการแย่งอาหารมากขึ้น เซลล์ม้ามและเซลล์ไมอิโลมาที่หลอมเข้าด้วยกันอาจได้รับอาหารน้อยเกินไปจึงทำให้ไม่สามารถผลิตโคลนขึ้นมาได้ ดังนั้นในการหลอมเซลล์ถ้ามีเซลล์เป็นจำนวนมากจึงควรเพิ่มปริมาณหลุมมากขึ้นเพื่อให้เซลล์เกิดการกระจายตัวและได้รับอาหารได้ในปริมาณมากขึ้น จำนวนโคลนน่าจะมีปริมาณมากขึ้น

การเพิ่มจำนวนแอนติบอดีให้มากขึ้นโดยการนำไปฉีดเข้าช่องท้องหนูและทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10-14 วันเพื่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณของเซลล์ในช่องท้องของหนูแล้วจึงทำการเก็บของเหลวในช่องท้อง ซึ่งในการเก็บของเหลวในช่องท้องนั้นควรสังเกตการบวมพองของช่องท้องของหนูหากพบว่ามีการขยายขนาดใหญ่มากจะทำการเก็บของเหลวในช่องท้อง ของเหลวที่เก็บมาได้มีปริมาตรประมาณ 4 มล. เมื่อนำของเหลวที่ได้ไปทำให้บริสุทธิ์ โดยเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนโปรตีนและแยกอิมมูนโนโกลบูลินออกด้วยการกรองผ่าน thiophilic column chromatography นำไปอ่านค่าคำนวนหาปริมาณอิมมูนโนโกลบูลินได้เท่ากับ 0.204 $\mu g/\mu l$ หลังจากนั้นจึงนำแอนติบอดีที่ผลิตได้ไปใช้วัดปริมาณโคเลสเตอรอลโดยวิธี ELISA

ในการนำโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่ได้จากโคลน 3B6-6F4 ในอัตราส่วนการเจือจางที่ 1:500 มาใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานของโคเลสเตอรอล พบว่า เมื่อให้แอนติบอดีทำปฏิกิริยากับโคเลสเตอรอลมาตรฐานเป็นเวลา 24 ชม.ที่อุณหภูมิ 4 °ซ จะเกิดปฏิกิริยาการจับกันได้ดีขึ้น และเมื่อนำแอนติบอดีมาทำปฏิกิริยากับโคเลสเตอรอล นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มา สร้างกราฟมาตรฐาน พบว่าค่าความไวของการทำปฏิกิริยา (50 % binding) อยู่ที่ 7.2 pg/มล. ทำให้สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยๆได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 2)

ในการวัดปริมาณโคเลสเตอรอลและองค์ประกอบอื่นๆนั้นมีการนำเทคนิค ELISA มาใช้ได้แก่การวัดปริมาณไลโปโปรตีนไลเปส ซึ่งวัดค่าได้ละเอียดสุดถึง 9 μg/l (Saito *et al.*, 1998) การวัด cholesterol ester transfer protein ในซีรัมของมนุษย์ด้วยวิธี sandwich ELISA วัดโคเลสเตอรอลในซีรั่มได้ค่าได้ละเอียดที่ 1.8±0.6 μg/μl (Kiyohara *et al.*, 1998) การวัดหาปริมาณ โคเลสเตอรอลในไข่แดงของนกกระทาด้วยวิธี ELISA โดยนำไข่นกกระทาที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีการของ Abell *et al.* (1951) เติมเอททิล แอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) และเมทิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol) อย่างละ 5 มล. เขย่าให้เข้ากันเพื่อละลายโคเลสเตอรอลที่ติดอยู่ในขวดสกัดโคเลสเตอรอล นำตัวอย่างไข่แดงที่สกัดได้มาเจือจางที่อัตราส่วนระหว่างสารสกัดและเอททิลแอลกอฮอล์ 1:0, 1:10, 1:100, 1:1,000, 1:10,000, 1:50,000 และ 1:100,000 จำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่าอัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมในการหาค่าโคเลสเตอรอลคือ 1:10,000 และเมื่อนำมาวัดหาปริมาณโคเลสเตอรอลได้ค่าเฉลี่ย±S.E. (n) เท่ากับ 645.3±40.9 (40) mg/ไข่แดง 100 กรัม

วิธีการวัดโคเลสเตอรอลมีอยู่หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป วิธีการวัดที่สะดวกและรวดเร็วได้แก่วิธีการวัดแบบเอนไซม์เมตริก โดยให้โคเลสเตอรอล เอสเทอร์ ถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ด้วยเอนไซม์โคเลสเตอรอลเอสเทอร์เรส (cholesterol esterase) และถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ต่อโดยเอนไซม์โคเลสเตอรอล ออกซิเดส (cholesterol oxidase) ได้ hydrogen peroxide ซึ่งจะ

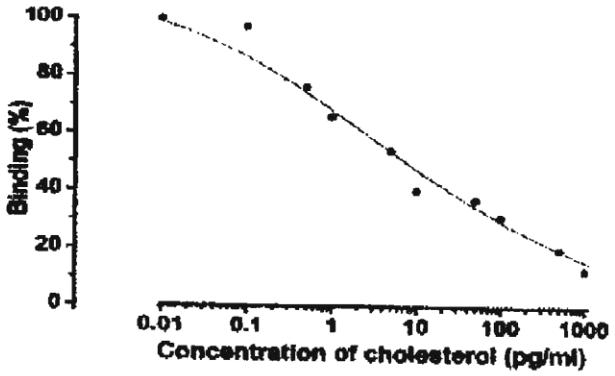


Figure 2. Standard curve of cholesterol assayed by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay method.

ทำปฏิกิริยากับ Aminoantipyrine ได้สาร Quinoneimine ได้สีชมพูแดง วิธีการวัดแบบนี้มีข้อเสียคือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจถูกรบกวนได้โดยบิริลูบินทำให้ได้ค่าความเข้มสูงเกินจริง ทำให้ค่าที่วัดได้อาจคาดเคลื่อนไปบ้าง วิธีการวัดแบบคัลเลอร์ริเมตริกของ Zak (1957) เป็นวิธีการที่อาศัยการทำปฏิกิริยาทางเคมีของเฟอริคคลอไรด์ กรดอะซิติกและกรดซัลฟูริคเข้มข้น จะเกิดสีม่วงอมชมพู วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่ามีความเข้มข้นที่จุดกึ่งกลางเส้นกราฟที่ 325 μg/มล. ค่าที่วัดได้อยู่ในหน่วย μg/มล. เปรียบเทียบค่าความละเอียดในการวัดแล้วการใช้ ELISA วัดค่าได้ละเอียดกว่าอย่างเห็นได้ชัด วิธีของ Zak (1957) นี้สามารถทำได้ง่ายเพราะสารเคมีที่ใช้สามารถเตรียมได้ง่ายแต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ การใช้กรดอะซิติกเข้มข้น และกรดซัลฟูริกเข้มข้นทำให้ผู้วัดเสี่ยงต่ออันตรายจากการหยดหรือการหกของสารเคมีและกลิ่นเหม็นของกรดอะซิติคอีกด้วย ซึ่งจากวิธีของ Zak นี้ปริมาณโคเลสเตอรอลที่วัดได้มีค่าเฉลี่ย± S.E. (n) เท่ากับ 656.2±40.8 (40) mg/ไข่แดง 100 กรัม การหาค่าสหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการวัดโคเลสเตอรอลด้วย ELISA และวิธีของ Zak (1957) ได้สมการ regreesion คือ $y = 58.25 + 0.9230x$ (n=40) และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $R^2 = 0.9066$ ($p < 0.0001$) (รูปที่ 3) เป็นการยืนยันว่าวิธีการ ELISA ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้ได้เป็นอย่างดี มีความไวที่ระดับต่ำถึง 7.2 pg/ml เปรียบเทียบกับวิธีของ Zak ที่มีความไวที่ระดับ 325 μg/มล. ผลการศึกษาครั้งนี้ให้ความมั่นใจได้ว่าสามารถวัดระดับโคเลสเตอรอลในไข่แดงของนกกระทาญี่ปุ่นได้ดี

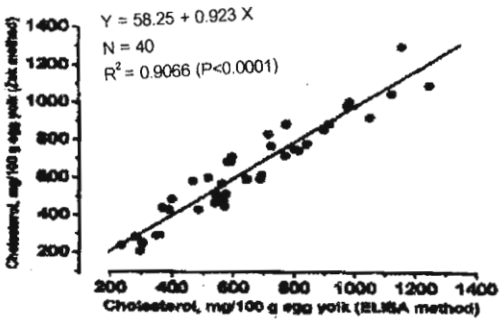


Figure 3 **Correlation between cholesterol concentration in egg yolk of quail assayed by Zak and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay method.**

และน่าจะสามารถวัดในไข่แดงของไข่ไก่ได้เช่นเดียวกัน จะเป็นประโยชน์ในพัฒนาผลิตไข่ไก่ที่มีระดับโคเลสเตอรอลต่ำในอนาคต เช่น การคัดพันธุ์สายพันธุ์ไก่ที่มีโคเลสเตอรอลต่ำเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตจากฟาร์ม นอกจากนั้นจากรายงานของ Wise *et al.* (1997) ที่พบว่าสุกรสายพันธุ์ที่มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดต่ำให้ลูกต่อครอกสูงกว่าสายพันธุ์ที่มีระดับโคเลสเตอรอลสูง วิธีการวัดโคเลสเตอรอลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นเครื่องมืออย่างดีในการจำแนก และคัดพันธุ์กลุ่มสุกรให้มีระดับโคเลสเตอรอลต่ำ ต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการย่อยบัณฑิตศึกษาและวิจัย สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ศรีงาม. 2542. การผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีจากเซลล์ลูกผสมข้ามสปีชีส์ต่อต้านฮอร์โมนอีสตราไดออล เพื่อการตรวจสัดในโคนม โดยวิธีการวิเคราะห์เอนไซม์ลิงค์ อิมมูโนซอร์เบนท์ .วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กระทรวงสาธารณสุข. 2538-2540. จำนวนตายตามเพศ และสาเหตุ ตามบัญชีตารางโรคพื้นฐานจากบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศแก้ไขครั้งที่ 10 กับอัตราต่อประชากร 100,000 คน พ.ศ. 2538-2540. ส่วนข้อมูลข่าวสารสาธารณสุข สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข.

กระทรวงสาธารณสุข. 2541. จำนวนตายตามเพศ และสาเหตุ ตามบัญชีตารางโรคพื้นฐานจากบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศแก้ไขครั้งที่10กับอัตราต่อประชากร100,000คนพ.ศ.2541. ส่วนข้อมูลข่าวสารสาธารณสุข สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข.

ทิวารัตน์ ทุนอินทร์. 2543. การใช้ไลโปโซมเป็นสารช่วยกระตุ้นในการผลิตแอนติบอดีต่อโคเลสเตอรอลในนกกระทา ไก่พื้นเมือง และหนูขาว. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Abell, L. L., B. B. Levy, B. B. Brodie, and F. E. Kendall. 1951. A Simplified method for the estimation of total cholesterol in serum and demonstration of its specificity. J. Biol. Chem.195: 357-366.

Arvieux, J., and A. F. Williums. 1988. Immunoaffinity chromatography. In: Antibody Volumn I: a Practical approach. Catty, d. (ed).IRL Press, Oxford. P. 113-136.

Berrebeck, C.A.K. and S.A. Moller. 1986. In vitro immunization. Effect of growth and differentiation factors on antigen-specific B cell activation and production of monoclonal antibodies to autologous antigen and weak immunogen. J. Immunol. 136:3710-3715.

Cambell, A. M. 1984. Monoclonal antibody technology. Elsever Scince Publishes B. V. 86-94.

Catty, D. 1990. Antibodies: Apractical Approach. 2 Vols. Informayion Press Ltd.,Ozford, 97-157.

D'Arienzo, A., F. Manguso, G. Scaglione, G. Vicnanza, R. Bennato, and G. Mazzacca. 1998. Prognostic value of progressive decrease in serum cholesterol in predicting survival in Child-Pugh C viral cirrhosis. Scand. J. Gastroenterol. 33 (11): 1213-1218.

Guyard-Dangremont, V., L. Lagrost, P. Gambert, and C. Lallemant. 1994. Competitive enzyme linked immunosorbent assay of human cholesteryl ester

transfer protein (CETP). Clinica Chimica Acta. 231: 147-160.

Harlow, E. and D. Lane. 1988. Antibodies A Laboratory Manual. Cold Spring Harbor Laboratory, NY, USA.

Kiyohara, T., R. Kiriyama, S. Zamma, A. Inazu, J. Koizumi, and H. Mabuchi. 1998. Enzyme immunoassay for cholesterol ester transfer protein in human serum. Clin. Chem. Acta. 23; 271(2): 109-18.

Saito, K., I. Sakurabayashi and M. Manabe. 1998 Serum lipoprotein lipasein healthy subjects: effects of gender and age, and relationships to lipid parameter. Ann. Clin. Biochem. 35 (pt6):733-8.

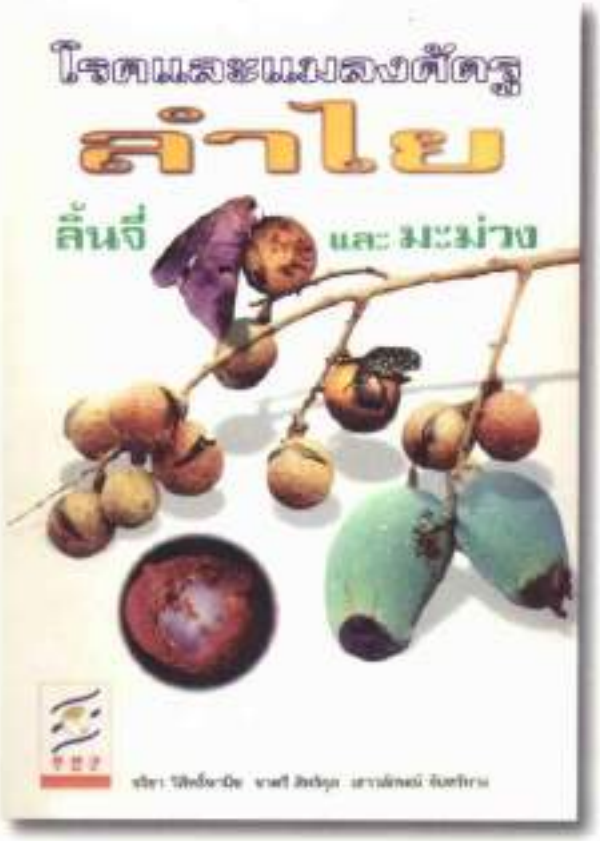
Schelling, M.E. 1995. Methods of Immunization to enchance the immune response to specific antigens in vitro. In: Monoclonal Antibody Protocols. Davis W.C.

Statistical Analysis System Institute. 1988. SAS User's Guide Statistics. SAS Institute, Cary, NC.

Wise, T., A. J. Robert, and R. K. Christenson. 1997. Relationships of light and heavy fetuses to uterine position, placental, weight, gestation age, and fetal cholesterol concentrations. J. Anim. Sci. 75: 2197-2207.

Wise,T., L. D. Young, anf W.G. Pond.1993. Reproductive endrocine , and organ weight difference of swine selected for high and low serum cholesterol. J. Anim. Sci. 71:2732.

Zak, B. 1957. Simple rapid microtechnic for serum total cholesterol. Clin. Chem. 27: 583-588.



โรคและแมลงศัตรู ลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง

หนังสือโรคและแมลงศัตรูลำไย รวมไปถึงลิ้นจี่ และมะม่วง ฉบับนี้เป็นฉบับที่ได้ปรับปรุงแก้ไขจาก หนังสือ โรคและแมลงศัตรูลำไย ที่ได้จัดพิมพ์ในปี 2542 และ 2543 ซึ่งได้รับความสนใจจาก เกษตรกร นักวิชาการ และประชาชนทั่วไปพอสมควร การจัดพิมพ์ฉบับใหม่ครั้งนี้ได้เพิ่มเติมข้อมูล รวมทั้งเพิ่มภาพ โรคและแมลงศัตรูสำคัญชนิดใหม่อีกหลายชนิด ตลอดจนอาการผิดปกติต่าง ๆ ของพืชที่เกิดจากหลายสาเหตุ โดยจัดทำเป็นรูปเล่มให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดลงเพื่อให้เหมาะที่จะใช้เป็นคู่มือปฏิบัติงานในสวนได้สะดวกขึ้น

เขียนโดย : จรินา วิสิทธิ์พานิช

สั่งซื้อได้ที่ : ภาควิชา กีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ **โทร. 0-5394-4028**