



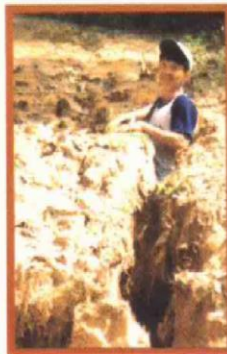
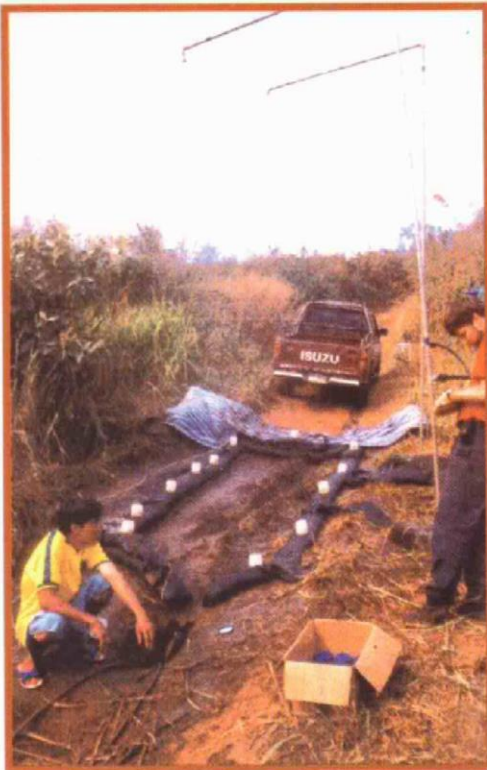
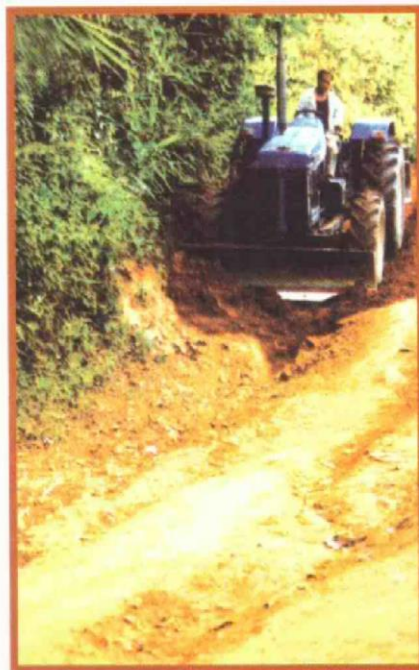
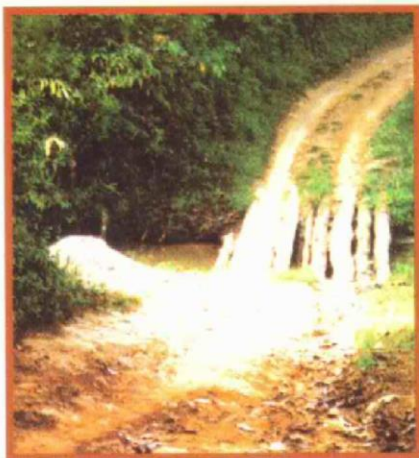
วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ 2546

VOLUME 19 NO. 1 FEBRUARY 2003



เอื้อเฟื้อภาพโดย : อลัน ดี ชิกเลอร์ และคณะ



ผลกระทบของถนนและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินต่อสภาพทางอุทกวิทยา และการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเขตภูเขาในภาคเหนือของประเทศไทย

1. จุดทางเชื่อมของถนนข้ามลำธาร
2. การซ่อมแซมถนนที่ชำรุดในช่วงฤดูฝน
3. บริเวณที่ถูกน้ำกัดเซาะในพื้นที่หมู่บ้านปางซุ่ม
4. สถานีเครือข่ายการสำรวจลักษณะอากาศหมายเลข 402 ณ หมู่บ้านปางซุ่ม
5. การทำฝนเทียมจำลองสถานการณ์ฝนในถนนพื้นที่หมู่บ้านปางซุ่ม

ISSN 0857-0841

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

เจ้าของ

คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200
โทร. (053) 944090
โทรสาร (053) 944666

Publisher

Faculty of Agriculture
Chiang Mai University
Chiang Mai 50200, THAILAND
Tel. (053) 944090
Fax. (053) 944666

วัตถุประสงค์

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

บรรณาธิการ

ดร. พิทยา สรวมลศิริ

กองบรรณาธิการ

ผู้ทรงคุณวุฒิและคณาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่ปรึกษา

อนันต์ โกเมศ, นลร ณ ลำปาง, ทิม พรรณศิริ

กำหนดเผยแพร่

เดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน และตุลาคม
ปีละ 3 ฉบับ

แจ้งรับวารสาร

บรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ
คุณวิไลพร ธรรมดา
งานบริการงานวิจัยและพัฒนา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200

วารสารเกษตร เป็นวารสารวิชาการราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร สัตวแพทย์ และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่ตีพิมพ์

- 1.1 ผลงานวิจัย
- 1.2 บทความปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

- 2.1 ต้นฉบับ : ควรส่งต้นฉบับที่จัดทำด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Microsoft Word ความยาวไม่เกิน 10 หน้า บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 70 ตัวอักษร และหน้าละ 32 บรรทัดส่งต้นฉบับที่พิมพ์ หน้าเดียวลงบนกระดาษ A4 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล
- 2.2 ต้นฉบับให้รวมถึงบทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
- 2.3 ระบุคำย่อ (Index word) ของเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- 2.4 ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษล้วน
- 2.5 ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ภาพถ่ายมีขนาด 9.00 x 13.50 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกดำเขียนบนกระดาษอาร์ตหนา หรือกระดาษเขียนแบบ
- 2.6 กราฟ : จัดทำด้วยโปรแกรม Haward Graphic และแนบข้อมูลดิบไปด้วยเพื่อปรับแต่งด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ทีหลัง
- 2.7 เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ
 - 2.7.1 ในเนื้อเรื่อง อ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบชื่อต้นและปี(พ.ศ.) เช่น พรชัย (2538) รายงานว่า...หรือ... (พรชัย,2538) ในกรณีที่เป็นการอ้างอิงใช้ระบบนามสกุลและปี (ค.ศ.) เช่น Jones and Smith (1995) ในกรณีที่ผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้ "และคณะหรือ et al." ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่องใส่ชื่อหมดทุกคน
 - 2.7.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อ-สกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่ เริ่มจาก ชื่อไทย ต่อด้วยชื่ออังกฤษ

1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้.-

ผู้แต่ง(ชื่อต้น.ชื่อสกุล)ปี(พ.ศ.)แต่ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ชื่อสกุล.ชื่อต้นและปี.ศ. ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ย่อถ้ามี) ปีที่(ฉบับที่) : หน้า ตัวอย่าง : วิเชียร เสงส์ศักดิ์(2524).การบริหารศัตรูพืชกับระบบการปลูกพืชหลายชนิด ว.วิจัย.เกษตร.14(4) : 193-196

2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้

ชื่อผู้แต่ง พ.ศ.(ค.ศ.)ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์.จำนวนหน้า ตัวอย่าง : เฉลิมพล แซมเพชร.(2527).หลักการเขียนรายงานการวิจัย และวิทยานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์.ท่าแพการพิมพ์.เชียงใหม่.123 หน้า

3. การเสนอเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ส่งเรื่องพิมพ์ได้ตลอดเวลา

ถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริการงานวิจัยและพัฒนา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะเสนอเพื่อตีพิมพ์ ในกรณีที่จำเป็นจะขอความเห็นชอบจากผู้เขียนอีกครั้งก่อนตีพิมพ์



ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 (2546)

Volume 19 No.1 (2003)

วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

Contents

ผลกระทบของถนนและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน ต่อสภาพทางอุทกวิทยาและการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กเขตภูเขาในภาคเหนือของประเทศไทย อลัน ดี ซิกเลอร์ ไรมัส ดับเบิลยู กีแอมเบลลูคา รอสส์ เอ ซัทเธอร์แลนด์ ไมค์ นุลเลท จิตติ ปิ่นทอง เสนห์ ญาณสาร ไรมัส วานา และสธพร ใจอารีย์	1	Hydrological and Erosional Impacts of Road and Land-Cover Change in Small Mountainous Watershed in Northern Thailand Alan D. Ziegler Thomas W. Giambelluca Ross A. Sutherland Mike Nullet Jitti Pinthong Sanav Yarnasarn Thomas Vana and Sathaporn Jaiaaree	1
อิทธิพลของต้นตอต่อการเจริญเติบโตและ ปริมาณธาตุอาหารของส้มเขียวหวาน วิภาดา แสงสร้อย และตระกูล ดันสุวรรณ	12	Influence of Rootstocks on Growth and Development and Nutrient Content of Tangerine Vipada Sangsoi and Tragool Tinsuwan	12
ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อคุณภาพของผลลำไย วาสนา กณารีย์ และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข	21	Effect of Potassium Chlorate on Quality of Longan Fruit Vasana Kanaree and Tanachai Pankasemsuk	21
ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ สารคล้ายไซโตไคนินในช่วงก่อนการออกดอก ของยอดลำไยพันธุ์ดอ นัตตาวดี วังสินธ์ และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข	31	Effect of Potassium Chlorate on Changes in Cytokinin-like Substances in Stem Apices Prior to Flowering of Longan cv. 'Dor' Nuttawadee Wangsin and Tanachai Pankasemsuk	31
ผลของการใช้ความร้อนต่อการลดอาการสะท้อนหนาว ของมะเขือเทศ นันทวุฒิ อิ่มสุนัย และดนัย บุญเกียรติ	37	Effect of Heat Treatment on Reduction of Chilling Injury of Tomato Nuntawut Imsoon and Danai Boonyakiat	37
ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอก ของมังกรคาบแก้ว รุ่งจาน ศรีวิชัย และโสระยา ร่วมรังษี	46	Effect of Shading on Growth and Flowering of <i>Schlumbergera truncata</i> Haw Runjuan Sriwichai and Soraya Ruamrungsri	46
ผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ อรุโณทัย ซาววา และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข	55	Effect of Ozone on Shelf-life of Lychee Aroonothai Sawwa and Tanachai Pankasemsuk	55
เชื้อรา <i>Arthrobotrys</i> sp.: ชีววิทยา นิเวศวิทยา และศักยภาพ ในการควบคุมทางชีววิธีในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ภมรทิพย์ อักษรทอง	63	<i>Arthrobotrys</i> sp.: Biology, Ecology and Biological Control Potential in Northern Thailand Pamornitip Aksornong	63
ตัวชี้วัดการใช้ทรัพยากรที่ดินอย่างยั่งยืนของระบบเกษตรที่สูง เบญจพรพรณ เอกะสิงห์เมธิ เอกะสิงห์ และธัญชา พรหมบุรมย์	71	Indicators of Sustainable Land Resource Use in Highland Agricultural Systems Benchaphun Ekasingh Methi Ekasingh and Thanya Promburom	71
ผลการรักษาแพะและแกะที่ป่วยด้วยโรคพยาธิตัวกลม ในระบบทางเดินอาหาร ทัสนีย์ อภิชาติสรองกูร อภิชาติ ศรีภัก สุรภี ทองหลอม และยงยุทธ ศรีวิชัย	86	Treatment Results of Goat and Sheep Infested with Gastro-intestinal Nematode Tusane Apichartsrungkoon Apichart Seepai Surapee Thonglom and Yongvouth Sriwichai	86

บทบรรณาธิการ

งานวิจัยเพื่อชุมชนโดยชุมชน

งานวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) หรือมักเรียกกันสั้นๆ ในเวทีสัมมนาโดยทั่วไปว่า “PAR” คงไม่ใช่คำแปลที่ใหม่สำหรับนักวิจัย ถึงแม้ว่าความเข้าใจในเทคนิคและกระบวนการของ PAR จะไม่เด่นชัดนัก และมักจะแตกต่างกันไปในด้านเทคนิคกระบวนการเมื่อดำเนินการโดยนักวิทยาศาสตร์ต่างกลุ่มกันก็ตาม แต่ก็ถือได้ว่าเป็นเทคนิคค่อนข้างใหม่ที่กำลังถูกบังคับให้นำเข้ามาใช้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยสายสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ วิทยาศาสตร์ หรือแม้แต่วิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากทุนวิจัยสมัยใหม่ได้ตั้งเป้าหมายของงานวิจัยไปที่ “ผู้ใช้เทคโนโลยี” ซึ่งบางครั้งเรียกรวมๆ ว่า “Stakeholder” (แม้ว่า Stakeholder หมายรวมมากกว่าผู้ใช้เทคโนโลยีก็ตาม) ไม่มีทุนวิจัยตามความสนใจและอยากรู้ของนักวิจัยเองอีกแล้ว

การวิจัยแบบมีส่วนร่วมเป็นกิจกรรมที่มุ่งหวังให้มีผู้ใช้เทคโนโลยีเข้ามาร่วมคิด ร่วมกำหนดทางเลือกในการแก้ไขปัญหาให้สอดคล้องกับข้อจำกัดและทรัพยากรเดิมที่ตนเองมีอยู่ ถึงแม้ว่าทางเลือกนั้นอาจไม่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาดตามหลักวิชาการก็ตาม นอกจากนี้การวิจัยแบบมีส่วนร่วมยังคาดหวังเพิ่มเติมในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ใช้โดยตรง หรือเป็นการสาธิตวิธีแก้ปัญหาโดยตรงในระดับฟาร์ม อย่างไรก็ตาม การวิจัยแบบมีส่วนร่วมอย่างที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน เกษตรกรหรือผู้ใช้เทคโนโลยียังมีส่วนร่วมน้อยเกินไป เพราะเป็นเพียงผู้มีบทบาทในการเลือกลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่นำศึกษา หรือมีส่วนในการให้ใช้ที่ดินหรือนาสวนเป็นแปลงทดลองเท่านั้น ทางที่ดีที่สุด ควรให้เกษตรกรหรือผู้ใช้เทคโนโลยีร่วมเป็นนักวิจัยด้วย ในลักษณะนี้จะเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และผสมผสานเทคโนโลยีพื้นบ้านเข้าสู่ห่วงโซ่แห่งการวิจัยด้วย

นี่คือจุดสูงสุดของ “การวิจัยเพื่อชุมชนโดยชุมชน” ถึงแม้จะไม่ใช่ว่าเรื่องง่ายนักในการจัดการ และต้องใช้เวลาวิจัยมากกว่าปกติหลายเท่าก็ตาม

วารสารเกษตร 19 (1) : 1-11 (2546)

Journal of Agriculture 19 (1) : 1-11 (2003)

ผลกระทบของถนนและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน
ต่อสภาพทางอุทกวิทยาและการชะล้างพังทลายของดิน
ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กเขตภูเขาในภาคเหนือของประเทศไทย

Hydrological and Erosional Impacts of Road
and Land-Cover Change in Small Mountainous Watershed
in Northern Thailand

อลัน ดี ซิกเลอร์^{1/} โทมัส ดับเบิลยู กีแอมเบลลูกา^{1/} รอสส์ เอ ซัทเธอร์แลนด์^{1/} ไมค์ นุลเลต^{1/}
จิตติ ปิ่นทอง^{2/} เสน่ห์ ญาณสาร^{3/} โทมัส วานา^{1/} และสธพร ใจอารีย์^{4/}
*Alan D. Ziegler^{1/}, Thomas W. Giambelluca^{1/}, Ross A. Sutherland^{1/}, Mike Nullet^{1/},
Jitti Pinthong^{2/}, Sanay Yarnasarn^{3/}, Thomas Vana^{1/}, and Sathaporn Jaiarree^{4/}*

Abstract: Through fieldwork in northern Thailand, a realistic assessment of hydrological and geomorphological impacts of roads in mountainous tropical watersheds was carried out. Findings from field rainfall simulations, surveys of road and traffic phenomena, and computer simulations are presented. Because roads generate Horton

^{1/}ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยฮาวาย สหรัฐอเมริกา

^{2/}ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{3/}ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{4/}กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 109000

^{1/}Department of Geography, University of Hawaii, Honolulu, HI USA 96822 (contact adz@hawaii.edu)

^{2/}Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

^{3/}Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

^{4/}Soil and Water Conservation Division, Land Development Department, Bangkok 10900, Thailand.

overland flow (HOF) during most rain events, they transport sediment into the stream system throughout the rainy season. Linkage of road sections via rut and gully systems allow them to transport runoff generated in one basin into adjacent basins, where it may contribute to hydrological and erosional impacts. Footpaths, like roads, accelerate runoff, and may enhance field erosion by acting as source areas for surface runoff. Vehicle detachment and maintenance activities during interstorm periods increase the volume of loose material that can be removed by overland flow during subsequent rainstorms. Road sediment transport is simulated best when the surface layer of loose sediment is explicitly modeled. This research serves as a foundation for future work aimed at quantifying road and agricultural contributions to cumulative watershed effects in South East Asia.

บทคัดย่อ: จากการปฏิบัติการศึกษาภาคสนามในภาคเหนือของประเทศไทย ได้ทำการประเมินผลกระทบทางอุทกวิทยา และธรณีสิ่งแวดล้อมวิทยาของถนนในบริเวณลุ่มน้ำบนภูเขา ผลการศึกษาจากการใช้ฝนเทียมในบริเวณที่ทำการศึกษากิจการสำรวจการใช้ถนนเครือข่าย และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ด้วยเหตุที่ถนนมักก่อให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน อันเนื่องมาจากการที่ความหนักเบาของฝนมีค่าเกินขีดความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านของดิน (Horton Overland Flow, HOF) ถนนจึงเป็นแหล่งน้ำตะกอนลงสู่ระบบทางน้ำลำธาร โดยเฉพาะฤดูฝน ทางเชื่อมโยงของถนนที่ตัดผ่านระหว่างทางรถและห้วยหรือร่องลึกเป็นสาเหตุหนึ่งในการนำน้ำไหลบ่าที่เกิดจากลุ่มน้ำหนึ่งไปสู่ลุ่มน้ำหนึ่งที่อยู่ใกล้เคียง และก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านอุทกวิทยาและการชะล้างพังทลาย เช่นเดียวกับกับถนนทางเดินเท้า เป็นตัวเร่งให้เกิดน้ำไหลบ่าและช่วยให้เกิดการกัดเซาะที่จุดนั้นมากขึ้นเช่นกัน พื้นผิวถนนซึ่งได้มีร่องอยู่เสมอ ตลอดจนการซ่อมบำรุงรักษาในแต่ละปีทำให้ปริมาณของตะกอนที่ถูกน้ำบ่าหน้าดินพัดพาไปมีมากขึ้น การจำลองสถานการณ์ทำได้ดีที่สุดเมื่อการจำลองชั้นพื้นผิวของเศษตะกอนเป็นไปอย่างถูกต้อง การวิจัยนี้จะใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการค้นคว้าต่อไปในเรื่องของผลกระทบสะสมของถนนและการเกษตรกรรมที่มีต่อตะกอนจากพื้นที่ลุ่มน้ำในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

Index words: ถนนดิน การจำลองสถานการณ์การกัดกร่อนดิน การเสื่อมโทรมของที่ดิน อุทกวิทยาเขตร้อน/ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม unpaved roads, erosion modeling, land degradation, tropical hydrology/geomorphology

คำนำ

การทำไร่เลื่อนลอยตามพื้นที่ภูเขาทางภาคเหนือของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงก่อนสิบปีที่ผ่านมา ได้ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านอุทกวิทยาและการสะสมของตะกอนตามระบบทางน้ำสำคัญๆ รวมทั้งในแม่น้ำเจ้าพระยา ในการแก้ไขปัญหานี้โครงการอนุรักษ์แหล่งน้ำทั้งของนานาชาติ

และของประเทศไทยเองต่างมักจะมุ่งไปที่การปรับปรุงรูปแบบการเกษตรกรรมของชนกลุ่มน้อย (ชาวเขา) ที่อาศัยอยู่ตามลุ่มน้ำในพื้นที่สูง แม้ว่าการเพาะปลูกที่ไม่เหมาะสมในพื้นที่ลาดเขาที่สูงชันจะเป็นตัวการที่สำคัญในการก่อให้เกิดผลกระทบในบางพื้นที่ การก่อสร้างขยายเครือข่ายถนนก็อาจจะเป็นตัวการที่สำคัญพอๆ กัน หรือสำคัญยิ่งไปกว่านั้นก็ได้ การศึกษาทางแถบตะวันตกเฉียงเหนือ

ของฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกของสหรัฐอเมริกา และในออสเตรเลียชี้ให้เห็นว่าผลกระทบที่เกิดจากถนนอาจมีมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ และก่อให้เกิดความเสียหายดังที่ได้ทราบมาก่อนหน้านี้แล้ว (Megahan and Kidd, 1972; Grayson *et al.*, 1993; Megahan and Ketcheson, 1996)

ในภาคเหนือของประเทศไทยได้มีการก่อสร้างถนนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา แต่การศึกษาผลกระทบจากถนนที่มีต่อสภาพแวดล้อมยังมีน้อยมาก (จำนงค์, 2526; Van der Plas and Bruijnzeel, 1993) เมื่อเทียบกับการศึกษาผลกระทบของถนนในเขตอบอุ่น งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการภาคสนามและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะประเมินผลกระทบเชิงปริมาณทางด้านอุทกวิทยาและการชะล้างพังทลายของดินอันเป็นผลเนื่องมาจากการก่อสร้างและขยายเครือข่ายถนน

วิธีการศึกษา

1. ที่ตั้งและลักษณะพื้นที่

การทดลองภาคสนามอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบ้านปางชุม (PKEW; ภาพที่ 1B) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำคานที่น้ำไหลลงสู่แม่น้ำปิงและไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาอีกต่อหนึ่ง มีพื้นที่ประมาณ 585 ไร่ ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่เป็นหินแกรนิตยุคไทรแอสสิกดินที่พบส่วนใหญ่อยู่ในอันดับ Ultisols และ Inceptisols มีพบบ้างเป็นส่วนน้อย สัดส่วนของถนนทางสัญจร และที่อยู่อาศัย มีน้อยกว่า 1 % ของพื้นที่ของลุ่มน้ำศึกษา ส่วนบริเวณทำการเพาะปลูกพืชไร่บนที่สูง และไร่หมุนเวียนที่ทิ้งร้างไม่ถึงปีครึ่งมีสัดส่วนประมาณ 12 %; อีก 13 % เป็นที่ดินที่ทิ้งไว้เพื่อให้ดินดีขึ้น (คือทิ้งไว้ประมาณ 1½ - 4 ปี); 31 % เป็นป่าทุติยภูมิอายุน้อย (4-10 ปี); 12 % เป็นป่าทุติย-

ภูมิเก่ากว่า (อายุมากกว่า 10 ปี) และอีก 31 % เป็นป่าธรรมชาติที่ถูกรบกวน

2. วิธีการ

1) การสำรวจใช้และวัดสมบัติทางกายภาพของถนน

(1) สำรวจจำนวนและชนิดยานพาหนะเป็นระยะเวลา 225 ชั่วโมงในระยะเวลา 44 วัน รวมทั้งสภาพถนนและอากาศว่าเป็นเช่นไร และมีโซ่ลำนล้อรถหรือไม่

(2) ประเมินลักษณะทางกายภาพรูปตัดของถนนในพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา ทั้งในช่วงบนและช่วงล่างทุกๆ 50 ม. ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยตรวจวัดความกว้าง สภาพพื้นผิวถนน (เช่น มีรอยหรือไม่มีรอย) ความลาดเทสองมิติของถนน ค่าประเมินการทรุดตัว ขนาดของทางรถและร่องน้ำ และตะกอนที่พบ

(3) จัดบันทึกรายการแหล่งตะกอนจากถนนเส้นทางที่มีน้ำไหลบ่าและจุดที่น้ำไหลบ่าลงมาและไหลออกไป บนถนนทุกสายในพื้นที่

(4) ตรวจวัดด้านอุทกวิทยา และด้านกายภาพ เช่น สัมประสิทธิ์การนำน้ำที่อิ่มตัว (K_s) ความหนาแน่นรวม (BD) ความต้านการซึมลึกของดิน (PR, โดยใช้ Lang penetrometer) และเนื้อดิน ณ จุดต่างๆ ทั้งบนถนนทุกสาย และบนหน้าดินของพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินในรูปแบบอื่นๆ

2) ติดตั้งเครือข่ายตรวจวัดลักษณะอากาศ (Climatological network in PKEW)

สถานีเครือข่ายสำรวจลักษณะอากาศ ได้ติดตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2540 ประกอบด้วย เครื่องตรวจบันทึกใช้ในการบันทึกรายละเอียดลักษณะอากาศแนวดิ่งเพื่อใช้ในการปรับแก้ (calibrating) การยืนยันความถูกต้อง (validating) ในแบบจำลองคณิตศาสตร์

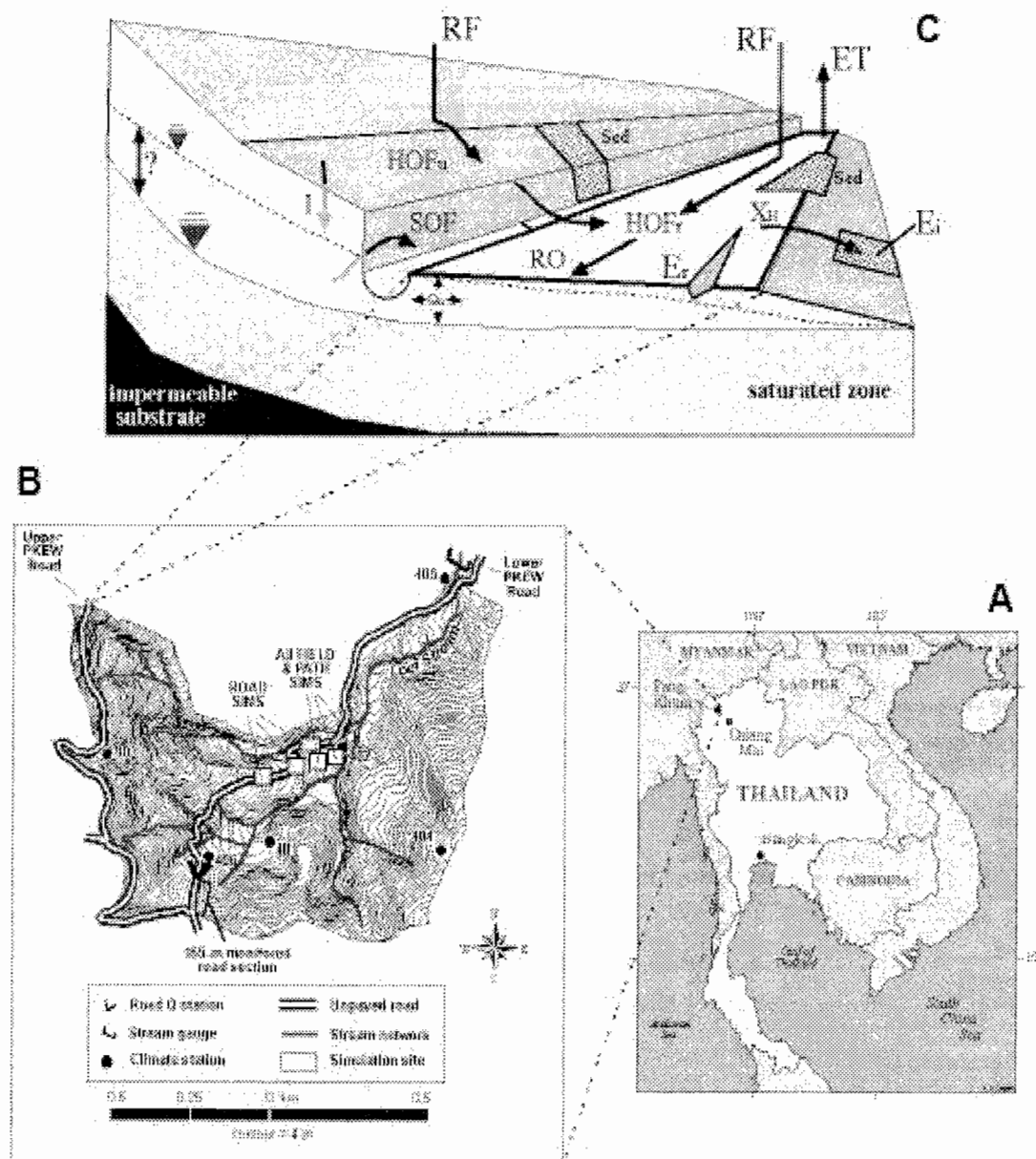


Figure 1 (A) Research site near Pang Khum Village in Northern Thailand; (B) the 93.7 ha. Pangkhum Experimental Watershed (PKEW); (C) hydrological and erosional processes operating on the 3-dimensional.

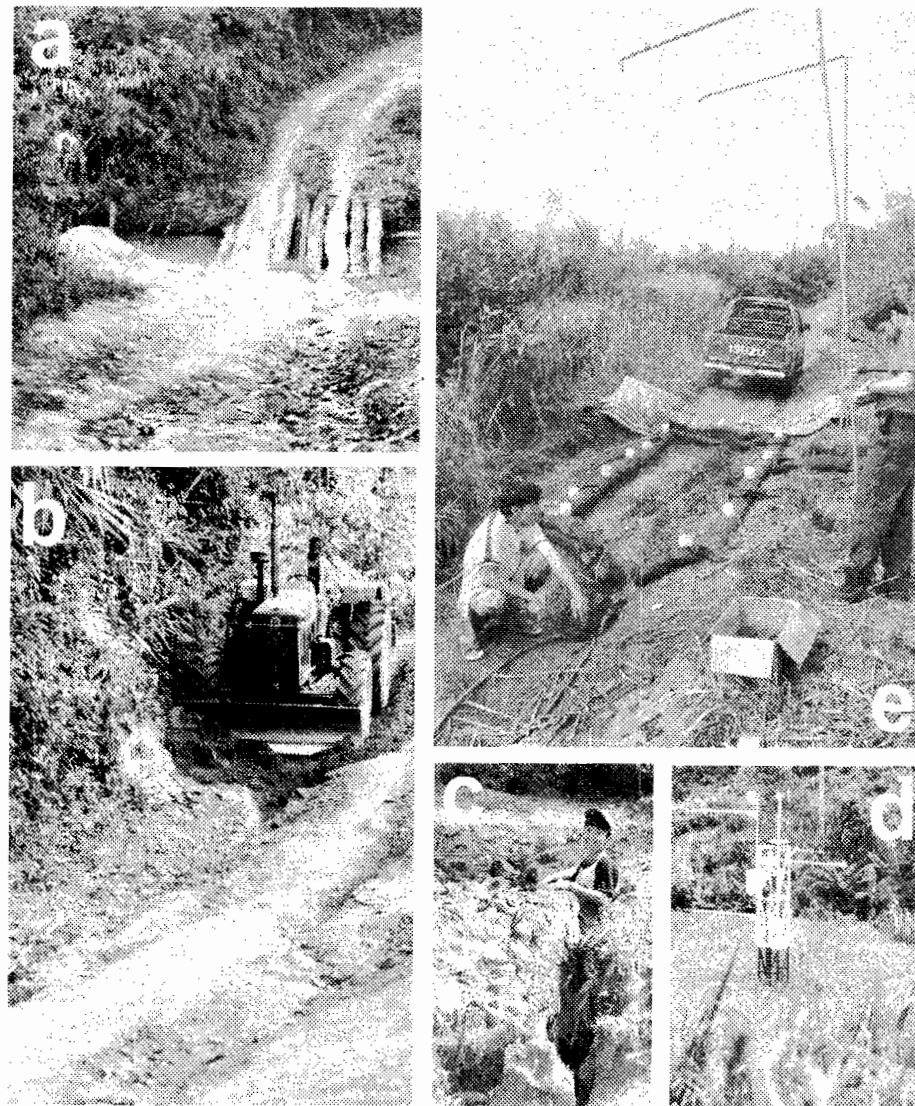


Figure 2 (a) termination of a road section at a stream crossing; (b) road maintainance during interstorm periods is one source of loose surface material; (c) a deep gully on the upper PKEW; (d) climate station 402 within an upland rice field in PKEW; (e) the rainfall simulator and plot during one of the road rainfall simulation, 1998.

KINEROS2 (Smith *et al.*, 1999) เพื่อจำลองสถานการณ์น้ำไหลบ่าบนถนนและการชะล้างพังทลาย สถานีตรวจวัดอากาศหมายเลข 401 และ 402 ใช้บันทึกข้อมูลละเอียดทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ในการจำลองแบบการแผ่ของความร้อนแฝงและความร้อนเหนือผิวดิน เครื่องวัดที่สถานี 401 ติดตั้งอยู่เหนือ

ป่าธรรมชาติที่ถูกรบกวน สูง 17 ม. ส่วนสถานี 402 ตั้งอยู่บริเวณไร่เลื่อนลอย สถานี 403 และ 404 วัดปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดิน สถานี 405 ตรวจวัดน้ำท่า (โดยการบันทึกระดับความสูงของน้ำที่ไหลผ่านอาคารวัดน้ำชนิดฝายสันกว้าง (broad-crested weir) ที่มีความกว้าง 3 ม.) และปริมาณน้ำฝน

ที่ปากลุ่มน้ำ (Outlet) สถานี 406 ซึ่งตั้งอยู่อีกฝั่งหนึ่งของถนนใกล้กับทางเข้าลุ่มน้ำกำหนดขึ้นเพื่อให้ตรวจวัดน้ำฝนและความชื้นในดินของผิวถนน เพื่อใช้กำหนดความชุ่ม (soil wetness) ของดินก่อนฝนตกที่ต้องใช้ในการจำลองแบบ (modeling)

3) การทำฝนเทียมจำลองสถานการณ์ฝน (Rainfall simulation experiments)

ในปี พ.ศ. 2541 และ 2542 ได้ทำฝนเทียมจำลองสถานการณ์ฝนจำนวน 5 ชุด ซึ่งกำหนดขึ้นจากฝนที่ตกทั้งหมดกว่า 100 ครั้ง (storms) เพื่อกำหนดสถานการณ์ต่างๆ คือ (1) การก่อให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและส่งผลต่อการพัดพาตะกอนของถนน บริเวณทางสัญจร และผิวหน้าที่ทำการเกษตรแบบต่างๆ (2) จำแนกการกัดเซาะออกเป็นแบบกระเด็นของน้ำบนพื้นผิว (splash erosion) และแบบผิวแผ่น (sheet erosion) ซึ่งจำเป็นในการจำลองแบบการชะล้างพังทลายของถนนด้วยแบบจำลอง KINEROS2 และ (3) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการบำรุงรักษารถที่มีผลต่อการก่อให้เกิดตะกอนของถนน

การทำฝนเทียมจำลองสถานการณ์การตกของฝนเหล่านี้ใช้ระยะเวลา 40–60 นาทีบนแปลงทดลองขนาดเล็ก (ขนาดตั้งแต่ 3.0–3.4 ม.²) ให้มีความหนาแน่นของพลังงานฝนที่ตก (EFDs) มีค่า 1650 ถึง 2050 Jm⁻²h⁻¹ ตกอยู่นานประมาณ 10–20 นาที ที่มักเกิดในช่วงฝนตกหนักในรอบปีของพื้นที่ PKEW (ทั้งนี้ได้จากการวิเคราะห์เบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนที่ตกในสองปี) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำบนถนนกับข้อมูลของน้ำท่าและการพัดพาตะกอนที่เกิดจากน้ำไหลบ่าตามธรรมชาติบนถนนช่วงต่างๆ กล่าวคือได้สร้างสถานีสำหรับเก็บบันทึกปริมาณของน้ำไหลบ่าที่ด้านล่าง

ของถนนที่มีความลาดชันยาว 165 เมตร ใกล้กับสถานี 406

ผลการทดลองและวิจารณ์

1) กระบวนการน้ำบ่าหน้าดินและการกัดเซาะบนถนน

จากการสังเกตการเกิดน้ำไหลบ่าและการพัดพาตะกอนบนความยาวของถนนสายหนึ่ง (Road Prism) ดังในภาพที่ 1C จะพบว่าสาเหตุหนึ่งของน้ำไหลบ่าบนพื้นผิวถนน (Road surface runoff, RO) เกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการซึมผ่านผิวถนนโดยปกติแล้วจะต่ำมาก (ผิวดินที่อัดแน่น) จึงก่อให้เกิด Horton overland flow (HOF) อย่างรวดเร็วบนผิวถนน แม้แต่ในช่วงที่มีฝนในปริมาณที่ต่ำ (Ziegler and Giam belluca, 1997a) ในบางกรณี น้ำไหลบ่าซึ่งเกิดบนพื้นผิวใกล้เคียง (HOR_u) อาจไหลบ่าลงมาบนถนน และทำให้เกิดการเจ็มนองบนถนนมีปริมาณมากขึ้น ความชื้นของดินที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น (antecedent soil moisture, θ_n) ก็มีผลก่อให้เกิด HOF ได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ระยะเวลาการเกิดน้ำไหลบ่าบนผิวถนนเปียกจะสั้นกว่าบนผิวถนนแห้ง ผิวหน้าความชื้นของถนน (θ_n) นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน (RF), อัตราการระเหย (ET) และความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งปัจจัยตัวหลังนี้มีส่วนสำคัญในการก่อให้เกิดการเจ็มนองบนผิวถนน ตัวอย่างเช่น การเกิดน้ำบ่าหน้าดินแบบดินอึดตัว (SOF) จะเกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำใต้ดินขึ้นสูงกว่าระดับพื้นผิวถนนและน้ำบนดินและซึมออกมาไหลท่วมบนถนน เส้นไขว้ปลาและเส้นคู่ในภาพที่ 1C แสดงความผันแปรของระดับน้ำใต้ดิน SOF อาจเกิดบนหน้าตัดของถนน (road cut) ซึ่งน้ำใต้ผิวดินไหลออกมาจากส่วนนี้และลงมาผสมกับน้ำบ่าบนผิวถนน

เมื่อน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นบนผิวถนนแล้ว ก็มักจะคงสภาพการไหลอยู่บนถนนเป็นระยะทาง ตั้งแต่สิบถึงหลายร้อยเมตรจนกว่าจะไหลลงสู่ลำธาร (X_r , รูปที่ 5) หรือไหลไปตามลาดเขา (X_H) การเชื่อมต่อกันของถนนหลายสายทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินนี้ ไหลลงสู่เครือข่ายลำธารในเปอร์เซ็นต์สูง ในขณะที่ น้ำไหลบ่าไหลจากถนนไปตามลาดเขา อาจจะแทรกซึม (I) หรือกัดเซาะตัดลาดเขา (E_r) และพัฒนากัดเซาะต่อไปเป็นเส้นทางน้ำไหลและอาจทำให้เครือข่ายลำธารหมดไปได้ในที่สุด น้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นผิวถนนที่มีปริมาตรต่ำสามารถพัฒนาอนุภาคดินบนพื้นผิวและก้อนหินเล็กๆ บนผิวถนนไปได้ ขณะที่น้ำที่ไหลบ่ายังคงไหลต่อไปตามเครือข่ายถนนนั้น ความลึกและอัตราความเร็วจะเพิ่มขึ้นเมื่อไหลไปได้สักระยะหนึ่งก็จะถึงความเร็ววิกฤติที่สามารถกัดเซาะพื้นผิวถนน (E_r) โดยมักจะเริ่มขึ้นที่ทางรถและรอยล้อรถที่มีอยู่ ในกรณีที่ไม่มีย่อลึก (gully) และการถล่มของมวลดิน (mass wasting) การชะล้างพังทลายของถนนจะถูกควบคุมโดยกระบวนการการชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว (rill) และระหว่างร่องริ้ว (interrill) อันเป็นกระบวนการเดียวกันที่เกิดขึ้นตามพื้นที่เกษตรกรรม กระบวนการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ (1) พลวัต (dynamic) ของฝนที่ตกแต่ละครั้ง ซึ่งรวมไปถึงความหนักเบาของฝน การซึมผ่านผิวดิน สภาพการไหลของน้ำบ่าหน้าผิวดิน (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความลึกของน้ำบ่าผิวดิน) และ (2) ความยากง่ายของดินในการถูกชะล้าง (soil erodibility) ซึ่งรวมความต้านทานต่อแรงเฉือน (shear strength) ด้วย

2) การเกิดน้ำไหลบ่าบนถนน

ภาพที่ 3(A) แสดงลักษณะการเกิดน้ำไหลบ่าที่เกี่ยวข้องกับถนน และการใช้ที่ดินแบบต่างๆ ใน

ช่วงระหว่างการทดลองจำลองสถานการณ์ด้วยความหนักเบาของฝนที่สูง ($\approx 100-110 \text{ mm.h}^{-1}$) ในสภาพความชื้นดินแห้งที่มีมาก่อนหน้านี้แล้ว ($0.040-0.12 \text{ g.g}^{-1}$) นั้น การเกิด HOF บนพื้นผิวที่ไม่ใช้ถนนต้องใช้ปริมาณน้ำฝนจำนวนมาก แต่ในทางตรงข้าม HOF ที่เกิดบนถนนสามารถเกิดได้ตั้งแต่ช่วงต้นๆ ที่ฝนเริ่มตก และสัมประสิทธิ์ของการเกิดน้ำไหลบ่าบนถนนจะมีค่าสูง (Road runoff coefficients, ROC) ในช่วงฤดูฝนปี พ.ศ. 2541 ประมาณ 41 % ของปริมาณฝนที่ตกใน 2 นาที ณ สถานี 406 มีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่ออิ่มตัว (K_s) ของถนน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความถี่สูงของฝนมีศักยภาพในการก่อให้เกิด HOF ในช่วงฤดูฝนเมื่อความชื้นที่ผิวดินมีปริมาณสูงนั้นเพียงไม่กี่นาทีเมื่อฝนมีความหนักเบาเกินค่า K_s ก็จะเกิด HOF บนพื้นผิวถนนบ่อยๆ (ตารางที่ 1)

3) การพัฒนาของน้ำไหลบ่าในลุ่มน้ำ

เส้นทางที่น้ำบนผิวดิน (surface water) และน้ำใต้ผิวดิน (subsurface water) จะเคลื่อนที่ไปยังเครือข่ายลำธารถือได้ว่าเป็นตัวกำหนดระยะเวลาและบทบาทของน้ำไหลบ่าที่มีต่อไฮโดรกราฟที่เกิดจากฝนที่ตกแต่ละครั้ง (Storm hydrograph) และเป็นตัวควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายที่จะเกิดในช่วงที่ฝนตกประสิทธิภาพในการไหลลงสู่เครือข่ายลำธารของน้ำไหลบ่าที่เกิดบนถนนผันแปรไปตามระยะทางและเวลา ซึ่งกระบวนการการชะล้างพังทลาย และการสูญเสียมวลดิน สามารถเบี่ยงเบนทางเดินของน้ำและจุดออกของน้ำไหลบ่าได้ การประเมินค่าประสิทธิภาพของการพัฒนาน้ำบ่าและตะกอนของถนนตอนล่างในพื้นที่ลุ่มน้ำพบว่า 70% ของฝนส่วนใหญ่ที่ตกบนถนน (ภาพที่ 4) มีผลต่อไฮโดรกราฟใน

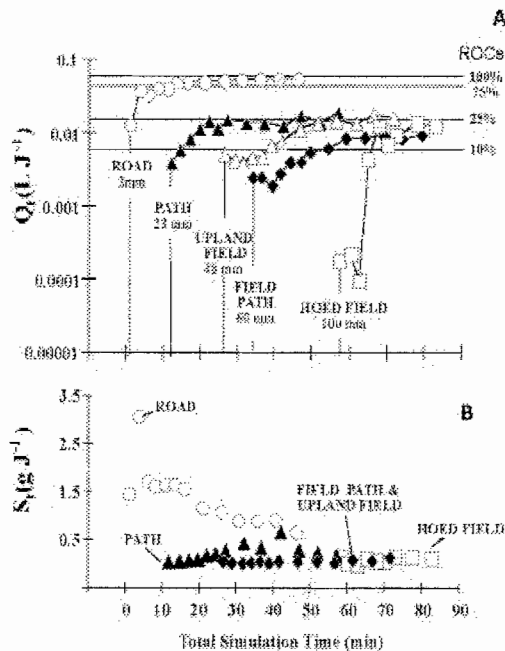


Figure 3 (A) Energy-normalized instantaneous discharge (Q_i), Runoff coefficients (ROCs,%), and rainfall depth (mm) before runoff generation for several landuse types in PKEW during rainfall simulations; (B) normalized sediment output (S_i).

ลุ่มน้ำช่วงที่มีพายุใหญ่สุดในปี 2541 (STORM) ที่มีปริมาณฝนทั้งหมด 51.5 มม. โดยปริมาณฝนส่วนใหญ่จะตกในช่วง 30 นาทีแรกหลังจากที่น้ำไหลบ่าเริ่มก่อตัวและค่าเฉลี่ยความหนักเบาของฝนอยู่ที่ 89 $mm.h^{-1}$ ค่าความหนักเบาสูงสุดคือ 154 $mm.h^{-1}$ ในช่วงครึ่งชั่วโมงแรกหลังจากที่น้ำไหลบ่าเริ่มก่อตัว HOF จากถนนเพียงอย่างเดียวมีส่วนของไฮโดรกราฟประมาณ 10 % ระยะทางและทิศทางของ HOF บนถนนจะถูกกำหนดเบื้องต้นโดยตัวแปรทางธรณีสัณฐานวิทยาและเกี่ยวข้องกับลักษณะของกลุ่มน้ำด้วย ซึ่งได้แก่ลักษณะภูมิประเทศ สันเขาดลาดจนที่ตั้งของหุบเขา ความลาดชัน และระยะทางไปสู่ลำธาร

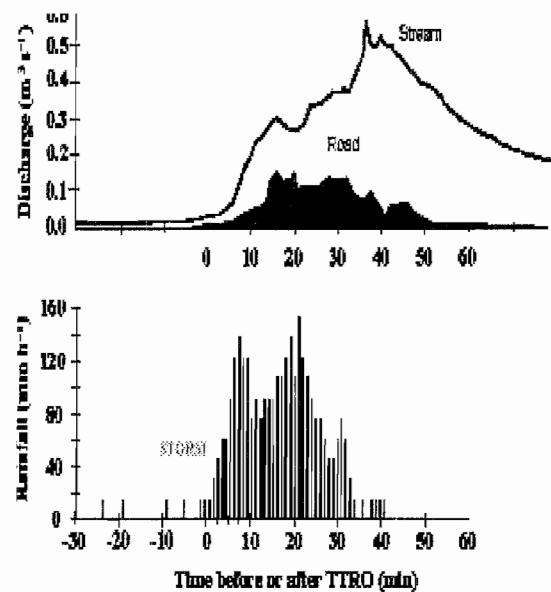


Figure 4 Road runoff contribution to basin storm hydrograph for the large rain event of 1998 (STORM).

ด้วยเหตุที่ส่วนต่างๆ ของถนนโยงใยถึงกันด้วยระบบร่องน้ำและลำธาร ขอบเขตของพื้นที่ทางอุทกวิทยาน้ำไหลบ่าอาจกว้างกว่าขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำธรรมชาติ ดังนั้นน้ำไหลบ่าซึ่งเกิดบนถนนในลุ่มน้ำหนึ่งจึงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบของน้ำไหลบ่าและชะล้างพังทลายในลุ่มน้ำใกล้เคียงได้ ตัวอย่างเช่น เครือข่ายของถนนใน PKEW ตอนล่างซึ่งมีความยาว 130 ม. (ช่วง B-C ในวงกลมที่ 1 ภาพที่ 5) เป็นตัวนำพาน้ำไหลบ่าจากลุ่มน้ำใกล้เคียง ไหลบ่าไปตามถนนที่มีลำธารหรือร่องน้ำตัดผ่านเข้าสู่พื้นที่ PKEW และไหลเข้าสู่เครือข่ายลำธาร ณ จุดสะพานไม้ที่เชื่อมโยงพื้นที่ลุ่มน้ำได้ หากถนนสายนี้รับน้ำ

ไหลบ่าที่เกิดขึ้นบนทางลาดช่วงบนบนพื้นที่ที่ไม่ใช้ถนน ผลกระทบทางด้านอุทกวิทยาก็จะยิ่งมีมากขึ้น ในทำนองเดียวกันช่วง D-E (วงกลมที่ 2 ภาพที่ 5) ในทางกายภาพแล้วก็อยู่นอก PKEW แต่มีจุดทางออกของน้ำไหลบ่าภายในลุ่มน้ำ (จุด E)

อิทธิพลของถนนตอนบนใน PKEW ที่มีต่อสภาพทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำมีความแตกต่างกันไปตามความหนักเบาของฝนและสภาพของผิวดิน น้ำผิวดินที่เกิดขึ้นบนช่วง F-G จะมาบรรจบกันและไหลออกสู่ลำน้ำสาขาชั่วคราวทางตอนบนของเครือข่ายลำธารน้ำที่เกิดขึ้นได้ G จะไหลออกไปจากลุ่มน้ำ ณ จุดโค้งจุดแรก (H) น้ำไหลบ่าจะถูกแยกออกเป็นสายๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าน้ำจะไหลกลับเข้าพื้นที่ PKEW อีกหรือไม่ สำหรับการไหลที่มี

ปริมาตรต่ำ น้ำไหลบ่าจะไหลลงไปตามถนนตามระบบร่องที่เกิดจากยานพาหนะ และออกไปจากลุ่มน้ำ ถ้าการไหลออกมีค่าเกินค่าสูงสุดที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ (threshold) ที่ประมาณ $0.7 \pm 0.3 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ (จากการประเมินภาคสนามเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541) น้ำไหลบ่าจะไหลข้ามไปยังคูที่ถูกน้ำกัดเซาะลึก (ราวๆ 1.3 ม. (กว้าง) x 0.4 ม. (ลึก)) ซึ่งอยู่ด้านในของถนนและเป็นร่องที่นำน้ำไหลบ่าไปสู่จุดทางออกบนลาดเขา (i) ภายใน PKEW การไหลข้ามไปสู่คูนี้เป็นการไหลในลักษณะชั่วคราวและเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปตามการจราจรของขบวนยานบนถนนนี้ (ซึ่งก่อให้เกิดร่องทางรถ) และต่อกิจกรรมการบำรุงทาง (ซึ่งได้แก่การซ่อมแซมร่องทางรถ)

Table 1 Mean compaction- and infiltration-related variables for the sedimentation surfaces.

Treatment	TTRO ^{1/} (min)	BD (Mg m ⁻³)	PR (MPa)	K _s (mm h ⁻¹)
Road	1.1±0.3 (8)a	1.45±0.13 (74)b	6.4±0.4 (160)d	15±9 (26)a
Access path	12.1±3.5 (3)b	1.40±0.11 (21)b	6.4±0.7 (90)d	8±5 (6)a
Field path	34.1±12.8 (4)c	1.24±0.11 (22)a	2.8±1.1 (40)b	244±88 (10)b
Hoed field	>57.8 (4) ^{2/}	1.19±0.06 (22)a	1.8±1.2 (40)a	316±129 (10)b
Fallow field	>60 (4) ^{2/}	1.11±0.05 (6)a	1.7±0.9 (60)a	129±38 (6)b

^{1/} TTRO is time to runoff (TTRO); BD is bulk density; PR is penetration, and K_s is saturated hydraulic conductivity; value are ± one standard deviation; values in parentheses are simulation replications or sample sizes; values in each column with the same letter are NOT statistically different (one-way analysis of variance (ANOVA) on log₁₀-transformed data), followed by post-hoc multiple comparison testing with the Bonferroni/Dunn test (B-D) when the F-values were significant at $\alpha = 0.05$.

^{2/} Only one of four Hoed field events produced runoff; none of the four Fallow field simulations produced runoff.

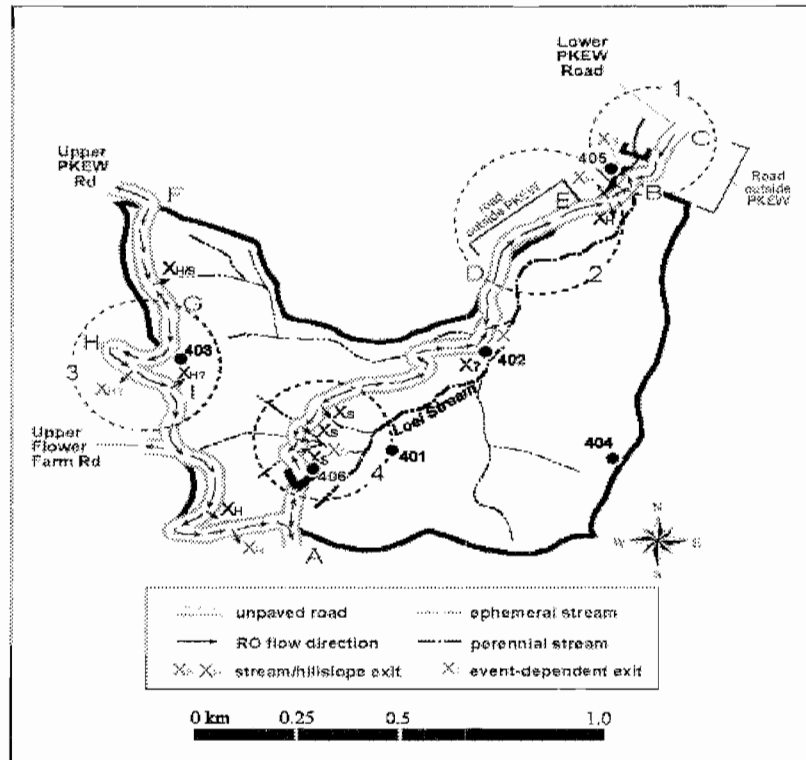


Figure 5 Road surface water flow paths and locations of several road-related geomorphological features affecting hydrological response in PKEW (letter A through H).

4) การชะล้างพังทลายของถนน

ปริมาณตะกอนต่อพลังงาน (S/g^{-1}) จากพื้นที่ถนนโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับอัตราไหลสูงสุดของน้ำบ่าหน้าดิน ซึ่งจะเกิดขึ้นภายในช่วง 2-3 นาทีแรกหลัง TTRO คิดตามด้วยค่า S_t ที่ค่อยๆ ลดต่ำลงตลอดช่วงระยะเวลาที่เหลืออยู่ของการจำลองสถานการณ์ (รูป 3B) จุดสูงสุดของ S_t สัมพันธ์อยู่กับเศษวัสดุที่พื้นผิวที่ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างฝนตกเมื่อวัสดุที่อยู่บนพื้นผิวถูกขจัดหมดไป ตะกอนที่เกิดขึ้นจะถูกเคลื่อนย้ายไปบนผิวถนนที่อัดแน่น ไม่ว่าจะเป็นเวลาใดก็ตามที่พื้นผิวถนนและวัสดุได้ชั้นดินถูกอัดแน่น ปริมาตรของวัสดุสร้างถนนจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามสถานการณ์น้ำบ่าหน้าดิน การจราจร การบำรุงรักษา และดินที่ถล่มลงมาเนื่องจากการเกิดตะกอนผิวหน้าถนนเป็นปรากฏ-

การณ์ที่เป็นพลวัต การพัดพาตะกอนออกไปจากพื้นที่จึงผันแปรไปทั้งในขณะที่ฝนตกอยู่และระหว่างที่ฝนตกแต่ละครั้ง โดยทั่วไปถนนที่มีการจราจรสูงจะมีอัตราการเกิดตะกอนสูง (Reid and Dunne, 1984) ในทางตรงกันข้าม อัตราการพัดพาตะกอนบนถนนอาจต่ำได้ หากระหว่างที่มีพายุฝนเกิดขึ้นนั้นน้ำบ่าหน้าดินก่อนหน้านั้นได้พัดพาเศษวัสดุส่วนใหญ่แล้ว

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ทั้งการตรวจวัดจากสถานการณ์จริงและสถานการณ์จำลอง สรุปได้ว่าการที่ผิวถนนมีอัตราการซึมน้ำต่ำก่อให้เกิดน้ำบ่าหน้าดินบนถนนดินได้บ่อยครั้งและเริ่มเกิดได้เร็วกว่าในระหว่างที่มีฝน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีเกิดน้ำท่วม

ป่าบนพื้นที่ผิวดินอื่น การเกิดน้ำป่าหน้าดินแบบ HOF ภายในพื้นที่เกษตรโดยปกติแล้วจะมีน้อยมาก ยกเว้นบนพื้นที่ผิวดินที่มีการใช้งานเช่นเดียวกับ ถนน การขยายเครือข่ายถนนมีผลต่อการเกิดน้ำไหล ป่าหน้าดินในช่วงที่มีฝนตกหนักในบริเวณลุ่มน้ำ และจะเปลี่ยนแปลงไปตามกิจกรรมและเหตุการณ์ ต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนเส้นทางการไหลที่พื้นผิวดิน บนถนน เนื่องจากร่องทางรถและระบบร่องน้ำได้ เชื่อมบริเวณที่เป็นร่องน้ำไหลป่าแต่ละแห่งเข้าด้วยกัน เป็นเส้นทางต่อเนื่องกัน น้ำไหลป่าที่เกิดบนพื้น ผิวดินในลุ่มน้ำหนึ่งอาจถูกพัดพาไปสู่อีกลุ่มน้ำ หนึ่งได้และจะทำให้มันมีศักยภาพในการก่อให้เกิด ผลกระทบทางด้านอุทกวิทยาและลักษณะธรณี สันฐานในบริเวณลุ่มน้ำทั้งคู่ด้วย

การใช้แบบจำลอง KINEROS 2 จะประเมินได้ดี ที่สุด เมื่อลักษณะของเศษวัสดุดินชั้นบนถูกนำมา พิจารณาร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

จำนงค์ ปราณสุจริต. 2526. ผลกระทบของวิวัฒนาการใช้ ประโยชน์ที่ดินต่อน้ำในลำธารและตะกอน แขนงลอยในลุ่มน้ำแม่กลาง, เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวน ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Grayson, R.B., S.R. Haydon, M.D.A. Jayasuriya, and Finlayson, B.L. 1993. Water quality in the mountainous ash forest: Separating the impact of roads from those of logging operation. J. Hydrol, 150, 459–480.

Horton, R.E. 1993. The role of infiltration in the hydrologic cycle. EOS, Am. Geophys. Union. Trans. 14, 446–460.

Megahan, W.F. 1983. Hydrologic effects of clear-cutting and wildfire on steep granitic slopes in Idaho. Water Resour. Res. 19(3): 811–819.

Megahan, W.F. and G.L. Ketcheson, 1996. Predicting down slope travel of granitic sediments from forest roads in Idaho. Water Resour. Bull. 32 (2): 371–382.

Reid, L.M., and T. Dunne, 1984. Sediment production from forest road surface, Water Resour. Res., 20, 1753–1761.

Smith, R.E., D.C. Goodrich, and C.L. Unkrich, 1999. Simulation of selected events on the Catsop catchment by KINEROS2. A report for the GCTE conference on Catchment scale erosion model. Catena 37: 457–475.

Van der Plas, M.C., and L.A. Bruijnzeel. 1993. Impact of mechanized selective logging of rainforest on topsoil infiltrability in the Upper Segama area, Sabah, Malaysia. Hydrology of Warm Humid Regions (Proc. of the Yokohama Symposium), July 1993. IAHS Publ. 216.

Ziegler, A.D. and T.W. Giambelluca, 1997a. Importance of rural roads as source areas for runoff in mountainous areas of northern Thailand. J. Hydrol. 196 (1/4): 204–229.

Ziegler, A.D. 2000. Toward Modeling Road Erosion in Northern Thailand. Ph.D. dissertation, Geography Dept., University of Hawaii, Honolulu, HI. 104 p

อิทธิพลของต้นตอต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหาร
ของส้มเขียวหวาน

Influence of Rootstocks on Growth and Development
and Nutrient Content of Tangerine

วิภาดา แสงสร้อย^{1/} และ ตระกูล ต้นสุวรรณ^{1/}

Vipada Sangsoi^{1/} and Tragool Tunsuwan^{1/}

Abstract : Tangerines, budded on Troyer, Cleopatra, Carrizo, JC (Rangpur lime), Swingle and rough lemon rootstocks, were planted in 20 liters of clay pots filled with fine sand and applied with nutrient solution. The experiments were carried out at Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University during August 2000 to January 2002. The results showed that the tangerines on rough lemon had higher in height and more canopy width as well as ratio of stem diameter between scion and rootstock than the other rootstocks. The total non - structural carbohydrate(TNC) and reducing sugar (RS) of leaves were not significantly differences on those rootstocks.

Leaf nutrients, all rootstocks had nitrogen, potassium, calcium and magnesium content significantly differences in some month but there were changing in the same trend. There were not significantly difference in phosphorus content. The C:N ratio of Swingle rootstock was highly increased than the others in August 2001. Rough lemon rootstock was higher in dry weight of leaf and branch , while all parts above the ground and shoot:root ratio of Troyer were higher than the other rootstocks. However, the root dry weights and cytokinin-like substances of shoot and root were not significantly difference among the treatments.

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture , Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : ส้มเขียวหวานติดตาบนต้นตอพันธุ์ทรอยเยอร์ คลีโอพัตรา คาร์ริโซ เจซี (Rangpur lime) สวิงเกิล และ รัฟเลมอน ปลูกในกระถางดินเผาความจุ 20 ลิตร ใช้ทรายละเอียดเป็นวัสดุปลูก ให้ธาตุอาหารในรูปสารละลาย ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2543 ถึง มกราคม 2545 พบว่า ส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอรัฟเลมอน มีการเพิ่มความสูง การขยายขนาดทรงพุ่ม และสัดส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของกิ่งพันธุ์ติดต้นตอมากกว่าต้นตอพันธุ์อื่น ส่วนคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ไม่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณธาตุอาหารในใบ ต้นตอส้มทุกพันธุ์มีผลต่อปริมาณธาตุไนโตรเจน โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เฉพาะบางเดือน แต่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในใบไม่มีความแตกต่างกันตลอดการทดลอง อัตราส่วนระหว่างคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจน (C:N ratio) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในเดือน ส.ค. 44 โดยต้นตอสวิงเกิล มี C:N ratio สูงที่สุด ส่วนต้นตอรัฟเลมอน มีผลต่อน้ำหนักแห้งของใบและกิ่งก้าน ขณะที่ต้นตอทรอยเยอร์ มีผลต่อผลรวมของส่วนเหนือดิน และอัตราส่วนระหว่างส่วนเหนือดินต่อราก (shoot:root ratio) มากกว่าต้นตอพันธุ์อื่น อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งของรากของต้นตอทุกพันธุ์ และปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในใบในส่วนยอดและรากไม่มีความแตกต่างกัน

Index words: ต้นตอ ธาตุอาหาร ส้มเขียวหวาน

Rootstock, nutrient, tangerine

คำนำ

ส้มเขียวหวาน เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง การปลูกส้มเขียวหวานในอดีต นิยมใช้ต้นพันธุ์จากกิ่งตอน ซึ่งต้นส้มไม่มีรากแก้ว ระบบรากอ่อนแอ และไม่มีความทนทานต่อโรครากเน่าโคนเน่า ทำให้ส้มแสดงอาการทุดโทรมหลังให้ผลผลิตเพียง 4-5 ปี จากนั้นผลผลิตลดลง และอาจตายในที่สุด การใช้ต้นพันธุ์ส้มจากการติดากิ่งพันธุ์ดีบนต้นตอที่เหมาะสม เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยทำให้ต้นส้มสมบูรณ์แข็งแรง เจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตยาวนานกว่าการปลูกจากกิ่งตอน จึงได้ศึกษาอิทธิพลของต้นตอส้มพันธุ์ต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของส้มเขียวหวาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตส้มเขียวหวานให้มีคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCB) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ได้แก่ ส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ทรอยเยอร์ คลีโอพัตรา คาร์ริโซ เจซี สวิงเกิล และรัฟเลมอน ปลูกในกระถางดินเผาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ความจุ 20 ลิตร ใช้ทรายละเอียดเป็นวัสดุปลูก อยู่ในสภาพกลางแจ้ง และให้ธาตุอาหารพืชในรูปสารละลายทุกวัน

บันทึกข้อมูล ใช้ระยะเวลา 18 เดือน ได้แก่ การเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม สัดส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของกิ่งพันธุ์กับต้นตอ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง และน้ำตาลรีดิวซ์ในใบ ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม อัตราส่วน

ระหว่างคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนในใบ น้ำหนักแห้งในแต่ละส่วน และปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในส่วนของยอดและราก ใช้วิธี Soybean Hypocotyl Bioassay

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของต้นตอต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ดี

กิ่งพันธุ์ส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอรัฟเลมอน มีการเพิ่มความสูง การขยายขนาดทรงพุ่ม และสัดส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของกิ่งพันธุ์ดีกับต้นตอมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้นตอรัฟเลมอนมีนิสัยการเจริญเติบโตที่ดี แข็งแรง และยังมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกับส้มเขียวหวานอีกด้วย (Castle and Gmitter, 1999) ลักษณะดังกล่าว ทำให้มีการส่งผ่านอาหาร น้ำ และฮอร์โมนต่าง ๆ ตลอดจนกระบวนการต่าง ๆ ภายในต้นเป็นไปได้ดี ส่วนส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอคลีโอพัตราต่ำกว่าต้นตอพันธุ์อื่น ๆ อาจเป็นเพราะต้นตอคลีโอพัตรา มีลักษณะนิสัยเจริญเติบโตช้าในระยะแรก (รวิ, 2540)

2. ผลของต้นตอต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง และน้ำตาลรีดิวซ์ในใบ

ปริมาณ TNC ในใบส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ในช่วงที่มี TNC สูง เป็นช่วงที่ส้มอยู่ในระยะใบแก่ จึงสะสมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตไว้มากหลังจากนั้น TNC จะลดลง เนื่องจากส้มมีการแตกใบอ่อนพร้อมกับออกดอก ซึ่งเป็นช่วงที่ส้มต้องการอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะใบและดอก เป็นส่วนที่อ่อน ถือว่าเป็น strong sink (Ho, 1988) อาหารจากใบในรูปคาร์โบไฮเดรตจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลและส่งไปยังจุดที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

สำหรับปริมาณ RS ในใบ พบว่า โดยรวมไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละต้นตอ การเพิ่มขึ้นของปริมาณ RS ในใบในระยะแรกของการเจริญทางกิ่งใบ ความแข็งแรงของต้นตอ อาจมีผลต่อการส่งอาหาร ฮอร์โมน รวมทั้งมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของใบ ซึ่งพืชต้องการน้ำตาลใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ (นิตย, 2541)

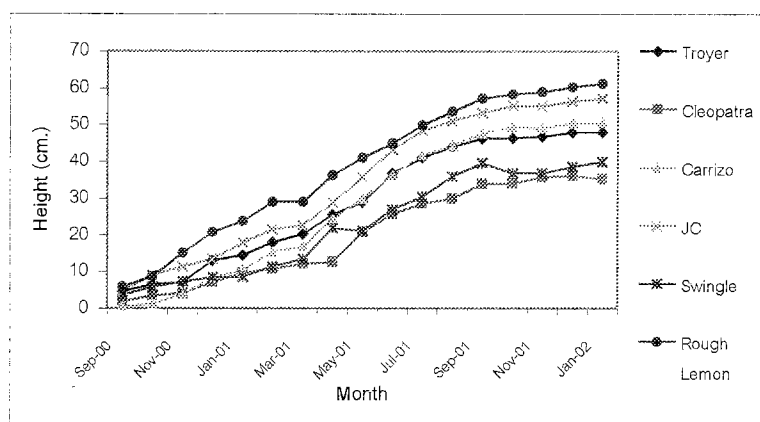


Figure 1 Effect of rootstocks on height of tangerine.

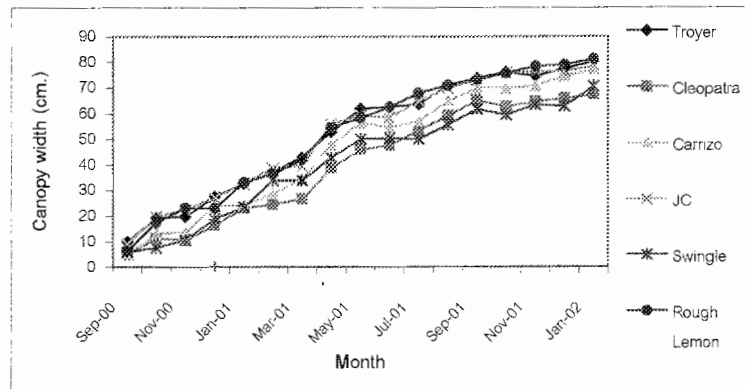


Figure 2 Effect of rootstocks on canopy width of tangerine.

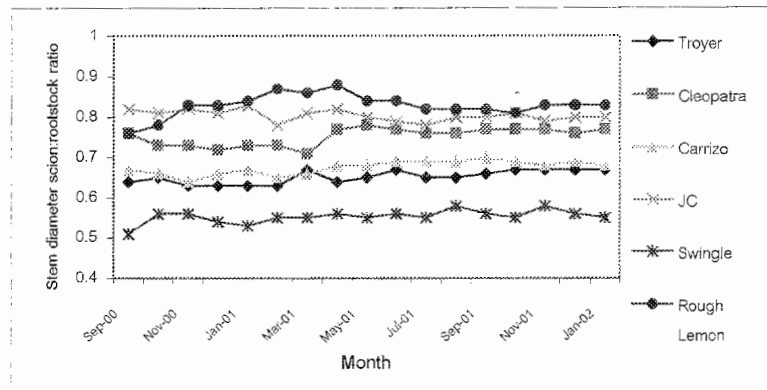


Figure 3 Effect of rootstocks on ratio of stem diameter between scion and rootstock of tangerine.

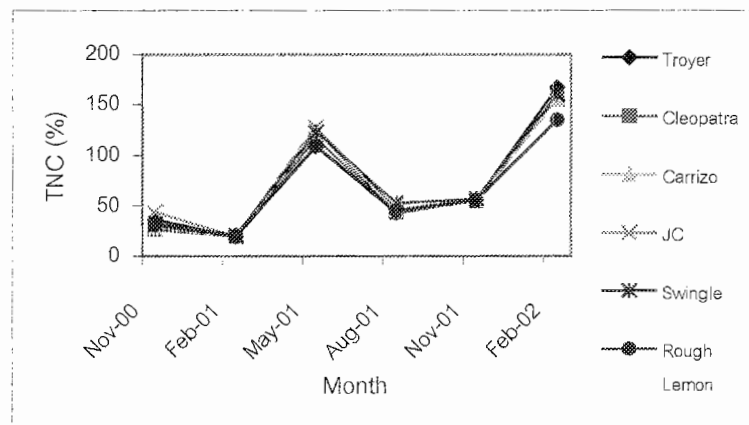


Figure 4 Effect of rootstocks on total non-structural carbohydrate content of leaf.

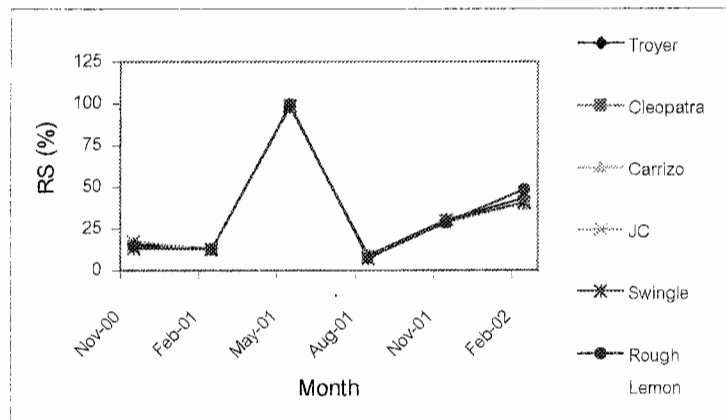


Figure 5 Effect of rootstocks on reducing sugar content of leaf.

3. ผลของต้นตอต่อปริมาณธาตุอาหารไนโบ

ปริมาณธาตุไนโตรเจนไนโบ มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ในช่วงเดือน พ.ค. 44 สัมผัสสู่ระยะใบแก่ ซึ่งเป็น source และลดบทบาทของ sink การดูดธาตุไนโตรเจนขึ้นมาใช้จึงมีน้อยลง (Ho, 1988) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสไนโบไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละต้นตอ สำหรับต้นตอเจซี มีผลต่อปริมาณโปแตสเซียมมากกว่าต้นตออื่น ๆ อาจเป็นเพราะสัมผัสมีพันธุกรรมใกล้เคียงกันกับสัมผัสเขียวหวาน (รวิ, 2540)

4. ผลของต้นตอต่ออัตราส่วนระหว่าง

คาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน (C:N ratio)

สัมผัสเขียวหวานที่ติดตามต้นตอสวิงเกิลมี C:N ratio สูงกว่าต้นตออื่น ๆ ในเดือน ส.ค. 44 มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด แต่มีการเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันจะเห็นว่าสัมผัสมีการแตกใบอ่อนพร้อมกับการออกดอก ซึ่ง นิษฐ์ (2541) กล่าวว่า อัตราส่วน C:N ratio สูง พืชส่วนใหญ่จะออกดอก

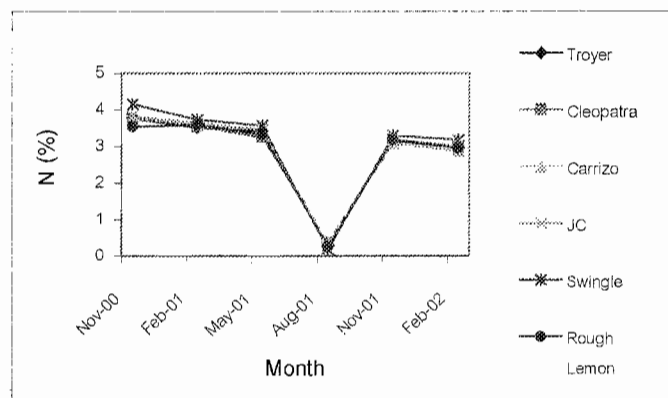


Figure 6 Effect of rootstocks on nitrogen content of leaf.

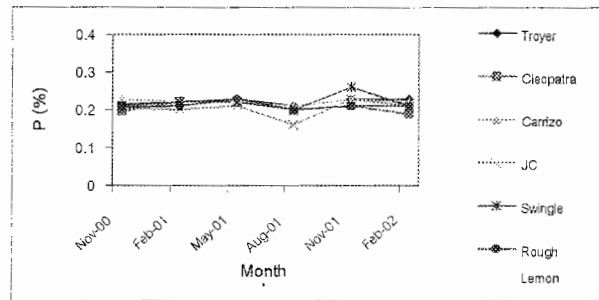


Figure 7 Effect of rootstocks on phosphorus content of leaf.

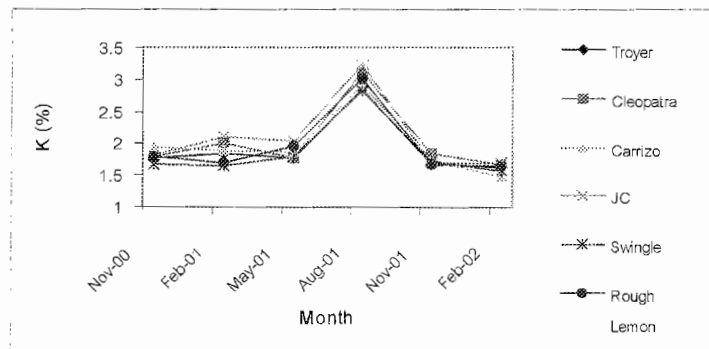


Figure 8 Effect of rootstocks on potassium content of leaf.

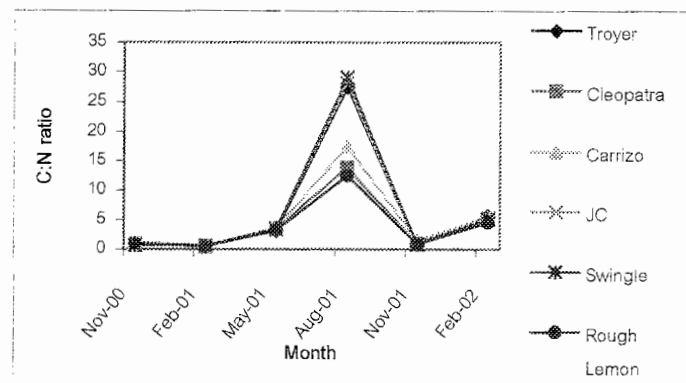


Figure 9 Effect of rootstocks on C:N ratio of leaf.

5. ผลของต้นตอต่อน้ำหนักแห้งในแต่ละส่วน

ต้นตอรัฟเลมอนทำให้ส้มเขียวหวานมีน้ำหนักแห้งของใบ กิ่งก้าน และน้ำหนักแห้งรวมทั้งหมดมากที่สุด ส่วนต้นตอทรอยเยอร์ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นตอ และผลรวมน้ำหนักแห้งในส่วนเหนือดินมากที่สุด ขณะที่น้ำหนักแห้งของรากของต้นตอแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกัน จากคุณสมบัติหลาย

ประการของต้นตอรัฟเลมอน และทรอยเยอร์ ดังเช่น มีการเจริญเติบโตเร็วในดินแทบทุกชนิด ให้ทรงพุ่มขนาดใหญ่ ตลอดจนมีความเข้ากันได้ (compatibility) และมีความกลมกลืน (congeniality) ระหว่างรอยต่อค่อนข้างดี ทำให้มีการส่งธาตุอาหาร และน้ำ ไปยังส่วนของใบ และกิ่งก้านได้ดี โดยมีปฏิกริยาร่วมกับส่วนเหนือดินไปโดยตลอด (รวิ, 2540)

Table 1 Effect of rootstocks on dry weight of tangerine after 18 months.

Rootstocks	Dry weight (g)						
	Top portion			All top portion	Root	Total	Top:Root
	Leaf	Branch	Stock				
Troyer	87.35 a	154.40 bc	114.05 a	355.80 a	218.93	574.73 ab	1.64 :1
Cleopatra	63.81 b	107.70 d	66.76 c	238.28 c	204.88	443.16 c	1.18 :1
Carrizo	93.14 a	141.90 c	95.31 b	330.35 ab	219.82	550.17 ab	1.51: 1
JC	84.50 a	174.97 ab	73.45 c	332.90 ab	220.99	553.89 ab	1.54 :1
Swingle	82.89 a	110.32 d	106.79 ab	300.41 b	233.97	534.38 b	1.29 :1
Rough lemon	95.63 a	184.69 a	74.19 c	354.52 a	258.53	613.05 a	1.39 :1
F-test	**	**	**	**	NS	**	
C.V. (%)	12.40	14.23	11.33	10.80	12.50	9.60	

Mean within a column followed by a common letter are not significant at $P < 0.05$ by Duncan's multiple-Range Test

NS = non significant, * = significant at $P < 0.05$, ** = significant at $P < 0.01$

6. ผลของต้นตอต่อปริมาณสารกลัยไซโตไคนินในยอดและราก

ปริมาณสารกลัยไซโตไคนินในยอดและรากของส้มเขียวหวานบนต้นตอต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งในส่วนยอดโดยรวมมีปริมาณสารกลัยไซโตไคนินน้อยกว่าในราก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ ในส่วนปลายรากเป็นส่วนที่กำลัง active ซึ่งเป็นแหล่งสังเคราะห์ไซโตไคนินที่สำคัญ โดยจะลำเลียงผ่านทางท่อน้ำ ไปยังส่วนอื่น ๆ ของ

พืชที่ยังอ่อนอยู่ แม้ว่าส่วนของยอดอ่อนจะสังเคราะห์ไซโตไคนินได้ก็ตาม แต่เป็นการสังเคราะห์ไซโตไคนินที่พืชต้องการใช้บางชนิดเท่านั้น และมีการใช้อยู่ตลอดเวลา (นิตย์, 2541) ซึ่ง Lockard and Schneider (1981) รายงานว่า การเคลื่อนที่ของไซโตไคนินจากระบบรากไปสู่ยอด มีมากกว่าการสะสมไซโตไคนินในส่วนยอด และการเจริญเติบโตของยอด เป็นผลมาจากความแข็งแรงของระบบรากด้วย

Table 2 Effect of rootstocks on cytokinin-like substance of shoot.

Rootstocks	Hypocotyl fresh weight	Cytokinin-like substance
	(mg/8 pieces)	(μ g kinetin equivalent/g f. wt.)
Troyer	79.90	0.7042
Cleopatra	74.15	0.5674
Carrizo	71.23	0.4514
JC	78.95	0.6816
Swingle	79.45	0.6935
Rough lemon	89.10	0.9232
F-test	NS	NS
C.V. (%)	22.70	56.82

NS = non significant at $P < 0.05$ by Duncan's Multiple-Range Test**Table 3** Effect of rootstocks on cytokinin-like substance of root.

Rootstocks	Hypocotyl fresh weight	Cytokinin-like substance
	(mg/8 pieces)	(μ g kinetin equivalent/g f. wt.)
Troyer	119.68	1.6510
Cleopatra	133.24	1.9737
Carrizo	109.00	1.3973
JC	99.40	1.1674
Swingle	121.40	1.6924
Rough lemon	115.30	1.5472
F-test	NS	NS
C.V. (%)	24.20	42.64

NS = non significant at $P < 0.05$ by Duncan's Multiple-Range Test

สรุปผลการทดลอง

ส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอรัฟเลมอนมีการเพิ่มความสูง การขยายขนาดทรงพุ่มสัดส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของกิ่งพันธุ์ติดกับต้นตอ มากกว่าต้นตอพันธุ์อื่น ๆ และต้นตอคลีโอพัตราทำให้ส้มเขียวหวานมีการเจริญเติบโตโดยรวม

ต่ำที่สุด ส่วนต้นตอสวิงเกิลทำให้รอยต่อเกิดลักษณะ rootstock overgrowth อย่างเด่นชัด และปริมาณ TNC และ RS ในใบของส้มเขียวหวานที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ต่าง ๆ โดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน

ต้นตอมีผลต่อการสะสมธาตุไนโตรเจน โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอัตราส่วนระหว่างระหว่างคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจน แต่มี

การเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่ธาตุฟอสฟอรัสในใบไม่มีความแตกต่างกัน ต้นตอรัฟเลมอนมีผลต่อผลรวมน้ำหนักแห้งทั้งหมดมากกว่าต้นตออื่น ๆ ส่วนต้นตอทรอยเยอร์มีผลต่อน้ำหนักแห้งในส่วนเหนือดินของต้นตอ ผลรวมของส่วนเหนือดิน และมีอัตราส่วนระหว่างส่วนเหนือดินต่อรากสูงที่สุด ส่วนน้ำหนักแห้งของรากของต้นตอทุกพันธุ์ ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในส่วนของยอดและรากไม่มีความแตกต่างกัน

จะเห็นได้ว่า ต้นตอแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน บางพันธุ์อาจเหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อขยายกิ่งพันธุ์ดีภายในโรงเรือน เนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว แต่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เพื่อให้ผลผลิต เพราะทำให้ผลผลิตคุณภาพต่ำ ดังเช่น ต้นตอรัฟเลมอน ส่วนต้นตอเจซี ทรอยเยอร์ คาร์ริโซ และคลีโอพัตราสามารถใช้เป็นต้นตอกับส้มเขียวหวานได้ เนื่องจากต้นตอเจซีมีคุณสมบัติทนต่อดินเค็มและดินด่างได้ดี (Wutscher, 1979) ขณะที่ต้นตอทรอยเยอร์และคาร์ริโซ ทนต่อโรครากโคนเน่า ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการปลูกส้ม แต่เมล็ดพันธุ์ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีราคาแพง ส่วนต้นตอเจซี และคลีโอพัตราสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้เองภายในประเทศ แต่การใช้ต้นตอคลีโอพัตราต้องใช้กับสภาพพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี เนื่องจากอ่อนแอต่อโรครากเน่าโคนเน่า สำหรับต้นตอสวิงเกิล น่าจะเหมาะกับส้มโอมากกว่าส้มเขียวหวาน อิทธิพลของต้นตอต่าง ๆ เหล่านี้ นอกจากเป็นผลมาจากพันธุกรรมแล้ว ยังเกิดจากสภาพแวดล้อมของแหล่งปลูก ตลอดจนการจัดการด้านต่าง ๆ จึงควรมีการศึกษาในระดับแปลงปลูก รวมไปถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในระยะยาว จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าต้นตอพันธุ์ใดเหมาะกับพื้นที่นั้น ๆ หรือมีการนำพืชสกุลส้มอื่น ๆ มาใช้เป็นต้นตอศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์กรรมส้มแห่ง

หนึ่งของโลก นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาถึงการผลิตเมล็ดพันธุ์ต้นตออย่างมีคุณภาพ เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทบวงมหาวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- นิศย์ ศกุนรักษ์. 2541. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 237 น.
- รวี เสฐภักดี. 2540. สรีรวิทยาและการผิดปกติทางสรีรวิทยาของส้ม. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร 'วิทยาการส้ม : ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต' รุ่นที่ 2 ระหว่างวันที่ 7-11 กรกฎาคม 2540. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน, นครปฐม.
- Castle, W.S. and F.G. Gmitter. 1999. Rootstock and scion selection. Citrus Health Management. The American Phytopathological Society, Minnesota. 197 p.
- Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. Ann. Rev. Plant Physiol. 39:355-378.
- Lockard, R.G. and G.W. Schenider. 1981. Stock and scion growth relationships and the dwarfing mechanism in apple. Horticultural Reviews 2:315-375.
- Wutscher, H.K. 1979. Citrus rootstock, p. 237-269. In J. Janick (ed.). Hort. Rev, Vol. I. AVI, Westport, Conn.

ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อคุณภาพของผลลำไย

Effect of Potassium Chlorate on Quality of Longan Fruit.

วาสนา คณารีย์^{1/} และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข^{1/}

Vasana Kanaree^{1/} and Tanachai Pankasemsuk^{1/}

Abstract: Quality of longan (*Euphoria longana* Lam. CV. Dor), treated with potassium chlorate (KClO_3) at the concentration of 0 (control), 200, 500 and 800 g/plant by soil application were studied. The results revealed that KClO_3 did not affect fruit size, seed size, exocarp color, fruit pole strength, aril firmness, fruit volume, total soluble solids, fresh weight, dry weight, and moisture content. Furthermore, there were not significant differences in potassium (K) and chloride (Cl) contents in aril between KClO_3 treated fruits and non-treated fruits (control), while the residues of chlorate (ClO_3^-), chlorite (ClO_2^-) and hypochlorite (ClO^-) were not found in the arils of all samples.

บทคัดย่อ: การศึกษาคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอ (*Euphoria longana* Lam. CV. Dor) ที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) อัตรา 0 (ชุดควบคุม), 200, 500 และ 800 กรัมต่อต้น โดยการให้ทางดิน พบว่า การให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลลำไยในลักษณะต่างๆ โดยรวม ได้แก่ ขนาดของผล ขนาดของเมล็ด สีของเปลือก ความเหนียวของผล ความแน่นเนื้อ ปริมาตรผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ความชื้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตไม่มีผลกระทบต่อปริมาณโพแทสเซียมและคลอไรด์ในเนื้อลำไย และไม่พบคลอเรต คลอไรต์ และไฮโปคลอไรต์ ตกค้างในเนื้อลำไย ในขณะที่ปริมาณคลอไรด์ที่พบไม่แตกต่างกัน

Index words: โพแทสเซียมคลอเรต คุณภาพ ผลลำไย

Potassium chlorate, Quality, Longan fruit

^{1/}ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

ลำไย เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย (ยุทธนา และคณะ, 2542) ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ (จำเนียร, 2543) นอกจากการจำหน่ายในรูปของลำไยสดแล้ว ยังมีการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ อีกด้วย เช่น ลำไยอบแห้ง และลำไยกระป๋อง เป็นต้น (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542)

ปัญหาสำคัญในการผลิตลำไยก็คือ การออกดอกและติดผลไม่สม่ำเสมอ (alternate bearing) (ยุทธนา และคณะ, 2542) โดยพบว่า สภาพภูมิอากาศมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการออกดอกและติดผลของลำไย (นพดล และคณะ, 2543) จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพยายามหาวิธีการที่ทำให้ลำไยออกดอกด้วยวิธีต่าง ๆ มากมาย (นิพนธ์ และเฉลิม, 2542) จนกระทั่งปี พ.ศ. 2541 ได้มีการค้นพบว่า โพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) สามารถทำให้ลำไยออกดอกนอกฤดูได้ (ยุทธนา และคณะ, 2542) นอกจากโพแทสเซียมคลอเรตแล้วยังพบว่า โซเดียมคลอเรต ($NaClO_3$) และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ($NaOCl$) ก็สามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้เช่นกัน (พาวัน, 2543) อย่างไรก็ตามการค้นพบดังกล่าว นับเป็นเรื่องใหม่ ดังนั้นจึงมีข้อสงสัยมากมายเกี่ยวกับการใช้สารเคมีดังกล่าวและผลที่จะตามมา ไม่ว่าจะเป็นเรื่อง ผลกระทบต่อสรีระของต้นลำไย คุณภาพของผลผลิต สิ่งแวดล้อม รวมถึงพิษตกค้างในผลลำไยด้วย (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542) ในงานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อนคุณภาพของผลลำไยทั้งลักษณะทางกายภาพและเคมี รวมถึงการวิเคราะห์สารตกค้างในผลลำไยที่ได้จากการกระตุ้น

ให้ออกดอกโดยโพแทสเซียมคลอเรตอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยใช้ต้นลำไยพันธุ์ดอยอายุ 8 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 8 เมตร จำนวน 12 ต้น แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ดังต่อไปนี้ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 200 กรัมต่อต้น กรรมวิธีที่ 3 ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 500 กรัมต่อต้น และกรรมวิธีที่ 4 ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 800 กรัมต่อต้น โดยละลายโพแทสเซียมคลอเรตด้วยน้ำประปาปริมาตร 40 ลิตร แล้วนำไปราดบริเวณโคนต้นลำไย ในวันที่ 30 ตุลาคม 2542 หลังจากนั้นปฏิบัติและดูแลต้นลำไยในลักษณะเดียวกันตามปกติ จนกระทั่งผลลำไยเจริญเติบโตและแก่เต็มที่ จึงเก็บเกี่ยวผลลำไยในวันที่ 15 มิถุนายน 2543 (ประมาณ 7 เดือนหลังการให้โพแทสเซียมคลอเรต) แล้วนำผลลำไยมาศึกษาลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

เก็บผลลำไยที่ได้จากกรรมวิธีต่างๆ มาซ้ำ (ต้น)ละ 30 ผล สำหรับการศึกษาลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีในแต่ละลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดของผล ขนาดของเมล็ด สีของเปลือก ความเหนียวชั่วผล ความแน่นเนื้อ ปริมาตรของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักสด/แห้ง และเปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำ) ของเปลือก เนื้อ และเมล็ด

2. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในน้ำคั้นด้วยวิธี atomic absorption spectrophotometry

2.1 การเตรียมตัวอย่าง นำเนื้อลำไยที่ได้จากกรรมวิธีต่าง ๆ ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 13,800 G ที่ 15° ซ นาน 30 นาที แล้วนำส่วนใสไปกรองผ่าน nylon membrane filter ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 0.45 ไมครอน แล้วจึงนำไปเจือจางด้วย distilled deionized water ให้ได้ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (K^+) ความเข้มข้น 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 และ 12.5 ส่วนต่อล้าน (ppm)

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (รุ่น 3100 ของบริษัท PERKIN ELMER, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยใช้ก๊าซอะซิโตน (C_2H_2) และอากาศเป็นเชื้อเพลิง ตั้งความยาวคลื่นสำหรับการวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียมที่ 766.5 นาโนเมตร

3. การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์และอนุพันธ์ด้วยวิธี ion chromatography

3.1 การเตรียมตัวอย่าง นำเนื้อลำไยที่ได้จากกรรมวิธีต่าง ๆ ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 13,800 G ที่ 15° ซ นาน 30 นาที แล้วนำส่วนใสไปกรองผ่าน nylon membrane filter ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 0.45 ไมครอน แล้วจึงนำไปเจือจางด้วย distilled deionized water ให้ได้ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)

3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของคลอไรด์ไอออน (ClO_3^-) คลอไรต์ไอออน (ClO_2^-) ไฮโปคลอไรต์ไอออน (ClO^-) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ส่วนต่อล้านส่วน

3.3 การวิเคราะห์ประจุลบโดยใช้เครื่อง ion chromatograph (รุ่น System Unit Number 17338 ของบริษัท Dionex, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ใช้ column ชนิด METROSEP Anion Dual 2 (ขนาด 4.6 x 75 มม) (ของบริษัท Methrohm, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) โดยใช้ 2.0 mM Na_2CO_3 /1.3 mM $NaHCO_3$ เป็น mobile phase โดยมีอัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1000 ± 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) และ conductivity 17.0 ± 0.5 microsiemens (μS)

ผลการทดลอง

1. คุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลลำไย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลลำไย พบว่า คุณภาพของผลลำไยในลักษณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) ได้แก่ ขนาดของผล (ความกว้างและความหนา) ขนาดของเมล็ด สีของเปลือก ความเหนียวข้าวผล ความแน่นเนื้อ ปริมาตรผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ความชื้น มีเพียงแต่ความสูงของผลเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียง 1 มิลลิเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 1, 2, 3 และ 4)

Table 1 Effect of potassium chlorate on fruit size and seed size.

KClO ₃ (g/tree)	fruit size (cm)			seed size (cm)	
	width	height	thickness	width	height
0 (control)	2.78	2.52a	2.47	1.38	1.18
200	2.76	2.48ab	2.46	1.37	1.19
500	2.74	2.50ab	2.50	1.40	1.19
800	2.75	2.42b	2.45	1.40	1.20
LSD _{0.05}	NS	0.088	NS	NS	NS
C.V.(%)	3.94	1.89	1.76	2.70	2.22

Means within the same column followed by a difference letter were significantly difference at $P \leq 0.05$

Table 2 Effect of potassium chlorate on exocarp colour.

KClO ₃ (g/tree)	peel colour		
	L*	a*	b*
0 (control)	50.12	8.87	31.90
200	48.59	8.33	29.23
500	49.28	8.56	30.00
800	47.81	8.86	29.91
LSD _{0.05}	NS	NS	NS
C.V.(%)	3.29	5.79	6.17

Means within the same column followed by a difference letter were significantly difference at $P \leq 0.05$

Table 3 Effect of potassium chlorate on fruit pole strength, aril firmness, fruit volume and total soluble solids (TSS).

KClO ₃ (g/tree)	pole strength	aril firmness	fruit volume	total soluble solids (TSS)
	(kg)	(kg/inch ²)	(cm ³)	(^o Brix)
0 (control)	1.24	0.609	9.78	19.01
200	1.22	0.614	9.68	19.16
500	1.20	0.608	9.90	19.23
800	1.26	0.610	9.83	18.73
LSD _{0.05}	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	4.86	2.32	5.25	3.78

Means within the same column followed by a difference letter were significantly difference at $P \leq 0.05$

Table 4 Effect of potassium chlorate on fresh weight, dry weight and moisture content.

KClO ₃ (g/tree)	fresh weight (g)				dry weight (g)				moisture content (%)			
	peel	aril	seed	total	peel	aril	seed	total	peel	aril	seed	total
0 (control)	1.733	6.510	1.722	9.965	0.830	1.243	1.043	3.116	51.79	80.89	39.14	68.64
200	1.717	6.393	1.777	9.887	0.813	1.247	1.070	3.130	52.67	80.36	40.03	68.33
500	1.743	6.463	1.710	9.916	0.843	1.270	1.043	3.156	51.44	80.74	39.35	68.14
800	1.773	6.367	1.760	9.900	0.857	1.207	1.050	3.114	51.33	80.97	40.36	68.51
LSD _{0.05}	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	7.42	9.00	3.54	6.07	9.11	10.38	3.80	4.86	9.08	1.71	6.56	2.40

2. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในน้ำคั้นด้วยวิธี atomic absorption spectrophotometry

ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในน้ำคั้นในทุกกรรมวิธีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) (ตารางที่ 5)

3. ปริมาณคลอไรด์และอนุพันธ์

จากการเปรียบเทียบโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานไอออนลบชนิดต่างๆ (ภาพที่ 1)

และโครมาโตแกรมของน้ำคั้นลำไยที่ได้จากกรรมวิธีต่างๆ (ภาพที่ 2, 3, 4 และ 5) พบว่า ไม่ปรากฏยอดกราฟของคลอไรด์, คลอไรด์ และไฮโปคลอไรด์ แต่พบเพียงยอดกราฟของคลอไรด์เท่านั้น และเมื่อคำนวณปริมาณคลอไรด์ที่พบ ปรากฏว่า ปริมาณคลอไรด์ในน้ำคั้นลำไยทุกกรรมวิธีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) (ตารางที่ 6)

Table 5 Effect of potassium chlorate on potassium concentration in 0.25 and 100 % longan juice.

KClO ₃ (g/tree)	potassium concentration in juice (ppm)	
	0.25 % (V/V)	100 % (V/V)
0 (Control)	6.84	2,737.33
200	7.30	2,920.00
500	8.10	3,241.33
800	7.10	2,841.33
LSD _{0.05}	NS	NS
C.V.(%)	20.48	20.48

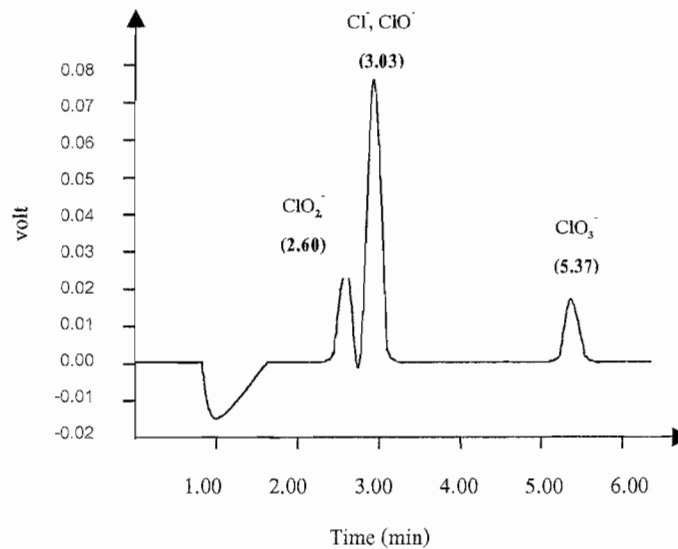


Figure 1 Chromatogram of chlorate (ClO_3^-), chlorite (ClO_2^-), hypochlorite (ClO^-) and chloride (Cl^-).

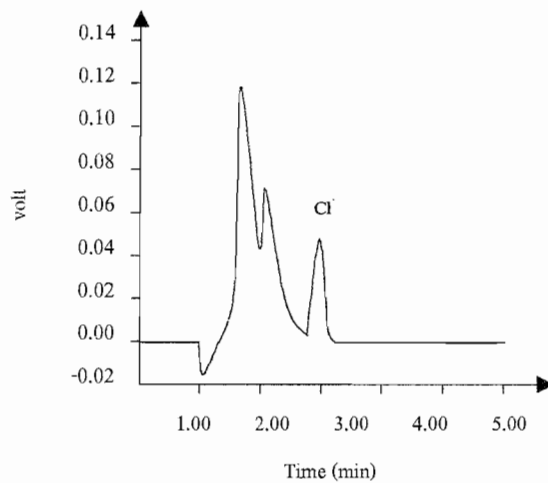


Figure 2 Chromatogram of 10 % longan cv. Daw juice from control trees.

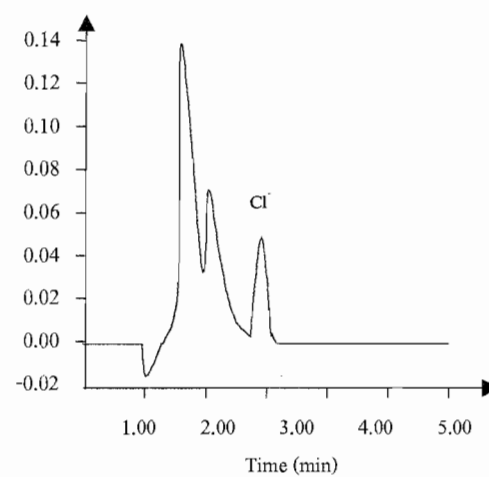


Figure 3 Chromatogram of 10 % longan cv. Daw juice from KClO_3 200 g/tree treated trees.

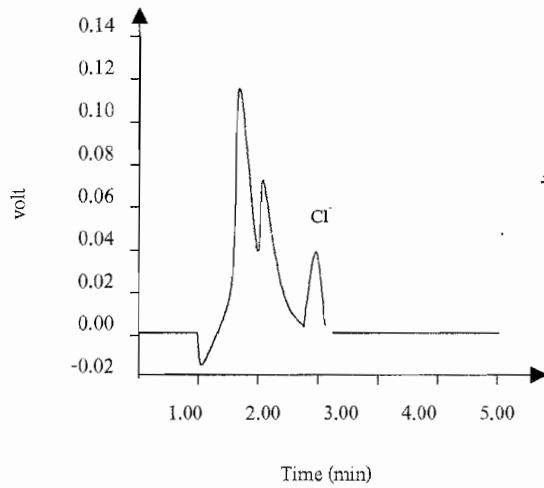


Figure 4 Chromatogram of 10 % longan cv. Daw juice from KClO_3 500 g/tree treated trees.

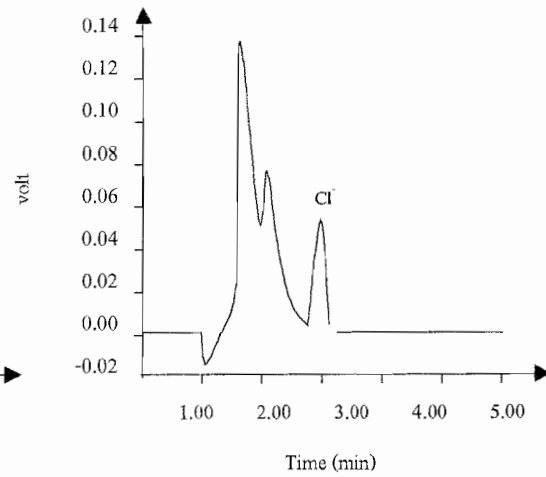


Figure 5 Chromatogram of 10 % longan cv. Daw juice from KClO_3 800 g/tree treated trees.

Table 6 Effect of potassium chlorate on chloride concentration in 10 and 100 % longan juice.

KClO_3 (g/tree)	chloride concentration in juice (ppm)	
	10 % (V/V)	100 % (V/V)
0 (control)	1.55	15.43
200	1.80	18.03
500	1.26	12.67
800	1.89	18.90
$\text{LSD}_{0.05}$	NS	NS
C.V.(%)	37.92	37.91

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลลำไยพันธุ์ค้อที่ได้จากการกระตุ้นให้ออกดอกโดยการให้โพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) อัตรา 0, 200, 500 และ 800 กรัมต่อต้น พบว่าการใช้โพแทสเซียมคลอเรตกระตุ้นการออกดอกของต้นลำไยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลลำไยทั้งทางเคมีและทางกายภาพ โดยลักษณะส่วนใหญ่ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) ได้แก่ ขนาดของเมล็ด สีของเปลือก ความเหนียวขั้วผล ความแน่นเนื้อ ปริมาตรผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำ) เช่นเดียวกับรายงานของ อัสวิน (2543) ซึ่งศึกษาคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ค้อที่ได้จากการให้โพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 กรัมต่อตารางเมตร พบว่า อัตราการให้โพแทสเซียมคลอเรตไม่มีผลต่อน้ำหนักผล ขนาดเมล็ด น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไย นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การใช้โพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 0 (ชุดควบคุม), 4, 8 และ 16 กรัมต่อตารางเมตร ไม่มีผลต่อน้ำหนักผลและเปอร์เซ็นต์ความหวานของผลลำไยแต่อย่างใด (ประดิษฐ์, 2543) มีเพียงความสูงของผลเท่านั้นที่ให้ผลที่แตกต่างกัน โดยผลลำไยที่ได้จากต้นที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต (ชุดควบคุม) มีความสูงของผล (2.52 เซนติเมตร) มากกว่าผลลำไยที่ได้จากต้นที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 800 กรัมต่อต้น (2.42 เซนติเมตร) ซึ่งความสูงของผลลำไยต่างกันเพียง 1 มิลลิเมตรเท่านั้น ในขณะที่ผลมีความกว้างและความหนาเท่ากัน จึงไม่อาจที่จะนำมาใช้ตัดสินได้ว่าผลลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตมีขนาดของผลที่ต่างกัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในน้ำคั้น ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometry พบว่า การให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไยในอัตราที่สูงขึ้นไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในน้ำคั้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการให้โพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) แก่ต้นลำไยโดยการละลายน้ำ KClO_3 จะแตกตัวให้ K^+ 31.8 % โดยน้ำหนัก (ชนะชัย, 2542) การให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไยในอัตรา 200, 500 และ 800 กรัมต่อต้น ต้นลำไยจะได้รับโพแทสเซียมเพียง 33.6, 159.0 และ 254.4 กรัมต่อต้นเท่านั้น และหลังจากที่ต้นลำไยได้รับโพแทสเซียมคลอเรตแล้วต้นลำไยยังคงมีการเจริญเติบโตและมีการพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่อง เช่น การเจริญของยอด ใบ ลำต้นและราก การออกดอก การติดผล การเจริญเติบโตและพัฒนาของผล จนกระทั่งผลแก่เต็มที่ (227 วัน หลังการให้โพแทสเซียมคลอเรต) จึงเก็บเกี่ยว ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวนี้นี้ยังคงมีขบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายในทุกส่วนของต้นพืช ซึ่งรวมถึงการนำโพแทสเซียมไปใช้ด้วย และเมื่อพิจารณาต่อไปถึงปริมาณผลลำไยต่อต้นซึ่งมากกว่า 100 กิโลกรัม จึงอาจกล่าวได้ว่า ปริมาณโพแทสเซียมดังกล่าวเป็นสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับผลผลิตลำไย จึงไม่น่าที่จะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมและคลอไรด์ที่พบในผลลำไยแตกต่างกัน

การวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตและอนุพันธ์ในน้ำคั้นด้วยวิธี ion chromatography ปรากฏว่า ไม่พบยอดกราฟของคลอเรต (ClO_3^-) และคลอไรต์ (ClO_2^-) แต่พบเพียงยอดกราฟที่มี retention time ตรงกับไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) และคลอไรด์ (Cl^-) เท่านั้น ซึ่งไอออนทั้งสองนี้มี retention time ตรงกัน แต่ความสูงของยอดกราฟดังกล่าวที่ได้จากน้ำคั้นลำไยในทุกกรรมวิธีการทดลองไม่แตกต่างกัน คือมีค่า

ระหว่าง 12.67-18.90 ส่วนต่อล้าน อีกทั้งไฮโปคลอไรต์เป็นสารประกอบที่ไม่คงตัวในธรรมชาติ เมื่อพิจารณาระยะเวลาดังกล่าวให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไยจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งมีระยะเวลาโดยรวมประมาณ 7 เดือน หลังการให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไย ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะทำให้ไฮโปคลอไรต์เปลี่ยนรูปหรือสลายไปแล้ว จึงพอสรุปได้ว่ายอดกราฟที่พบคงจะเป็นคลอไรด์เท่านั้น ซึ่งคลอไรด์เป็นไอออนที่พบในผลไม้โดยทั่วไปอยู่แล้ว ดังรายงานของ จิราภรณ์ และ จิราภรณ์ (2540) วิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ไอออนในน้ำคั้นสับประรด และน้ำส้มคั้น พบว่า มีปริมาณคลอไรด์ไอออน 14.60 และ 42.60 ส่วนต่อล้าน ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณคลอไรด์ที่พบในน้ำคั้นลำไยที่ได้รับและไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต ผลปรากฏว่า การให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไยในอัตราที่สูงขึ้นไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณคลอไรด์ในน้ำคั้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) กับต้นที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต ดังนั้นยอดกราฟที่ปรากฏในโครมาโตแกรมจึงน่าจะเป็นของคลอไรด์ ไม่ใช่ไฮโปคลอไรต์

สรุปผลการทดลอง

การให้โพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) แก่ต้นลำไยพันธุ์ดอในอัตราความเข้มข้นต่าง ๆ เทียบกับต้นที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต พบว่า การใช้โพแทสเซียมคลอเรตไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลลำไยในลักษณะต่าง ๆ โดยรวม ได้แก่ ขนาดของผล ขนาดของเมล็ด สีของเปลือก ความเหนียวขั้วผล ความแน่นเนื้อ ปริมาตรผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ความชื้น และจากการวิเคราะห์สารตกค้างของคลอ-

เรตและอนุพันธ์ พบว่า ไม่มีคลอเรต คลอไรต์ และไฮโปคลอไรต์ ตกค้างในเนื้อลำไย แต่พบคลอไรต์อยู่ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- จิราภรณ์ เครือแก้ว และจิราภรณ์ เลิศโกถานนท์. 2540. การวิเคราะห์ปริมาณอิเล็กโตรไลต์ในน้ำผลไม้สดและน้ำผลไม้ที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท. ปัญหาพิเศษเกษตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 79 น.
- จำเนียร บุญมาก. 2543. การตลาดลำไย. การผลิตลำไย. โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตลำไยและลิ้นจี่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยและลิ้นจี่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 128 น.
- ชนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2542. ลำไยกับสารประกอบคลอเรต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 53 น.
- นพดล จรัสถัมฤทธิ์, พาวิน มะโนชัย และวินัย วิริยะลงกรณ์. 2543. การควบคุมการออกดอกของลำไย. การผลิตลำไย. โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตลำไยและลิ้นจี่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยและลิ้นจี่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 128 น.
- นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ และเฉลิม สุขพงศ์. 2542. แนวทางการแก้ไขในกรณีลำไยไม่ติดผลและการผลิตลำไยนอกฤดู. คัมภีร์ลำไยเงินล้าน. ทีมงานเฉพาะกิจนิคมสารเมืองเกษตร. หน้า 57-59.
- ประคิษฐ พูลเพิ่ม. 2543. อิทธิพลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อคุณภาพผลผลิตลำไยพันธุ์ดอในฤดูหนาว (ตุลาคม-ธันวาคม). ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชศาสตร์) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 55 น.

- พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์, คุณฎี ณ ลำปาง และราไพพรรณ อภิชาติพงษ์ชัย. 2542. ลำไย : ไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 137 น.
- พาวิน มะโนชัย. 2543. ลำไย. สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 115 น.
- ยุทธนา เขาสุเมรุ, ชิตี ศรีคนทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2542. พันโพเทศเชื่อมคลอเรตทางใบ...ทางเลือกที่ดีกว่าของชาวสวนลำไย. เลหการเกษตร. 23 (9) : 101-105.
- รวี เสธฐภักดี. 2542. การออกดอกของลำไยและการใช้สาร บังคับ. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง การใช้ สาร โพเทศเชื่อมคลอเรตเพื่อให้ลำไยออกดอกติด ผล ณ โรงแรมฮอติเคิร์กเดนม, จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 18 มีนาคม 2542. 5 น.
- อัศวิน วงศ์พญา. 2543. ผลของโพเทศเชื่อมคลอเรตต่อการ ออกดอกนอกฤดูและคุณภาพผลผลิตของลำไย พันธุ์อีดอ. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต(พืช ศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการ เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 21 น.
-

ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
สารคล้ายไซโตไคนินในช่วงก่อนการออกดอกของยอดลำไยพันธุ์ดอ

Effect of Potassium Chlorate on Changes in
Cytokinin-like Substances in Stem Apices Prior
to Flowering of Longan cv. 'Dor'

ณัฐวดี วังสินธุ์^{1/} และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข^{1/}

Nuttawadee Wangsin^{1/} and Tanachai Pankasemsuk^{1/}

Abstract : Longan (*Euphoria longana* Lam.) cv. 'Dor' trees were treated with potassium chlorate at the concentrations of 0 (control), 200, 500 and 800 g/tree on December, 2000. It revealed that cytokinin-like substances content increased gradually before the flowering. Cytokinin-like substances content of KClO₃ treated samples; 200, 500 and 800 g/tree; were higher than the control one at all studied stage.

บทคัดย่อ : ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงสารคล้ายไซโตไคนินในช่วงก่อนการออกดอกของยอดลำไยพันธุ์ดอ โดยการให้โพแทสเซียมคลอเรต (KClO₃) ที่ความเข้มข้น 0 (กลุ่มควบคุม), 200, 500 และ 800 กรัม/ต้น ในเดือนธันวาคม 2543 พบว่าปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก โดยยอดลำไยกลุ่มที่ได้รับ KClO₃ 200, 500 และ 800 กรัม/ต้น มีปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุกสัปดาห์ที่ทำการศึกษา

Index words : ลำไย ไซโตไคนิน สารคล้ายไซโตไคนิน โพแทสเซียมคลอเรต การออกดอก

Longan, Cytokinin, Cytokinin-like substances, Potassium Chlorate, Flowering

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

ลำไย (*Euphoria longana* Lam.) เป็นไม้ผลเขตร้อนอยู่ในตระกูล Sapindaceae เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ผลผลิตของลำไยสามารถส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งผลสด อบแห้ง แช่แข็ง และลำไยกระป๋อง ทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลายพันล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะมีการส่งออกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งลำไยอบแห้ง (พาวิน, 2543) เนื่องจากลำไยเป็นไม้ผลที่ออกดอกติดผลไม่สม่ำเสมอทุกปีจึงทำให้ผลผลิตลำไยที่ออกสู่ตลาดมีมากน้อยสลับปีกัน (นิพัทธ์และเฉลิม, 2542) ซึ่งโดยธรรมชาติลำไยจะให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอทุกปี (alternate bearing) ในปัจจุบันพบว่า สารประกอบคลอเรต (chlorate compounds) เช่น โซเดียมคลอเรต (sodium chlorate; NaClO_3) และโพแทสเซียมคลอเรต (potassium chlorate; KClO_3) สามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ทั้งในและนอกฤดูกาลผลิตตามธรรมชาติ (ธนชัย, 2542) ดังนั้นเกษตรกรจึงสามารถผลิตลำไยได้ตลอดทั้งปีโดยใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต กระตุ้นการออกดอกของลำไย แต่รายงานการวิจัยเกี่ยวกับกลไกการทำงานที่มีต่อสรีรวิทยาของลำไยยังมีน้อยมาก ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของโพแทสเซียมคลอเรตที่มีต่อการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอไรด์ไฮโดรเจนในช่วงก่อนการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ เพื่อสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยค้นคว้าและพัฒนาการออกดอกของลำไยอันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคมของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4×7 กรรมวิธี ทำ 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือสารโพแทสเซียมคลอเรตจำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 200, 500 และ 800 กรัม/ต้น โดยการผสมน้ำ 40 ลิตร แล้วราดลงดินบริเวณรอบทรงพุ่มที่ทำการฉาบน้ำออกเป็นวงกว้างประมาณ 50 ซม. ปัจจัยที่ 2 คือจำนวนสัปดาห์หลังการได้รับสาร KClO_3 จำนวน 7 ระดับ ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 สัปดาห์ โดยใช้ต้นลำไยพันธุ์ดอ อายุ 8 ปี เส้นผ่าศูนย์กลางทรงต้นประมาณ 8 เมตร

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง (sample preparation)

เก็บยอดลำไยยาว 10 เซนติเมตร ทุก ๆ 7 วัน โดยเริ่มเก็บวันที่ 1 ธันวาคม 2543 ถึง 5 มกราคม 2544 จำนวน 7 ครั้ง แต่ละครั้งเก็บยอดจำนวน 30 ยอดต่อหนึ่งหน่วยการทดลอง ตัดใบทิ้งแล้วใส่ถุงพลาสติกแช่น้ำแข็งในกระติกน้ำแข็ง จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อสกัดต่อไป

2. การสกัด (extraction)

นำยอดลำไยมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 20.00 กรัมต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างสดที่บดแล้วใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติม ethanol (Lab grade) 80% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปิด flask ด้วยจุกยาง เขย่าสารละลายให้ผสมกัน แล้ว

นำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 17 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยความดันต่ำ (vacuum rotary evaporator) ในสภาพสุญญากาศที่ 600 mm Hg อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH ให้ได้ 2.5 ด้วยกรด HCl (Lab grade) 6 N

3. การแยกส่วน (partition)

นำสารละลายที่ปรับ pH แล้วมาแยกส่วนโดยใช้ ethyl acetate (Lab grade) 100% (โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างสด 1 กรัม ต่อ ethyl acetate 1.5 มิลลิลิตร) โดยใช้กรวยแยก (separatory funnel) เขย่าสารละลายให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นให้แยกเอาส่วนล่างซึ่งเป็นสารที่ละลายในน้ำ (water phase) ปริมาตรประมาณ 30 มิลลิลิตร (เทียบเท่ากับน้ำหนักตัวอย่างสด 20 กรัม) นำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

4. การทำให้บริสุทธิ์ (purification)

นำสารละลายที่แยกส่วนได้มาผ่านลงใน Dowex resin column (50-100 mesh) โดยใช้ NH_4OH เป็นตัวชะ ลดปริมาตรสารละลายที่จะได้ให้เหลือประมาณ 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายมาแยกหาปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินโดยใช้วิธี paper chromatography โดยใช้ตัวอย่างแผ่นละ 300 μl (ซึ่งเทียบเท่ากับตัวอย่างสด 6 กรัม) นำแผ่น chromatogram ไปแช่ใน solvent chamber ที่มีตัวทำละลาย isopropanol (A.R. grade) 99.7% : NH_4OH (A.R. grade) 25% : น้ำกลั่น (10:1:1 โดยปริมาตร)

4. การหาปริมาณไซโตไคนิน

วิเคราะห์ปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินโดยใช้วิธี Soybean Hypocotyl Bioassay ตามแบบของโรจนรวิ (2538) โดยใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 หนึ่งหน่วยการทดลองเท่ากับ hypocotyl 8 ชิ้น และ Rf ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ 0.4-0.9 โดยเลี้ยง hypocotyl ทั้ง 8 ชิ้นบนอาหารวุ้นในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 13 วัน จากนั้นชั่งน้ำหนัก hypocotyl ทั้ง 8 ชิ้น เทียบหาปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนิน จากกราฟมาตรฐานมีหน่วยเป็น μg kinetin equivalent/ g fresh weight

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินของยอดลำไยกลุ่มที่ได้รับสาร KClO_3 200, 500 และ 800 กรัม/ตัน และยอดลำไยกลุ่มที่ไม่ได้รับสาร KClO_3 (0 กรัม/ตัน, control) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ภายหลังได้รับสาร KClO_3 จากสัปดาห์ที่ 1 จนถึงสิ้นสุดการศึกษาในสัปดาห์ที่ 7 โดยต้นลำไยกลุ่มที่ได้รับสาร KClO_3 ทุกความเข้มข้นมีการออกดอกในสัปดาห์ที่ 6 ส่วนต้นลำไยที่ไม่ได้รับสาร KClO_3 (control) มีการออกดอกในสัปดาห์ที่ 7 ในช่วงที่ทำการศึกษา ซึ่งปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินในยอดลำไยของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1) แต่ในยอดลำไยกลุ่มที่ได้รับสาร KClO_3 200, 500 และ 800 กรัม/ตัน มีปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร KClO_3 (0 กรัม/ตัน, control) ในทุกสัปดาห์ของการทดลอง และเริ่มพบค่าความแตกต่างของปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินอย่างมีนัย-

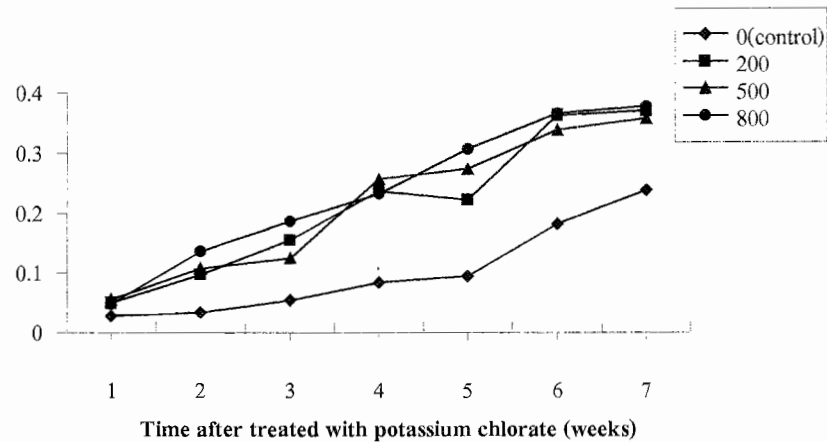


Figure 1 Cytokinin-like substances contents in stem apices prior to flowering of longan cv. 'Dor' after treated with potassium chlorate.

สำคัญระหว่างยอดลำไยกลุ่มที่ได้รับสาร KClO_3 ทุกความเข้มข้นกับยอดลำไยกลุ่มที่ไม่ได้รับสาร KClO_3 (0 กรัม/ต้น, control) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 7 โดยปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในสัปดาห์ที่ 1 ของยอดลำไยกลุ่มที่ได้รับ KClO_3 0 (control), 200, 500 และ 800 กรัม/ต้น มีค่าเป็น 0.028, 0.050, 0.057 และ 0.049 μg kinetin equi./g f wt. ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากนั้นปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยกลุ่มที่ได้รับ KClO_3 200, 500 และ 800 กรัม/ต้น มีปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินใกล้เคียงกัน ซึ่งยังคงสูงกว่าที่พบในยอดลำไยกลุ่มที่ไม่ได้รับ KClO_3 ซึ่งในสัปดาห์ที่ 7 ปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินเพิ่มขึ้นเป็น 0.237, 0.370, 0.357 และ 0.376 μg kinetin equi./g f wt. ตามลำดับ จากผลการทดลองพอสรุปได้ว่าปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินน่าจะมีผลต่อการกระตุ้นการออกดอก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ชัยวัฒน์ (2542) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายไซโตไคนิน ในช่วง

ก่อนการออกดอกในยอดลำไยพันธุ์สงขลา พบว่าปริมาณสารคล้ายไซโตไคนิน จะมีปริมาณต่ำในสัปดาห์ที่ 8 ก่อนการออกดอก และคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 ไปจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 2 และจะคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ออกดอก และ ภาวนี (2542) รายงานการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในช่วงก่อนการออกดอกในยอดมะปรางพันธุ์ทุลเกลา ว่าปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินมีปริมาณต่ำในสัปดาห์ที่ 8 และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในสัปดาห์ที่ 6, 4 จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการออกดอก

นอกจากนี้ Chen (1991) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินช่วงก่อนและระยะการเกิดตาออกของลำไย พบว่าไซโตไคนินมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงการเกิดตาออก และการพ่นไคเนตินจะช่วยให้เกิดการสร้างตาออกมากขึ้น และ Huang (1996) ได้ศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมนภายในต้นลำไยพบว่าระดับฮอร์โมนภายในต้นลำไยที่เอื้อต่อ

การชักนำให้เกิดการสร้างตาออก คือ มีระดับไซโตไคนินสูง จึงอาจสรุปได้ว่า $KClO_3$ สามารถกระตุ้นการสร้างสารคล้ายไซโตไคนินของต้นลำไยได้ อย่างไรก็ตามการออกดอกของพืชอาจถูกควบคุมโดยสมดุลของฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิด ทั้งกลุ่มกระตุ้นและยับยั้งการเจริญเติบโต ดังนั้นควรศึกษาปริมาณฮอร์โมนพืชชนิดอื่นๆ เพื่อให้ทราบถึง

ปริมาณ และอัตราส่วนของฮอร์โมนแต่ละชนิดในช่วงก่อนการออกดอก ซึ่งความรู้นี้อาจนำไปใช้ในการทดลอง exogenous hormone เพื่อเข้าไปเปลี่ยนสมดุลภายในพืชให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมี อันอาจเกี่ยวข้องกับการกระตุ้น หรือยับยั้งการออกดอก (Bernier *et al.*, 1985)

Table 1 Cytokinin-like substances contents in stem apices prior to flowering of longan cv. 'Dor' after treated with potassium chlorate.

$KClO_3$ g/tree	Cytokinin-like substances (μg kinetin equi./g f wt.)							
	Number after treated with potassium chlorate							mean
	1	2	3	4	5	6	7	
0(Control)	0.028	0.035	0.054 b	0.084 b	0.095 b	0.182 b	0.237 b	0.102 b
200	0.050	0.098	0.155 a	0.237 a	0.223 a	0.363 a	0.370 a	0.214 a
500	0.057	0.108	0.125 a	0.257 a	0.274 a	0.338 a	0.357 a	0.217 a
800	0.049	0.136	0.187 a	0.233 a	0.307 a	0.365 a	0.376 a	0.236 a
LSD _{0.05}	NS	NS	0.064	0.092	0.118	0.108	0.107	0.071
CV(%)	95.42	73.40	26.05	24.14	27.96	18.32	16.98	60.30
mean	0.046 D	0.094 CD	0.130 C	0.203 B	0.225 B	0.312 A	0.335 A	0.192
LSD _{0.05}	0.062							
CV(%)	40.02							

a, b means within a column followed by a common letter are not significant difference at $p < 0.05$

A, B, C, D means within a column followed by a common letter are not significant difference at $p < 0.05$

NS = not significant

สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณสารคลอไรด์ไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์สุดท้ายที่มีการแทงช่อดอก และยอดลำไยกลุ่มที่ได้รับสาร $KClO_3$ มีปริมาณสารคลอไรด์ไนโตรเจนมากกว่ายอดลำไยกลุ่มที่ไม่ได้รับ $KClO_3$
2. $KClO_3$ สามารถกระตุ้นการสร้างสารคลอไรด์ไนโตรเจนในยอดลำไย

เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ พจนานิมิต. 2542. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอไรด์ไนโตรเจนในช่วงก่อนการออกดอกในยอดลำไยพันธุ์สงขลวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 121 น.
- ชนะชัย พันธเกษมสุข. 2542. ลำไยกับสารประกอบคลอเรต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 53 น.
- นิพัฒน์ สุขวิบูลย์และเฉลิม สุขพงศ์. 2542. คัมภีร์ลำไยเงินล้าน : ประวัติและความเป็นมาและสถานการณ์การผลิตลำไย. ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, เชียงราย. 133 น.
- พาวิน มะโนชัย. 2543. ลำไย. สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 115 น.
- ภาวินี จันทรวิจิตร. 2542. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอไรด์ไนโตรเจนในช่วงก่อนการออกดอกและก่อนการแตกใบอ่อนในยอดมะปรางพันธุ์ลูกแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 98 น.
- โรจน์วี ภิรมย์. 2538. การศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารคลอไรด์ไนโตรเจนในยอดลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 138 น.
- Bernier, G., J.M. Kinit and R.M. Sachs. 1985. The Physiology of Flowering. Vol. II. Transition to Reproductive Growth. CRC Press, Florida. 231 p.
- Chen, W.S. 1991. Changes in cytokinins before and during early flower bud differentiation in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Plant Physiol. 96: 1203-1206.
- Huang, Q.W. 1996. Effect of plant growth regulators and endogenous hormones and bud differentiation of longan. Hort. Abstr. 68(1): 738.

ผลของการใช้ความร้อนต่อการลดอาการ
สะท้อนหนาวของมะเขือเทศ

Effect of Heat Treatment on Reduction of
Chilling Injury of Tomato

นันทวุฒิ อิมsoon^{1/} และ ดนัย บุญเกียรติ^{1/}

Nuntawut Imsoon^{1/} and Danai Boonyakiat^{1/}

Abstract : Effect of temperatures on chilling injury of tomato during storage at 0, 3, 6 and 10 °C were studied. The results showed that the tomato fruits stored at 0 °C for 14 days had the most serious chilling injury symptoms. These symptoms included surface pitting and water soaking. The electrolyte leakage of these tomato fruit was 75.93%, the weight loss was 0.40% and the soluble solids content were increased from 3.66 to 5.40%, but these changes had no effect on the level of vitamin C content.

Tomato fruits were dipped in water at 38, 42 and 45°C for 5, 10 and 20 minutes and were stored at 0 °C for 12 days. It was found that dipping in water at 42 °C for 10 minutes could reduce the chilling injury of the fruits. The electrolyte leakage and the loss of vitamin C were also reduced. The weight loss was 0.34% and there were no effect on titratable acidity and soluble solids content.

^{1/}ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/}Department of Horticulture , Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

A comparison between tomato fruits that were not dipped in hot water and the fruits that were dipped in water at 42 °C for 10 minutes before minimally processed as fresh-cut tomatoes were done. After these processes, the fresh-cut fruits were stored at 10 °C for 10 days. The results showed that the treated fresh-cut tomatoes could reduce the chilling injury symptoms. The electrolyte leakage were 55.54 and 41.10%, the titratable acidity were 0.38 and 0.34% as citric acid and the vitamin C content were 8.84 and 9.84 mg/100g for the undipped and dipped fruits, respectively but there were no effect on the skin color change, the content of soluble solids and the weight loss.

บทคัดย่อ : การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศ โดยนำผลมะเขือเทศมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะเขือเทศ ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน แสดงอาการสะท้อนหนาวมากที่สุด คือ เกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อ และน้ำมี การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ 75.93% สูญเสียน้ำหนัก 0.40% และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 3.66 เป็น 5.40% แต่ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี เมื่อนำผลมะเขือเทศมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 38, 42 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 5, 10 และ 20 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน ผลปรากฏว่า การแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถลดอาการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศได้ดีที่สุดโดยมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ 42.42% มีปริมาณวิตามินซีลดลงจากเมื่อเริ่มต้นน้อยที่สุด และสูญเสียน้ำหนัก 0.34% แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่โคเรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เมื่อเปรียบเทียบผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนกับที่ได้รับความร้อนโดยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำไปหั่นชิ้น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน พบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนก่อนหั่นชิ้นแสดงอาการสะท้อนหนาวลดลง มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 55.54 และ 41.10% มีปริมาณกรดทั้งหมดที่โคเรตได้ เท่ากับ 0.38 และ 0.34% ในรูปกรดซิตริก และปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 8.84 และ 9.84 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก

Index words : การใช้ความร้อน อาการสะท้อนหนาว การเก็บรักษา มะเขือเทศ มะเขือเทศหั่นชิ้น
การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว
heat treatment, chilling injury, storage, tomato, fresh-cut tomato, postharvest handling

คำนำ

มะเขือเทศ เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งมีการผลิตและบริโภคกันทั่วประเทศ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศเพื่อ

การแปรรูปทั้งหมดในปีการเพาะปลูก 2543 จำนวน 6,800 ไร่ สามารถให้ผลผลิตรวม 236,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,806 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2541 ที่ผลิตมะเขือเทศเพื่อการแปรรูปได้เพียง 175,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,182

กิโลกรัมต่อไร่ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545) จึงเห็นได้ว่าความต้องการของมะเขือเทศนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมาก มะเขือเทศนิยมบริโภคในรูปผลสด และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เช่น ซอสมะเขือเทศ น้ำมะเขือเทศและน้ำมะเขือเทศเข้มข้น

ผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว บางครั้งมีปริมาณมากเกินไป ทำให้ขายไม่หมด หรือขายได้ในราคาถูกลง ดังนั้นการเก็บรักษาจึงมีบทบาทสำคัญ ที่จะทำให้ผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวแล้ว มีอายุการวางจำหน่ายได้นานขึ้น การเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง (สายชล, 2536) เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยลดกระบวนการเมตาบอลิซึม และชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน ซึ่งทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ (दनัย, 2540) ผักและผลไม้หลายชนิดมีอาการผิปกดขึ้นได้ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ แต่สูงกว่าจุดเยือกแข็งของผลผลิตนั้นๆ ซึ่งมักจะต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส แต่ในบางกรณีอุณหภูมิต่ำ ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะกับผลผลิตในเขตร้อนอาจเกิดอาการผิปกดที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) ขึ้นได้ (จริงแท้, 2538) ซึ่งผลมะเขือเทศจัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่อ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาว เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7-12 องศาเซลเซียส ผลมะเขือเทศจะแสดงอาการผิปกดที่ผิว เช่น มีสีผิปกด ผิวกาก ไม่มัน ภายในมีน้ำมากกว่าปกติ มีกลิ่นหมัก และมักจะอ่อนแอต่อเชื้อรา *Alternaria* sp. (दनัย, 2540) เป็นเหตุทำให้เกิดการสูญเสียผลมะเขือเทศทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

ดังนั้น หากสามารถทำให้มะเขือเทศที่อ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาวมีความต้านทานต่ออาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้น หรือสามารถชะลอการพัฒนาอาการสะท้อนหนาวได้ จะทำให้สามารถเก็บรักษา

มะเขือเทศไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการเน่าเสียของผลผลิตได้ (Wang, 1993)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุพันธุ์พืช : มะเขือเทศพันธุ์เคลต้า ระยะ Breaker
การทดลองที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำๆ ละ 6 ผล ซึ่งมีกรรมวิธีการทดลองดังต่อไปนี้คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลมะเขือเทศ 4 ระดับ คือ 0, 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ นำผลมะเขือเทศมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วบรรจุในภาชนะโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ซึ่งมีผลมะเขือเทศ 6 ผลต่อหนึ่งภาชนะ หรือน้ำหนักประมาณ 480 กรัม จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน ดังนี้ คือ การสูญเสีย น้ำหนัก การร่วงไหลของสาร อิเล็กโตรไลต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซี การเปลี่ยนแปลงสีผิว และการแสดงอาการสะท้อนหนาว (คะแนน 1-5)

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิสูงต่อการลดอาการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศ

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 ปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ ทำ 3 ซ้ำๆ ละ 6 ผล ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 คือ ระยะเวลาที่ได้รับความร้อน คือ 5, 10 และ 20 นาที

ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความร้อน 3 ระดับ คือ 38, 42 และ 45 องศาเซลเซียส

วิธีการ นำมะเขือเทศมาแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 38, 42 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที บรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติก โพลีไวนิลคลอไรด์ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบผลของการใช้ความร้อนกับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศหั่นชิ้น

วางแผนการทดลองแบบ T-test ทำ 3 ซ้ำๆ ละ 6 ผล ซึ่งมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้คือ นำผลมะเขือเทศมาแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นตามขวางหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปบรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับผลมะเขือเทศที่ไม่ได้ผ่านความร้อน โดยนำผลมะเขือเทศมาหั่นเป็นชิ้นตามขวางหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตรนำไปบรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ซึ่ง

มีผลมะเขือเทศ 6 ผล ต่อหนึ่งถาด หรือประมาณ 480 กรัม จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศ

จากการศึกษา พบว่า ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แสดงอาการสะท้อนหนาว และการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) ในขณะที่การเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส มีการแสดงอาการสะท้อนหนาวและการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ใกล้เคียงกัน ซึ่งการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้มีการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดอาการสะท้อนหนาว หรือเกิดการสุกที่ผิดปกติและเน่าเสียได้ง่าย (นิธิยา และ ดนัย, 2535) และมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี

Table 1 Electrolyte leakage of tomato fruits stored at 0, 3, 6 and 10 °C for 14 days.

storage temp. (°C)	electrolyte leakage (%)							
	storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	41.35	51.74	57.51 a	58.46 a	61.70 a	68.95 a	73.00 a	75.93
3	41.35	45.95	49.52 b	55.23 ab	57.69 ab	61.72 ab	68.26 ab	77.10
6	41.35	42.30	43.08 c	48.45 b	51.25 b	58.23 b	64.12 b	70.85
10	41.35	43.04	47.87 bc	52.43 ab	57.91 ab	57.99 b	67.77 ab	75.56
LSD 0.05	-	9.45	5.38	7.59	8.76	7.27	6.24	16.73
C.V.(%)	-	2.82	2.64	2.27	2.22	2.07	1.64	2.03

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

Table 2 Chilling injury symptom of tomato fruits stored at 0, 3, 6 and 10 °C for 14 days.

storage temp. (°C)	chilling injury symptom							
	storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	1.00	1.00	1.22 a	1.33 a	1.44 a	2.00 a	2.44 a	2.78 a
3	1.00	1.00	1.00 b	1.00 b	1.22 ab	1.33 b	1.56 b	2.00 b
6	1.00	1.00	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.44 b	1.56 b	1.89 b
10	1.00	1.00	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.22 b	1.33 b	1.44 c
LSD 0.05	-	-	0.18	0.31	0.26	0.40	0.32	0.44
C.V.(%)	-	-	18.26	22.61	21.83	21.61	21.36	19.48

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, 4 = severe, 5 = very severe

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิสูงต่อการลดอาการสะท้อนขาวของผลมะเขือเทศ

จากการศึกษา พบว่า ผลมะเขือเทศที่แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ได้รับความร้อน 10 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ทำให้ผลมะเขือเทศแสดงอาการสะท้อนขาวและการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เกิดขึ้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 3 และตารางที่ 4) ซึ่งผลมะเขือเทศที่แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ได้รับความร้อน 10 นาที มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง การสูญเสีย

น้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากการใช้ความร้อนสามารถช่วยป้องกันการสะท้อนขาวได้โดยการชักนำให้มีการสังเคราะห์ heat shock proteins (HSPs) ระหว่างที่ได้รับความร้อน โดย HSPs ช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้ม และยังช่วยป้องกันเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะที่เก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ (Sabehat *et al.*, 1995)

Table 3 Electrolyte leakage of tomato fruits dipped in water at 38, 42 and 45 °C for 5, 10 and 20 minutes and stored at 0 °C for 12 days.

method	electrolyte leakage (%)						
	storage time (days)						
	0	2	4	6	8	10	12
<i>Factor 1</i>							
5 minutes	39.15	39.97	41.08	42.68	44.19	54.04 a	57.80 a
10 minutes	35.11	36.99	41.75	43.31	45.06	47.11 b	49.85 b
20 minutes	36.55	40.94	43.37	44.32	45.61	49.25 ab	53.46 ab
<i>Factor 2</i>							
38 °C	38.00	38.54	42.09	42.75 b	43.98 b	52.19 a	56.31 a
42 °C	34.82	37.59	39.52	40.31 b	42.30 b	46.22 b	48.70 b
45 °C	36.83	41.76	44.59	47.26 a	48.58 a	51.98 ab	56.12 ab
Factor 1	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
Factor 2	ns	ns	ns	*	*	*	*
Factor 1 x 2	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV(%)	2.64	2.59	12.59	2.33	2.19	2.21	2.33

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

* = significant, ns = non-significant

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบผลของการใช้ความร้อนกับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศหั่นชิ้น

เมื่อเปรียบเทียบผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนกับที่ได้รับความร้อนโดยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำไปหั่นชิ้น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนก่อนหั่นชิ้นแสดงอาการสัณฐานหนว และการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์น้อยกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนหั่นชิ้น (ตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6) และมี

ผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้และปริมาณวิตามินซีลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการใช้ความร้อนจะช่วยป้องกันการสัณฐานหนว โดยการชักนำของ heat shock proteins (HSPs) ระหว่างที่ได้รับความร้อนโดย HSPs ช่วยป้องกันการเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์และโปรตีนที่เกี่ยวกับเยื่อหุ้ม และช่วยป้องกันการเอนไซม์ และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะที่เก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ (Sabehat *et al.*, 1995) จึงเป็นไปได้ว่า

HSPs เข้ามาเกี่ยวข้องกับเชื้อหุ้ม โดยการเปลี่ยนการทำงานของเชื้อหุ้มดำเนินไปตามปกติในระหว่างที่แปลงโครงสร้างของเซลล์ และช่วยให้กระบวนการเกิดความเครียดจากความร้อน

Table 4 Chilling injury symptom of tomato fruits dipped in water at 38, 42 and 45 °C for 5, 10 and 20 minutes and stored at 0 °C for 12 days.

method	chilling injury symptom						
	storage time (days)						
	0	2	4	6	8	10	12
<i>Factor 1</i>							
5 minutes	1.00	1.00	1.33	1.67 a	1.89	2.44 a	2.89 a
10 minutes	1.00	1.00	1.11	1.11 b	1.67	1.89 b	2.33 b
20 minutes	1.00	1.00	1.00	1.33 ab	1.78	2.00 ab	2.89 a
<i>Factor 2</i>							
38 °C	1.00	1.00	1.33	1.78 a	2.11 a	2.33 a	3.00 a
42 °C	1.00	1.00	1.11	1.11 b	1.44 b	1.78 b	2.33 b
45 °C	1.00	1.00	1.00	1.33 b	1.78 ab	2.22 ab	2.78 ab
Factor 1	ns	ns	ns	*	ns	*	*
Factor 2	ns	ns	ns	*	*	*	*
Factor 1 x 2	ns	ns	ns	*	ns	*	*
CV(%)	-	-	22.99	22.06	17.56	14.79	11.94

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

* = significant, ns = non-significant

1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, 4 = severe, 5 = very severe

Table 6 Chilling injury symptom of fresh-cut tomatoes stored at 10 °C for 10 days.

method	chilling injury symptom					
	storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
not dipped in water	1.00	1.33	2.22 a	2.78 a	3.67 a	4.55 a
dipped in water at 42°C for 10 minutes	1.00	1.00	1.44 b	2.00 b	2.55 b	3.00 b
2-Tail Sig	-	0.081	0.014	0.013	0.000	0.000

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

2-Tail Sig < 0.05 = significant

1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, 4 = severe, 5 = very severe

สรุปผลการทดลอง

1. การเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ และเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด คือ เกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อและน้ำ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

2. การแช่ผลมะเขือเทศในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลมะเขือเทศแสดงอาการสะท้านหนาวและการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์น้อยที่สุด แต่การใช้ความร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของผลมะเขือเทศ

3. ผลมะเขือเทศที่ได้รับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ก่อนนำไปหั่นชิ้น มีการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์และเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้ได้รับความร้อนก่อนนำไปหั่นชิ้น แต่ไม่มีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก แสดงว่าการใช้ความร้อนต่อผลมะเขือเทศก่อนหั่นชิ้น ช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. [ระบบออนไลน์] สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2544/45. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา [www.http://oae.go.th/statistic/yearbook/2000-01/Section4/sec4table67.html](http://oae.go.th/statistic/yearbook/2000-01/Section4/sec4table67.html) (12 กันยายน 2545)
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 396 หน้า.
- คณัย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 หน้า.

- นิธิยา รัตนปนนท์และคณะ บุญยเกียรติ. 2533. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เศรษฐกิจ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 213 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2536. การเก็บเกี่ยวและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 364 หน้า.
- Sabehat, A., D. Weiss and S. Lurie. 1995. Persistence of heat shock proteins in heated tomato fruit and resistance to chilling injury of the fruit. Acta Hort. 398: 11-21.
- Wang, C.Y. 1993. Approach to reduce chilling injury of fruits and vegetable. Hort. Rev. 15: 62-94.
-

ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโต

และการออกดอกของมังกรคาบแก้ว

Effect of Shading on Growth and Flowering of *Schlumbergera truncata* Haw.

รัจวน ศรีวิชัย^{1/} และ โสระยา ร่มรังสี^{1/}

Rumjuan Sriwichai^{1/} and Soraya Ruamrungsri^{1/}

Abstract: Effects of shading on growth and flowering of zygocactus 'orange' was studied. The four levels, 0, 50 %, 75% and 2 – layer of 50% shading were used for growing zygocactus. It was found that light intensity had effects on height, number of node, branching number, total leaves, flowering, flower size and shelf life. However, it showed no effect on number of flowers per plant. Growing zygocactus under 2 – layer of 50% shading yielded the greatest chlorophyll concentration and the least sugar concentration whereas those without shading tended to have greater starch concentration than others.

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของมังกรคาบแก้วพันธุ์สีส้มด้วยตาข่ายจำนวน 4 กรรมวิธีคือ กรรมวิธีที่ 1) ไม่พรางแสง (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2) พรางแสงด้วยตาข่าย 50% 1 ชั้น กรรมวิธีที่ 3) 75% 1 ชั้น และ กรรมวิธีที่ 4) 50% 2 ชั้น พบว่า ความเข้มแสงมีผลต่อความสูง จำนวนข้อ โใบ จำนวนแขนงข้าง จำนวนใบรวม การออกดอก ขนาดดอก และ อายุการบานดอก แต่ไม่มีผลต่อจำนวนดอกต่อต้น การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 50% 2 ชั้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบสูงที่สุด และมีความเข้มข้นของน้ำตาลน้อยที่สุด ส่วนการปลูกในสภาพไม่พรางแสงมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแป้งสูงกว่ากรรมวิธีอื่น

^{1/}ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

Index words: ไม้มะเถา, แคคตัส, มังกรคาบแก้ว, สรีรวิทยาการผลิต, คุณภาพผล

Plot plant, zygocactus, fruit quality, *Schlumbergera truncata* Haw, production physiology.

คำนำ

ในการปลูกเลี้ยงไม้มะเถาไม้ประดับในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นการปลูกเลี้ยงเพื่องานอดิเรกหรือการปลูกเลี้ยงเพื่อเป็นการค้า พืชอวบน้ำได้รับความนิยมไม่แพ้ไม้ประดับชนิดอื่น แคคตัสเป็นพืชที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่ 50 ปีก่อน (Hessayon, 1996) และมังกรคาบแก้วเป็นไม้ประดับที่มีความสวยงามไม่แพ้ไม้มะเถาไม้ประดับชนิดอื่นจากการสำรวจปริมาณผลผลิตของฝ่ายการตลาดมูลนิธิโครงการหลวง พบว่ามังกรคาบแก้วสามารถทำรายได้เป็นอันดับ 1 ในบรรดาไม้มะเถาทั้งหมดและราคาขายปลีกสูงถึง 100 บาท / กระถาง (ชูชาติและคณะ, 2543) และในต่างประเทศราคาต่อกระถางของ holiday cactus สูงถึงหลายดอลลาร์ต่อกระถางขนาด 4 นิ้ว (Blomberg, 1997) แต่ในการผลิตยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดสำหรับช่วงการออกดอกของมังกรคาบแก้วอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม (Hessayon, 1996)

แสงและอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกของพืชชนิดนี้ (Rünger, 1969) ดังนั้นหากสามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวให้เหมาะสม ก็สามารถกำหนดการออกดอกของมังกรคาบแก้วได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของแสงและอุณหภูมิที่มีต่อการเติบโตและการออกดอกของมังกรคาบแก้ว เพื่อได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการบังคับการออกดอกตลอดปีในการผลิตมังกรคาบแก้วเป็นไม้มะเถาเพื่อการค้าต่อไป

วิธีการทดลอง

ตัดชำใบจำนวน 2 ช่อใบของมังกรคาบแก้วพันธุ์สีส้มและเมื่อออกรากแล้วทำการย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกนำไปศึกษาผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกโดยนำพืชที่เตรียมได้มาปลูกในโรงเรือนที่พรางแสงต่างกันดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ปลูกในโรงเรือนไม่พรางแสง

(ระดับความเข้มแสงเฉลี่ย 34,000 ลักซ์)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกในโรงเรือนพรางแสง 50 % 1 ชั้น

(ระดับความเข้มแสงเฉลี่ย 21,000 ลักซ์)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกในโรงเรือนพรางแสง 75 % 1 ชั้น

(ระดับความเข้มแสงเฉลี่ย 5,000 ลักซ์)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกในโรงเรือนพรางแสง 50 % 2 ชั้น

(ระดับความเข้มแสงเฉลี่ย 1,700 ลักซ์)

วางแผนการทดลองแบบกลุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ชำ บันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงของต้น (ซม.) จำนวนแขนงข้าง จำนวนข้อใบ จำนวนใบต่อต้น
2. การออกดอก คุณภาพดอก จำนวนดอกต่อต้น
3. วัดความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ แป้ง และน้ำตาล

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโต

จากการปลูกเลี้ยงมังกรดาบแก้วภายใต้การพรางแสงต่าง ๆ กัน ช่วงระยะเวลา 16 สัปดาห์แรก พบว่าการพรางแสงที่ต่างกันให้ความสูงของต้นไม่ต่างกัน แต่เมื่อปลูกเลี้ยงต้นมังกรดาบแก้วต่อไปภายใต้โรงเรือนเดิมพบว่าพืชมีความสูงแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 20, 24, 36, 44 และ 48 หลังปลูก กรรมวิธีที่พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 75% 1 ชั้น (กรรมวิธีที่ 3) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 17.4, 19.4, 24.6,

28.8 และ 30.6 ซม. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ปลูกกลางแจ้ง (กรรมวิธีที่ 1) มีความสูงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 1) ในด้านจำนวนข้อใบพบว่าการปลูกเลี้ยงมังกรดาบแก้วภายใต้สภาพการพรางแสงต่างกันให้จำนวนข้อใบแตกต่างกันทางสถิติในสัปดาห์ที่ 28 และ 32 หลังจากนั้นไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) ส่วนจำนวนแขนงข้างของมังกรดาบแก้วส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีทดลอง (ตารางที่ 3) นอกจากนี้จำนวนใบรวมของมังกรดาบแก้วในทุกกรรมวิธีไม่ต่างกันตลอดการทดลองดังแสดงใน ตารางที่ 4

Table 1 Plant height (cm.) of zygocactus cv. orange growing under shading conditions.

Treatment	Weeks after planting ^{1/}											
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Shading 0%	8.6	10.3	11.2	12.2	12.2b	15.6b	17.8	17.8	18.0b	21.8	23.0b	24.4b
Shading 50%	8.4	10.0	11.4	13.0	13.2b	14.4b	16.2	16.2	18.0b	21.2	22.4b	23.6b
Shading 75%	9.4	11.0	13.2	16.0	17.4a	19.4a	21.2	21.2	24.6a	26.4	28.8a	30.6a
Shading 50% (2 layers)	9.6	10.9	13.6	15.2	16.8a	16.6ab	18.4	18.4	19.0b	21.4	23.8b	25.1a
CV (%)	21.93	15.27	13.73	15.82	11.44	15.51	15.70	15.70	17.18	14.86	13.02	11.43
LSD (p<0.05)	NS	NS	NS	NS	1.19	1.72	NS	NS	2.29	NS	2.13	2.00

^{1/} Mean $\pm$ SE (n=5), different letters in each column represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

Table 2 Number of nodes in of zygocactus grow under different shade conditions.

Treatment	Weeks after planting ^{1/}											
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Shading 0%	2.8	3.4	4.0	4.2	5.2	5.6	5.8ab	5.8ab	6.2	6.2	6.6	7.2
Shading 50%	2.6	3.0	3.8	4.2	4.6	4.8	5.0b	5.0b	5.8	6.2	6.2	6.4
Shading 75%	2.8	3.4	4.0	4.8	5.4	5.4	6.2a	6.2a	7.0	7.0	7.6	7.8
Shading 50% (2 layers)	3.0	3.2	3.8	4.2	5.0	4.8	4.8b	4.8b	5.0	6.2	6.8	7.0
CV (%)	23.28	13.76	17.67	17.43	18.28	19.42	14.79	14.79	22.67	23.51	20.14	13.55
LSD _(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.54	0.54	NS	NS	NS	NS

^{1/} Mean $\pm$ SE (n=5), different letters represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

NS = Non Significant

Table 3 Branching number of zygocactus grown under different shade condition.

Treatment	Weeks after planting ^{1/}											
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Shading 0%	1.0	2.6a	2.8	2.6	3.0	3.4	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6
Shading 50%	1.0	1.8ab	2.2	2.6	2.8	2.8	3.4	3.4	4.0	4.0	4.0	4.0
Shading 75%	1.0	1.2b	2.2	2.6	2.6	3.6	3.4	3.4	4.0	4.0	4.0	4.0
Shading 50% (2 layers)	1.2	1.2b	2.4	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
CV (%)	62.09	45.56	35.45	35.93	34.35	35.97	36.91	36.91	34.02	40.64	40.64	40.54
LSD _(p<0.05)	NS	0.52	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{1/} Mean $\pm$ SE (n=5), different letters represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

NS = Non Significant

Table 4 Total leaves of zygocactus grown under different shade conditions.

Treatment	Weeks after planting											
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Shading 0%	5.8	8.4	10.6	15.4	17.6	19.6	21.6	22.0	25.6	26.8	28.8	32.2
Shading 50%	4.8	7.0	9.4	14.0	16.2	17.0	18.0	17.8	23.8	27.2	28.8	31.2
Shading 75%	4.4	5.8	10.6	14.2	19.4	25.2	27.6	26.8	32.4	36.4	38.2	39.8
Shading 50% (2 layers)	4.8	5.6	9.8	11.4	13.0	15.0	15.4	15.4	17.4	20.2	22.4	25.0
CV (%)	47.81	33.62	30.55	35.96	33.43	32.94	34.23	36.11	33.28	31.17	32.2	26.52
LSD _(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Non Significant

2. การออกดอก คุณภาพ และจำนวนดอกต่อต้น

การปลูกเลี้ยงมังกรคาบแก้วภายใต้สภาพการพรางแสงต่างกัน พบว่าจำนวนดอกต่อต้นของมังกรคาบแก้วไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีจำนวนดอกต่อต้น 4.6 – 6.8 ดอก (ตารางที่ 5) การพรางแสงต่อคุณภาพดอกพบว่าการปลูกกลางแจ้งให้ดอกที่มีขนาดเล็กที่สุดทั้งความกว้างและความยาวดอก (ตารางที่ 5) ด้านสีดอกนั้นพบว่าทุก

สภาพการพรางแสงให้สีดอกไม่ต่างกัน (ข้อมูลไม่ได้แสดง) สำหรับระยะเวลาการเกิดดอกพบว่าต้นที่ปลูกภายใต้สภาพพรางแสง 50 % 1 ชั้น (กรรมวิธีที่ 2) ออกดอกเร็วกว่าพืชที่ปลูกภายใต้สภาพการพรางแสงอื่น พืชที่ได้รับความเข้มแสงต่ำสุดและสูงสุด ออกดอกหลังจากปลูกเป็นเวลา 187 วัน ช้ากว่ากรรมวิธีอื่น (ภาพที่ 1) ส่วนอายุการบานของดอกพบว่าพืชที่ได้รับ การพรางแสง 75 % 1 ชั้น (กรรมวิธีที่ 3) อายุการบานเฉลี่ยของดอกสั้นที่สุดคือ 5.5 วัน

Table 5 Number of flowers/plant, width and length of flower, shelf life of zygocactus.

Treatment	No. of flowers/plant	Width of flower (cm.) ^{1/}	Length of flower (cm.) ^{1/}	Shelf life (days) ^{1/}
Shading 0%	4.6	6.2b	6.1b	6.4ab
Shading 50%	5.8	6.4a	7.0a	6.6a
Shading 75%	6.8	6.7a	6.9a	5.5b
Shading 50% (2 layers)	4.6	6.7a	7.0a	7.1a
CV%	30.6	7.1	8.3	18.1
LSD _{0.5}	NS	0.2	0.2	0.5

^{1/} Mean $\pm$ SE (n=5), different letters represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

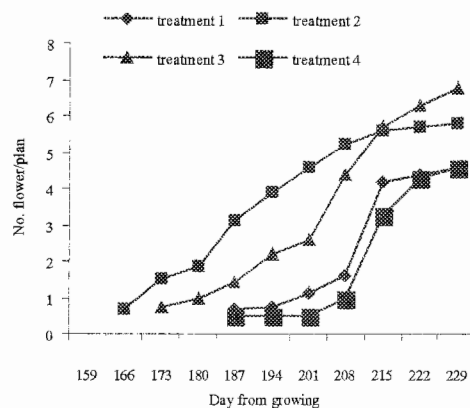


Figure 1 Number of flowers/plant of zygocactus grown under different shading conditions.

3. ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ใบ และน้ำตาล

การศึกษาผลของสภาพการพรางแสงต่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์พบว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มแสงที่ได้รับลดลง ในสัปดาห์ที่ 32 และ 44 พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในกรรมวิธีที่ 3 ไม่ต่างจากกรรมวิธีที่ 4 (ตารางที่ 6) การปลูกพืชในสภาพกลางแจ้ง (กรรมวิธีที่ 1) มีความเข้มข้นของแป้งมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับการพรางแสง (ตารางที่ 7) โดยมีความเข้มข้นของแป้งสูงสุดคือ 141.05 และ 131.79 มก.ต่อกรัมน้ำหนักแห้งในสัปดาห์ที่ 24 และ 32 ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 40 ไม่ต่างกัน ผลของการพรางแสงต่อความเข้มข้นของน้ำตาลพบว่าเมื่อให้ต้นมังกรดาแก้วได้รับสภาพแสงที่ต่างกันส่งผลให้ความเข้มข้นของน้ำตาลต่างกัน หลังปลูกเลี้ยงนาน 24 สัปดาห์ กลุ่มพืชที่อยู่ภายใต้สภาพพรางแสง 75% 1 ชั้น (กรรมวิธีที่ 3) ให้ความเข้มข้นของน้ำตาล

สูงสุดคือ 6.23 มก.ต่อกรัมน้ำหนักสด ต่อมาหลังปลูกเลี้ยงนาน 32 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลไม่แตกต่างกัน ส่วนในสัปดาห์ที่ 40 พบว่าการปลูกภายใต้การพรางแสง 75 % 1 ชั้น (กรรมวิธีที่ 3) มีความเข้มข้นของน้ำตาลไม่ต่างจากกรรมวิธีที่ 4 (ตารางที่ 8)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พืชได้รับการพรางแสงต่างกัน 4 กรรมวิธีคือการปลูกเลี้ยงในสภาพไม่พรางแสง พรางแสง 50 % 1 ชั้น 75 % 1 ชั้น และ 50 % 2 ชั้น พบว่าการพรางแสงไม่มีผลต่อจำนวนแขนงข้าง จำนวนใบรวมและจำนวนดอกต่อต้น แต่มีผลต่อความสูง จำนวนข้อใบ ขนาดดอก และ จำนวนวันที่เกิดดอก โดยการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 75 % 1 ชั้น ให้ความสูงต้น จำนวนข้อใบมากที่สุด

Table 6 Chlorophyll concentration (mg/g FW) in leaves .

Treatment	Weeks after planting ^{1/}		
	16	32	44
Shading 0%	0.16d	0.19b	0.30c
Shading 50%	0.31c	0.31b	0.43b
Shading 75%	0.37b	0.37ab	0.51a
Shading 50%(2 layers)	0.49a	0.41a	0.53a
CV%	4.10	25.06	10.82
LSD _{0.5}	0.02	0.06	0.02

¹ Mean $\pm$ SE (n=5), different letters represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

Table 7 Starch concentration (mg/g DW) in leaves.

Treatment	Weeks after planting ^{1/}		
	24	32	40
Shading 0%	141.05a	131.79a	37.54
Shading 50%	118.75b	117.98a	48.09
Shading 75%	103.90b	123.90a	48.95
Shading 50%(2 layers)	70.52c	89.09b	37.84
CV%	16.79	20.27	36.92
LSD _{0.5}	9.33	11.99	NS

^{1/} Mean $\pm$ SE (n=5), different letters represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

Table 8 Sugar concentration (mg/g FW) in leaves.

Treatment	Weeks after planting ^{1/}		
	24	32	40
Shading 0%	2.24bc	2.04	1.97a
Shading 50%	2.86b	1.91	1.46b
Shading 75%	6.23a	1.69	1.73ab
Shading 50%(2 layers)	0.67c	1.65	1.89a
CV%	64.98	24.68	15.55
LSD _{0.5}	1.0	NS	0.14

^{1/} Mean $\pm$ SE (n=5), different letters represent significant differences among different shading by LSD test at P = 0.05.

และขนาดดอกไม่ต่างจากการปลูกในสภาพพรางแสงด้วยตาข่าย 50 % 2 ชั้น ส่วนการปลูกเลี้ยงกลางแจ้งในสภาพความเข้มแสงมากกว่ากรรมวิธีอื่นพืชมีแนวโน้มให้การเจริญน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มแสงมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง ถ้าความเข้มแสงเหมาะสมพืชสังเคราะห์แสงได้มาก

ทำให้ได้คาร์โบไฮเดรตจากการเจริญเติบโตเกิดขึ้นมาก เมื่อความเข้มแสงน้อยการสังเคราะห์แสงเกิดได้น้อย การเติบโตช้าลง ถ้าความเข้มแสงสูงเกินไปการสังเคราะห์แสงตลอดจนการเจริญเติบโตก็ลดลง (นันทิยา, 2545) และสอดคล้องกับงานของ Fukuda *et al.* (2002) พบว่าการปลูกพืชในสภาพความเข้ม-

แสงต่ำมีความสูงของพืชและความยาวข้อปล้องมากกว่าพืชที่อยู่ภายใต้ความเข้มแสงสูง นอกจากนี้เมื่อความเข้มแสงลดลงทำให้วันที่ออกดอกของพืชเนี่ยเลื่อนออกไป ในการทดลองนี้ให้ผลในทำนองเดียวกัน โดยพืชมีการออกดอกช้าลงเมื่อได้รับความเข้มแสงน้อย (ภาพที่ 1) พืชแต่ละชนิดต้องการสภาพแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ในกรณีของ christmas, begonia เมื่อความเข้มแสงเพิ่มจาก $15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ เป็น $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ พบว่าพืชมีความยาวของใบ ความสูงของต้นและจำนวนตาดอกเพิ่มขึ้น (Ejfeld, 1992) ในการทดลองนี้ให้ผลต่างกันในเรื่องของจำนวนดอกต่อต้นซึ่งพบว่าการพร่างแสงต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนดอกต่อต้นของมังกรคาบแก้ว

การพร่างแสงมีผลต่ออายุการบานของดอกมังกรคาบแก้ว โดยการพร่างแสงด้วยตาข่ายพร่างแสง 50 % 2 ชั้นมีอายุการบานเฉลี่ยของดอกมากที่สุดคือ 7.1 วัน อย่างไรก็ตามงานของ Hartley *et al.*, (1995) รายงานว่ามังกรคาบแก้วพันธุ์ Evita, Purple Pride และ Red Pride เมื่อได้รับความเข้มแสง 7 และ $14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ไม่มีความแตกต่างของอายุดอก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์ที่ใช้ศึกษามีความแตกต่างกัน

ผลการพร่างแสงต่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์พบว่าพืชมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลง ซึ่งขัดแย้งกับงานของ Havaux and Tardy (1999) รายงานว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Plaisant มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพแสงเพิ่มจาก $350 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ เป็น $1,600 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่แตกต่างกันทำให้การตอบสนองต่างกัน

ผลการพร่างแสงต่อความเข้มข้นของแป้งพบว่าความเข้มข้นของแป้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงที่ได้รับสูงขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจาก

สภาพแสงเหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงและกระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดได้ดี ทำให้พืชมีปริมาณอาหารสะสมมาก สอดคล้องกับงานของ Weston *et al.* (2000) กล่าวว่าภายใต้สภาพแสงมากคลอโรพลาสต์มีการสะสมของแป้งเพิ่มขึ้น โดยเมื่อแสงมากทำให้การยืดขยายตัวของ palisade cell ในชั้น mesophyll เพิ่มขึ้นและทำให้ใบหนาขึ้นการจับคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างที่มีการสังเคราะห์แสงมีผลต่อการสะสมแป้งตลอดจนการย่อยสลายแป้งในช่วงไม่มีแสงเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ซูโครส สำหรับความเข้มข้นของแป้งที่ระยะเวลาต่างกันพบว่า มังกรคาบแก้วมีความเข้มข้นของแป้งในใบลดลงเมื่อระยะเวลาในการปลูกเลี้ยงนานขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะต้นพืชมีอายุมากขึ้น

จากการศึกษาการพร่างแสงต่อความเข้มข้นของน้ำตาลพบว่าพืชที่ได้รับความเข้มแสงน้อยที่สุดมีความเข้มข้นของน้ำตาลต่ำสุด โดยอาจเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงซึ่งมีผลต่ออาหารสะสมของพืช ความเข้มแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ถ้าปริมาณความเข้มแสงต่ำพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ พืชไม่สามารถลดอัตราการหายใจให้ต่ำลงไปด้วย (สมบุญ, 2544) และเมื่ออัตราการสังเคราะห์แสงต่ำแสงเป็นตัวชักนำให้เกิดการสังเคราะห์ซูโครสเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณฟรุคโทส แต่เมื่ออัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นส่งผลให้มีการสังเคราะห์ซูโครสเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของฟรุคโทสที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยปริมาณ ฟรุคโทสเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นประมาณ $1.5 \mu\text{mol. min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{Chl}$ (Trevanion, 1998) เช่นกันในงานของ Ejfeld (1992) รายงานว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นปริมาณซูโครสในช่อดอกและใบของบีโกเนียเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงข้ามระดับแสงไม่มีผลต่อปริมาณกลูโคส ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ระยะเวลาต่างกันพบว่าใน

ระยะก่อนออกดอก มังกรคาบแก้วที่ได้รับการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 75 % 1 ชั้น มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุด แต่หลังจากระยะออกดอกเป็นต้นไปความเข้มข้นของน้ำตาลในใบลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากพืชได้เคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปเลี้ยงดอกในช่วงที่มีการออกดอก

เอกสารอ้างอิง

- นันทิยา วรรณะภูติ. 2545. คู่มือการปลูกไม้ดอก. สำนักพิมพ์ตรีวิน. เชียงใหม่. 248 น.
- ยุวดี ศรีอนันต์, อติสร กระแสชัย และ วิวัฒน์ ดวงโภชน. 2543. การผลิตไม้กระถางเชิงเศรษฐกิจ. ใน การแพร่ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงครั้งที่ 2 ฝ่ายงานวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่หน้า 188 – 193.
- สมบุญ เควะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 237 น.
- Blomberg, M. 1997. "In garden: Holiday cacti easily confuse." [Online]. Available <http://www.sunone.com/news/articles/12-13e.html> (29 march 2000).
- Fjeld, T. 1992. Effects of temperature and irradiance level on carbohydrate content and keeping quality of Christmas begonia (*Begonia* × *cheimanthus* Everett). *Scientia Hort.*, 50 : 219 – 228.
- Fukuda, N., M. Yoshinaka, M. Ubukawa, K. Takayanagi and S. Sase. 2002. Effects of light quality, intensity and duration from different artificial light sources on the growth of petunia (*Petunia* × *hybrida* Vilm.). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 71 : 509 – 516.
- Hartley, G., T. A. Nell, R. T. Leonard, J. E. Barrett and T. H. Boyle. 1995. Effect of interior light and temperature on longevity of *Rhipsalidopsis*. *Acta Hort.* 405 : 164 – 169.
- Havaux, M. and F. Tardy. 1999. Loss of chlorophyll with limited reduction of photosynthesis as an adaptive response of Syrian barley landraces to high – light and heat stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 26 : 569 – 578.
- Hessayon, D. G. 1996. *The House Plant Expert*. Transworld Publishers Ltd., London. 256 p.
- Rünger, W. 1969. The effect of diurnal changes and a single change in temperature during short – day and long – day periods on flower formation in the *Zygocactus Weihnachtsfreude*. *Hort Abstr.* 41 : 3264.
- Trevanion, S. J. 1998. Regulation of carbohydrate partitioning in wheat leaves. In G. Garab(ed.). *Photosynthesis: Mechanisms and Effects*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. Vol. V : 3533 – 3536.
- Weston, E., K. Thorogood, G. Vinti, E. López-Juez. 2000. Light quantity controls leaf – cell and chloroplast development in *Arabidopsis thaliana* wild type and blue – light – perception mutants. *Planta* 211 : 807 – 815.

ผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลิ้นจี่

Effect of Ozone on Shelf-life of Lychee

อรุณทัย ซาววา^{1/} และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข^{1/}

Aroonothai Sawwa^{1/} and Tanachai Pankasemsuk^{1/}

Abstract: Effect of ozone on lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) cv. Chakapat fruits was studied. Fruits were soaked in water at pH 3-4 (adjusted by lactic acid) and exposed to ozone at the concentrations of 100 mg/hr for 0 (control), 30, 45 or 60 minutes then stored at 10 °C. The results revealed that ozone treated fruits for 45 and 60 minutes had 28 days shelf-life. The ozone treated fruits had lower fruit rot percentage than untreated fruits. Ozone did not affect fruit quality. Pericarp sections of treated fruits were investigated under light microscopes. The results showed that the exocarp layers of the untreated and ozone treated for 30 minutes had more complete exocarp than those of the ozone treated for 45 and 60 minutes. The exocarp from 45 and 60 minutes ozone treated fruits had the pulpy epidermis layers.

บทคัดย่อ: จากการศึกษาผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ โดยนำผลลิ้นจี่แช่ในน้ำกลั่น ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 3-4 ด้วยกรดแลกติก จากนั้นปล่อยก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มก/ชม ลงไปในน้ำกลั่นเป็นเวลา 0 (ชุดควบคุม), 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ พบว่า ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนนาน 45 และ 60 นาที มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนมีการเน่าเสียน้อยกว่า โดยก๊าซโอโซนไม่มีผลต่อคุณภาพผลลิ้นจี่ การทำ microtome section ของเปลือกผลลิ้นจี่ พบว่า ผลลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการรม (ชุดควบคุม) และที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนนาน 30 นาที มีลักษณะของเซลล์ชั้น exocarp ที่ยังคงสภาพสมบูรณ์มากที่สุด ส่วนเปลือกผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนนาน 45 และ 60 นาที เซลล์ชั้น exocarp มีลักษณะฉีกขาดและแตกย่อยมากที่สุด

^{1/}ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/}Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

Index words: โอโซน การเก็บรักษา ลิ้นจี่ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว
lychee, ozone, shelf-life, postharvest management

คำนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ปัจจุบันลิ้นจี่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ เนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีฤดูกาลเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาสั้น เน้นเสียได้เร็วมาก ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น การที่ผลผลิตถูกเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายนั้น ก่อให้เกิดการสูญเสียทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ ดังนั้นการควบคุมโรคจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลลิ้นจี่ได้ โอโซน (O_3) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และเป็นสารเร่งปฏิกิริยาเคมีอย่างดี โดยที่มีข้อดี คือการแตกตัวของโอโซนทำให้เกิดออกซิเจนสถานะเดียว โอโซนยังมีความสามารถในการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือฆ่าจุลินทรีย์ เพราะเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ซึ่งเป็นโปรตีนห่อหุ้มและหล่อเลี้ยงจะถูกทำลาย (ชมภูศักดิ์, 2540) Sarig *et al.* (1996) ได้ศึกษาผลของโอโซนต่อการควบคุมการเน่าเสียของผลองุ่น ที่เกิดขึ้นโดยมีสาเหตุจาก *Rhizopus stolonifer* พบว่าเมื่อให้โอโซนที่อัตรา 8 มิลลิกรัม/นาทีก่อนเป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียที่ผิวองุ่นลดน้อยลง ทำให้ลดการเกิดอาการเน่าเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อราลงได้ Chiam and Robert (1994) ได้ศึกษาผลของโอโซนและอุณหภูมิในการเก็บรักษาแครอท (*Daucus carota* L.) และเชื้อสาเหตุสองชนิดที่เกิดหลังจากการเก็บรักษา คือ *Botrytis cinerea* Pers. และ *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary พบว่า การใช้โอโซนที่ความเข้มข้น 0, 7.5, 15,

30 และ 60 ไมโครลิตร/ลิตร โดยให้ไหลผ่านเข้าไปในห้องที่เก็บรักษาแครอทอยู่ในอัตราเร็ว 0.5 ลิตร/นาทีก่อนเวลา 8 ชั่วโมงนาน 28 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของโอโซนสูงสุด อัตราการเจริญของเชื้อสาเหตุจะลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และสีผิวของแครอทที่ความเข้มข้นทุกระดับของโอโซนมีสีที่สว่างกว่าชุดควบคุมอีกด้วย การใช้โอโซนน่าจะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษาของลิ้นจี่ได้

วิธีการทดลอง

นำผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ ซึ่งเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม 2544 มาจากสวนเกษตรกร อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ ภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง ทำการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยทำการตัดขนาดผลลิ้นจี่สดที่แก่จัด ให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ใช้ผลที่มีสีแดงตั้งแต่ 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป มีสภาพสดไม่มีรอยช้ำ ดำหนิจากโรคแมลง และตำหนิอื่นๆ ตัดก้านออกให้เหลือประมาณ 5 มิลลิเมตร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) มี 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 324 ผล จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผลลิ้นจี่ 108 ผล วิธีการวิจัย ปลอ่ยก๊าซโอโซนระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ต่อน้ำ 10 ลิตร ที่ปรับ pH เท่ากับ 3 ด้วยกรดแลกติก แล้วแช่ผลลิ้นจี่

นานตามแต่ละกรรมวิธี ดังต่อไปนี้ คือ กรรมวิธีที่ 1 รมด้วยโอโซนนาน 0 นาที (ชุดควบคุม), กรรมวิธีที่ 2 รมด้วยโอโซนนาน 30 นาที, กรรมวิธีที่ 3 รมด้วยโอโซนนาน 45 นาที, กรรมวิธีที่ 4 รมด้วยโอโซนนาน 60 นาที ตามลำดับ เมื่อครบกำหนดเวลา นำผลลิ้นจี่ในแต่ละกรรมวิธีไปผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นแบ่งใส่ถุงพลาสติก polyethylene (PE) ขนาด 9x11 นิ้ว ที่เจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วรัดปากถุงด้วยยางรัดให้แน่น เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การบันทึกผลการทดลอง ทุก 4 วัน โดยใช้ผลลิ้นจี่ชำละ 9 ผล จำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 กรรมวิธี เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงดังนี้ อายุการเก็บรักษา (เมื่อชุดทดลองใดมีการเน่าเสียเฉลี่ยตั้งแต่ 55 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา), การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรต, ปริมาณแอนโรไซยานิน), การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (การสูญเสียน้ำหนักสด, ความแน่นเนื้อ, การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของส่วนเนื้อเปลือกและเมล็ด)

จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเปลือกผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน โดยการทำ microtome section ของเปลือกผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ที่ระยะเวลา 30, 45, 60 นาที ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเปลือกผลลิ้นจี่ที่ไม่ได้ผ่านการรมก๊าซโอโซน (ชุดควบคุม) แล้วทำการบันทึกผลการทดลองโดยตรวจสอบสภาพเซลล์เปรียบเทียบกับเปลือกผลลิ้นจี่ที่รมด้วยก๊าซโอโซนกับไม่ได้รมก๊าซ

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการกำหนดระยะเวลาของการเก็บรักษาผลลิ้นจี่สิ้นสุดเมื่อมีการเน่าเสียของผลลิ้นจี่ตั้งแต่ 55 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ผลลิ้นจี่ที่ทำการเก็บรักษาไว้เริ่มแสดงอาการเน่าเสียโดยเกิดจุดนิ่มและการเน่าและบนเนื้อผล พบว่า ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน 45 และ 60 นาที มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน โดยมีการเน่าเสียเฉลี่ย 50.00 และ 54.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และผลลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนและรมก๊าซโอโซน 30 นาที มีอายุการเก็บรักษา 24 วัน เนื่องจากในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาผลลิ้นจี่มีการเน่าเสีย 70.83 และ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อระยะเวลาในการรมก๊าซโอโซนเพิ่มขึ้นการเน่าเสียน้อยลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ จึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยเข้าไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับหุตาและคณะ (2541) ที่ได้กล่าวไว้ว่า โอโซนสามารถกำจัดและทำลายเชื้อโรค รวมทั้งเชื้อรา ไวรัส แบคทีเรีย ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ การเน่าเสียของผลลิ้นจี่จึงลดลงเมื่อรมก๊าซโอโซนระยะเวลานานขึ้น เช่นเดียวกับงานทดลองของ Pe'rez *et al.* (1999) พบว่า การเก็บรักษาผลสตอเบอร์รี่ที่อุณหภูมิ 2 °C ในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซโอโซนเข้มข้น 0.35 สดล นาน 3 วันแล้วย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 °C หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วันผลสตอเบอร์รี่ที่ผ่านสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซโอโซนสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราและลดการเน่าเสียของผลได้

Table 1 Fruit rot of lychee fruit cv. 'Chakapat' stored at 10 °C after treated with O₃ (100 mg/hr) for 30,45 and 60 minutes.

treatments	fruit rot (%)				
	days after storage				
	12	16	20	24	28
O ₃ 0 minute (control)	0.00	8.33	16.67	29.17	70.83*
O ₃ 30 minute	0.00	4.17	8.33	20.83	83.33*
O ₃ 45 minute	0.00	4.17	4.17	16.67	50.00
O ₃ 60 minute	0.00	4.17	4.17	12.50	54.17
LSD _{0.05}	-	ns	ns	ns	ns
%CV	-	85.41	73.20	58.91	35.96

NS = not significant

* = end of storage

จากการวัดปริมาณ TSS, TA และความแน่นเนื้อของผลลิ้นจี่ในช่วงระยะเวลาต่างๆ พบว่าระยะเวลาในการรมก๊าซโอโซนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS, TA และความแน่นเนื้อของผลลิ้นจี่ ซึ่งปริมาณ TSS มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18.57-16.49 องศาบริกซ์ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา ปริมาณ TA มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยก่อนการเก็บรักษาผลลิ้นจี่มีปริมาณ TA อยู่ระหว่าง 0.74-0.87 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน ปริมาณ TA อยู่ระหว่าง 0.51-0.76 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ในแต่ละกรรมวิธี และความแน่นเนื้อของผลลิ้นจี่ที่เก็บรักษาไว้ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยก่อนการเก็บรักษาผลลิ้นจี่มีค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง

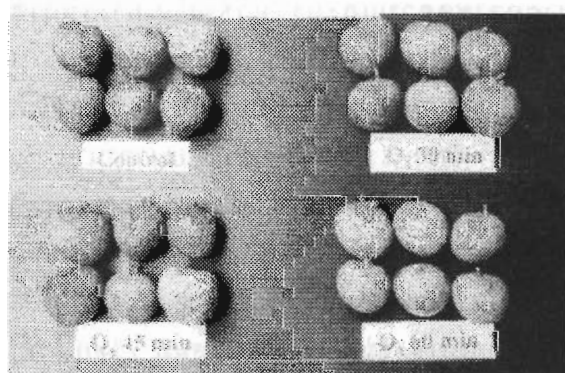
0.60-0.70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน ความแน่นเนื้อของผลอยู่ระหว่าง 0.51-0.54 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรม/ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซน พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยก่อนการเก็บรักษามีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ระหว่าง 28.92-37.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22.71-30.69 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ในทุกกรรมวิธี ซึ่งการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานิน น่าจะเกิดจากการเสื่อมสภาพโครงสร้างของรงควัตถุแอนโทไซยานิน เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ในกลุ่ม oxidoreductase เช่น

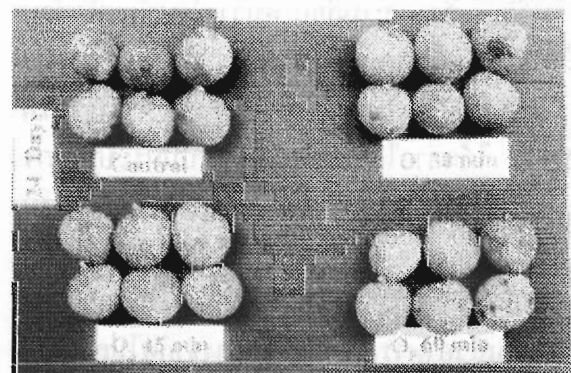
เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Underhill, 1992)

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพด้านสีเปลือกของผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซน พบว่าค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยค่า L^* ก่อนเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36.73-40.96 และเมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36.88-39.19 ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่มีแนวโน้มลดลงเช่นกันเมื่อเทียบกับก่อนการเก็บ

รักษา การประเมินการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลิ้นจี่ด้วยสายตาพบว่า เปลือกผลมีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 1) ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกผลลิ้นจี่น่าจะเนื่องมาจากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ภายหลังการเก็บเกี่ยวความเข้มข้นของแอนโทไซยานินบริเวณเปลือกผลลิ้นจี่จะลดลงอย่างช้าๆ จากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินและก่อให้เกิดสารประกอบฟีนอลที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล (Zhang *et al.*, 2000)



0 day



24 days

Figure 1 Lychee fruits after exposed to ozone at the concentrations of 100 mg/hr for 0 (control), 30, 45 or 60 minutes then stored at 10 °C for 0 and 24 days.

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผลลิ้นจี่ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ผลลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซน (O_3 0 นาที, ชุดควบคุม) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.92 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) รองลงมาได้แก่ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน 45, 30 และ 60 นาที โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเฉลี่ยเป็น 1.21, 0.96 และ 0.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) เช่นเดียวกันกับในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผลลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมากที่สุด รองลงมาคือ ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน 45, 30 และ 60 นาที มีค่าเฉลี่ยคือ 4.19, 2.79, 2.54 และ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) แต่เมื่อทำการเก็บรักษาไว้นาน 24 วันมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดอยู่ระหว่าง 5.83-2.68

เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลลึ้นจีที่ไม่ได้รับโอโซน มีแนวโน้มที่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด ผลลึ้นจีในทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น . ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำหนักผลลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากหลังการเก็บเกี่ยว ผลลึ้นจียังคงมีชีวิตอยู่ กระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาและชีวเคมียังคงดำเนินอยู่เช่นเดียวกับผลที่ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว มีการคายน้ำหรือการสูญเสียน้ำ และการสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (สายชล, 2528) จึงเป็นผลทำให้น้ำหนักผลลดลง

สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผลลึ้นจีส่วนเนื้อ เมล็ด และเปลือก พบว่า น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากผลลึ้นจีภายหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจอยู่ ซึ่งจริงแท้ (2541) ได้กล่าวไว้ว่า การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่พลังงานซึ่งอยู่ในรูปของอาหารสะสม เช่น น้ำตาล แป้ง หรือไขมัน ถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของพลังงานในการหายใจ สำหรับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วอาหารสะสมมีอยู่อย่างจำกัดไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้อีก เมื่ออาหารสะสมถูกใช้ไปเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของส่วนเนื้อลึ้นจีจึงลดลง ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเมล็ดและเปลือกผลลึ้นจีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยส่วนเมล็ดเนื่องจากเมล็ดยังคงมีการเจริญเติบโต(ขึ้นหัว) และการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยส่วนเปลือก เนื่องมาจากเปลือกผลลึ้นจีมีลักษณะฉ่ำน้ำและมีการสูญเสียน้ำขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมื่อน้ำไปอบแห้งจึงเป็นผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเปลือกเพิ่มขึ้น

จากการทำตัวอย่าง microtome section ของเปลือกผลลึ้นจีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มก./ชม. ระยะเวลา 30, 45 และ 60 นาที และเปลือกผลลึ้นจีที่ไม่ผ่านการรมก๊าซ

โอโซน(ชุดควบคุม) เมื่อนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขนาดกำลังขยาย 400 เท่า พบว่าก่อนการเก็บรักษา ผลลึ้นจีในชุดควบคุมและกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 30 นาที ในชั้นผิว (exocarp) อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับผลลึ้นจีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 45 และ 60 นาที ซึ่งเซลล์ในชั้นผิวดังกล่าวมากขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 2) เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เพียงเล็กน้อย แต่ลักษณะการแตกย่อยและลักษณะของเซลล์ยังคงพบในกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 45 และ 60 นาที มากกว่าชุดควบคุมและกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 30 นาที ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมากนักภายหลังการเก็บรักษานาน 28 วัน เปลือกผลลึ้นจีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนระยะเวลานาน 45 และ 60 นาที จะมีลักษณะของเซลล์ที่แตกย่อยและลักษณะมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นตัวออกซิไดซ์ของก๊าซโอโซน และคุณสมบัติในการฟอกสีของก๊าซ (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) จึงทำให้ความแข็งแรงของผนังเซลล์ของเปลือกผลลึ้นจีลดลง เช่นเดียวกับการทดลองของ สิริริยา (2545) ซึ่งทำ microtome section ในเปลือกผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 100 มก./ชม ระยะเวลา 0, 30, 60 และ 90 นาที พบว่า ผลที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน 0 นาที (ชุดควบคุม) มีสภาพของเซลล์ที่สมบูรณ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 30 และ 60 นาที ตามลำดับ ในขณะที่ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 90 นาที มีลักษณะของเซลล์ที่ยุบมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก๊าซโอโซนมีผลต่อสภาพเซลล์ของเปลือกผลลึ้นจี เมื่อรมในระยะเวลา 30 นาทีขึ้นไป น่าจะทำให้เซลล์มีความอ่อนแอมากขึ้นเช่นกัน

Table 2 Weight loss of lychee fruit cv. 'Chakapat' stored at 10° C after treated with O₃ (100 mg/hr) for 30, 45 and 60 minute.

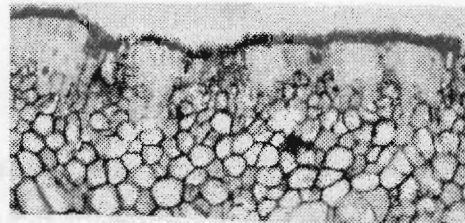
teatments	weight loss (%)							
	days of storage							
	0	4	8	12	16	20	24	28
O ₃ 0 minute (control)	0.00	1.92a	2.19	4.92	4.19a	4.98	5.83	-
O ₃ 30 minute	0.00	0.96b	2.47	1.84	2.54b	2.65	4.40	-
O ₃ 45 minute	0.00	1.21b	3.27	3.63	2.79ab	3.88	6.42	7.47
O ₃ 60 minute	0.00	0.68b	1.81	2.16	1.77b	3.49	2.68	3.96
LSD _{0.05}	-	0.59	ns	ns	1.34	ns	ns	-
%CV	-	30.37	50.87	40.60	29.02	24.95	35.01	-

a, b means followed with the same latter did not significant difference at $\alpha = 0.05$ by lsd.

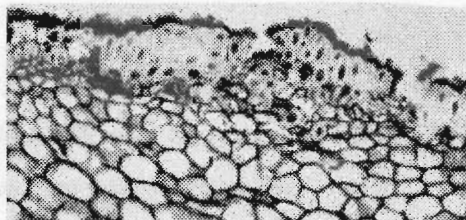
ns = not significant



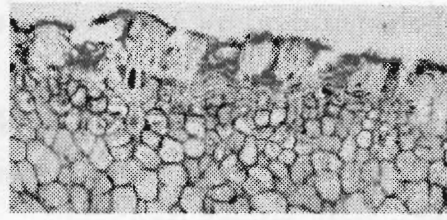
O₃ 0 min.



O₃ 30 min.



O₃ 45 min.



O₃ 60 min.

Figure 2 Microtome section of lychee pericarp from untreated and ozone treated fruit before storage.

สรุปผลการทดลอง

โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ที่ระยะเวลาในการรมผลลิ้นจี่นาน 45 และ 60 นาที สามารถเก็บรักษาผลลิ้นจี่ไว้ได้นาน 28 วัน โดยไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณแอนโทไซยานิน ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ค่าสีผิว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อ เมล็ด และเปลือก

ในการทำ microtome section ของเปลือกผลลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซน(ชุดควบคุม) และผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน 30 นาที มีสภาพของเซลล์ที่สมบูรณ์มากที่สุด ส่วนผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ระยะเวลานาน 45 และ 60 นาที เซลล์มีสภาพที่แตกย่อย

เอกสารอ้างอิง

จรัส แก้วศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 396 น.

ชมภูศักดิ์ พูลเกษม. 2540. การใช้โอโซนทางการแพทย์และสิ่งแวดล้อม. บริษัท ไบรท์ เอนเทค มาร์เก็ตติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 134 น.

ชมภูศักดิ์ พูลเกษม และเทพนม เมืองแมน. 2540. การใช้โอโซนทางการแพทย์ และสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์เดือนตุลาคม, กรุงเทพฯ. 136 น.

ชูลา ศรีสุคนธ์, ไชยฤทธิ์ สถาปนาวุฒิ และสังสิทธิ์ ศรีสุคนธ์. 2541. การทำให้อายุยืนยาวและมีความสุขโดยวิธีธรรมชาติบำบัด ภาคหนึ่ง "โอโซน". สำนักพิมพ์เดือนตุลา, กรุงเทพฯ. 103 น.

สายชล เกดษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ. 364 น.

สิริริยา เรืองยุทธการณ. 2545. ผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลำไย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 176 น.

Chiam, L.L. and K.P. Robert. 1994. Effect of ozone and storage temperature on postharvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). J.Amer.Soc.Hort.Sci. 119(3):563-567.

Pe'rez, A. G., C. Sanz, J. J. Ri'os, R. Oli'as and J. M. Oli'as. 1999. Effect of ozone treatment on postharvest strawberry quality. J. Agri. Food Chem. 47(5):1652-1656

Sarig, P., T. Zahavi, Y. Zutkhi, S. Yanni, N. Lisker and R. Ben-Arie. 1996. Ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. Physiological and Molecular Plant Pathology 48:403-415.

Underhill, S.J.R. 1992. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) with emphasis on colour retention. Trop. Sci. 32: 305-312.

Zhang, D., C. Q. Peter, and M.G. John. 2000. Changes in pheolic compounds in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. J. Postharvest Biol. Technol. 19:165-172.

***Arthrobotrys* sp.: Biology, Ecology
and Biological Control Potential in Northern Thailand.**

Pamorntip Aksornong^{1/}

Abstract: Numerous soil samples were collected from various crops grown plots located in the two main Royal Development Centre namely Khun Wang and Khae Noi under the Royal Project Foundation, Chiangmai Province. Nematophagous fungus was isolated by scattering 3ml soil onto water agar (WA) and baiting the 9cm diam. Petri-dish with 1 ml surface sterilized nematode suspension. After 24 h, the hyphae grown unidirection from soil, within 48 h the nematode e.g. *Rhabditis* sp. and *Meloidogyne javanica* juveniles were trapped by adhesive network. Seventy-two hours later the mycelium fully grown inside the nematode body. Some network was observed to trap the nematode time and again. After inoculating nematodes for 3 days, conidiophore and conidia were observed and 11 isolates were considered resembling to *Arthrobotrys oligospora* Fresenius. Comparison of radial growth ability on different culture media by isolate KN 01, which found less network traps, showed that media which soybean, mungbean, and brown rice used as ingredient mixed with dextrose agar provide good radial growth rates and showed equal hyphal density as compare to those cultured on corn meal agar (CMA).

Index words: Nematophagous fungus, *Arthrobotrys oligospora* Fresenius, soybean dextrose agar, corn meal agar (CMA).

^{1/} Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

INTRODUCTION

The most common fungus act as natural enemies of nematode that have been isolated from field soils named *Arthrobotrys oligospora* Fresenius (Linford,1937). Information on fungus–nematode interaction are more limited until Duddington (1957), Boosalis and Mankau (1965), and Pramer (1965) had confirmed that some nematophagous fungi attack their prey by means of various trapping organelles while others are endozoic parasites. Numerous experiments have been done with the nematode–trapping fungi (Stirling, 1991) and some examples where a preparation containing these fungi is widely used for biological control purposes. In Thailand, a few literature have been published for a useful information on a diverse range of these fungal species in soil and there have been only few attempts to compare the performance of isolates. It is therefore the process used, the screening procedure, the trapping activity on agar and in soil should be investigated in details for providing a more realistic indication of biological control potential.

MATERIALS AND METHODS

Isolation

Soil sample collected from chrysanthemum (*Chrysanthemum hortorum* Hort.), tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), chinese kale (*Brassica oleracea* L.) and gerbera (*Gerbera jamesonii* Hork.) plots. the soils were observed

heavy infested with a root – knot nematodes (*Meloidogyne javanica* Treub,1855 Chitwood,1949). These plots located at Khun Wang Development Centre, 1200 m above sea level. The others Development Centre named Khae Noi, 1010 m above sea level, soils were obtained from various plots grown with artichoke(*Cynara scolymus* L.). Randomly collected of 300 ml soil from each sample, then it was extracting for nematodes by modified Cobb's sieving and Baermann's funnel method and 3 ml of each soil sample was kept for fungal isolation. Nematodes were surface sterilized in 0.1% (W/V) NaOCl solution for 1 min and to 0.5% (W/V) streptomycin sulphate for 1 min then washed three times in sterile water. Nematophagous fungus was isolated by scattering 3 ml soil onto water agar (WA) and baiting the 9 cm diam plate with 1 ml surface sterilized nematode suspension. All plates were examined for fungal radial growth, trapped and inactive network over a period of 2 weeks. The pure isolate was recovered by transferring conidia to potato dextrose agar (PDA) by single spore method.

Radial growth comparison in different culture media

Seven replicate 9 cm diam Petri-dishes containing 10 ml of each of eleven different media prepared from corn (*Zea may* L.), glutinous rice seed (*Oryza sativa* L.), brown rice (*Oryza sativa* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.), black bean (*Vigna sinensis* Saviex), and

soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), potato dextrose agar (PDA), potato carrot agar (PCA) and corn meal agar (CMA) were inoculated with a 5 mm diam disc of isolate KN 01, which observed less network traps, taken from the edge of growing colonies. The fungal disc was placed upside down in the centre of particular Petri-dishes and incubated at 25–27 °C. Once the fungus had grown onto the agar, the dish was marked at the advancing edge of the colony. This process was recorded every day until the mycelium reach the rim of 9 cm diam petri-dish. The hyphal density and conidia size were also evaluated.

RESULTS

By the scattering method, agar surface was so cleaned and easily to investigate any event occurred onto. The hyphae were observed grown unidirection from soil of all plates within 24 h after inoculation. Fungus from chrysanthemum plot produced large numbers of trap (adhesive network) and captured *Meloidogyne javanica* juvenile (J2) (Figure1) within 48 h after inoculation. A large size free-living

nematode, *Rhabditis* sp., was found double trapped by this fungus derived from tomato plots (Figure 2). There was a few traps from gerbera site but still showed the effectiveness of the trap (Figure 3). In chinese kale plot, three conventional loops trapped nematode was also discovered (Figure 4). After 3 days of inoculation nematodes, conidiophore bearing conidia was observed from mycelium (Figure 5). The modified single spore method was used by means of capillary tube tip touched the conidium then transferred to PDA plates (in vitro). Four PDA plates were kept for pure culture isolation.

Seven isolates of nematode trapping fungi, at Khae Noi Centre, derived from artichoke plots. Each isolate produced few trap and showed inert activity compare to those from Khun Wang Centre (Figure 6). For example, isolate KN 02 allowed the prey passed about half a body length then trapped (Figure7) and only isolate KN 05 showed abundant traps (Figure8). Isolate KN 06 performed a high capability by trapping a new prey (see a corpse of the last below, Figure 9). The fungus was considered resembling to *Arthrobotrys oligospora* Fresenius with prominent denticle on conidiophore (Figure10).

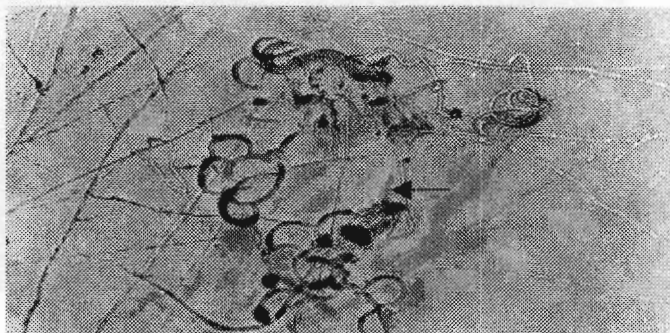


Figure 1 *Meloidogyne javanica* (Treub,1885 Chitwood,1949) J2 juveniles (arrow) were trapped by adhesive network of *Arthrobotrys oligospora* Fres.



Figure 2 Free-living nematodes, *Rhabditis* sp., was double trapped by *Arthrobotrys oligospora* Fres. network at basal bulb of esophagus and about middle of body length.



Figure 3 A few trap but high capability of capturing a prey by *Arthrobotrys oligospora* Fres. from gerbera site.

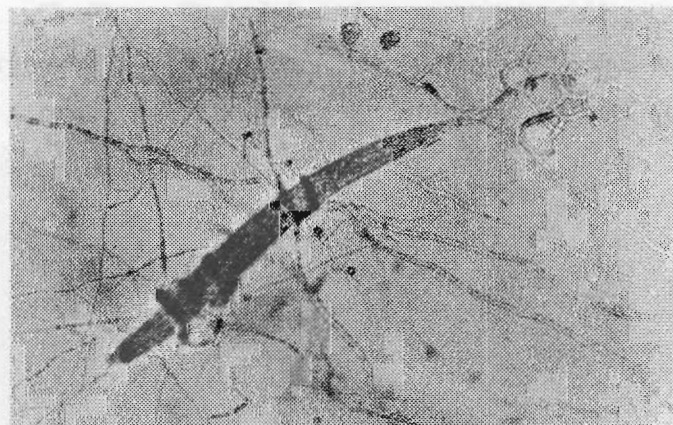


Figure 4 In chinese kale plot, a large size nematode was captured firmly. by three sets of *Arthrobotrys oligospora* Fres. loops.

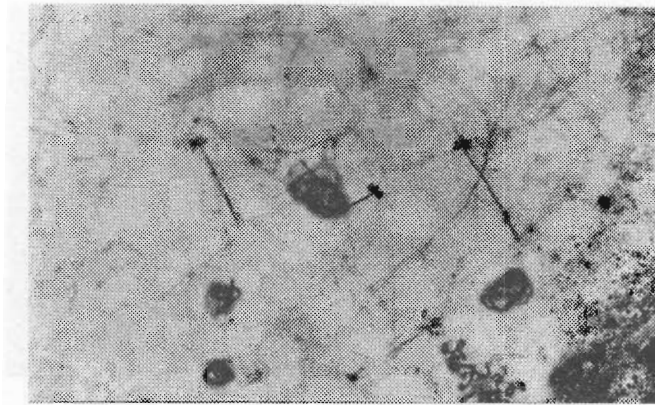


Figure 5 Conidiophore bearing conidia was observed within 3 days after nematode inoculation.

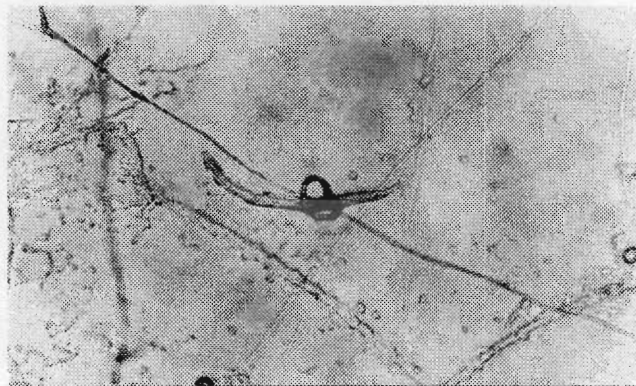


Figure 6 Active adhesive network trapped a prey about basal part of esophagus.

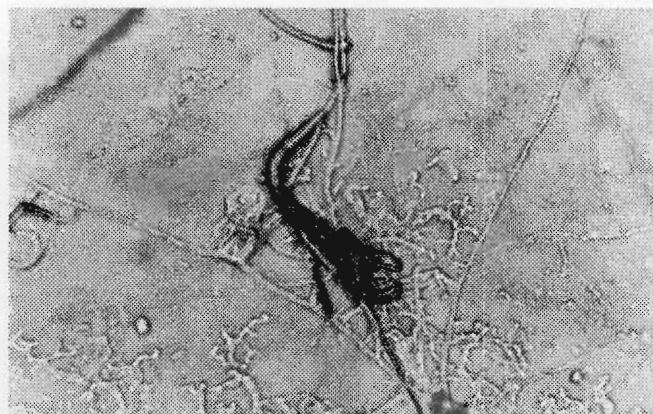


Figure 7 An inactive network captured nematode about posterior part instead of anterior part of the body.

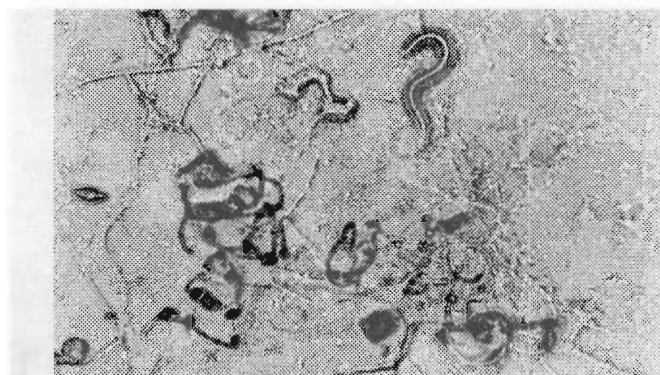


Figure 8 A cluster of *Arthrobotrys oligospora* Fres. network from isolate KN 05.



Figure 9 *Arthrobotrys oligospora* Fres. loop re-trapped a new living nematode while a corpse of the last still located below.



Figure 10 A prominent denticle (arrow) on conidiophore is only prominent evident to verify this fungus as *Arthrobotrys oligospora* Fres.

DISCUSSION

The aim of this study is to find out the proper biological control agents in relation to its efficacy in controlling the nematodes such as root knot species (*Meloidogyne* sp.) or kidney (*Rotylenchulus reniformis*) nematodes and/or another serious plant-parasitic nematode species which had found caused a tremendous damages to various crops grown in the vicinity of 34 Development Centres under the Royal Project Foundation. It is necessary to understand the biology including identification, ecology and the method for screening its potential in capturing nematodes. The present experiment revealed that soybean, mungbean and brown rice can be used as essential component, with low price and gain a good mycelial density, compare to corn meal from abroad, However, the fungus *Arthrobotrys oligospora* Fres. was selected because its abundance and ease to study in the laboratory, further more, soils still harbor numerous component of microfauna which have potential as biocontrol agents. Additional studies on other high potencial nematophagous fungi are required.

I thank Prof. Dr. Suebsak Sontirat and Assoc. Prof. Dr. Nuchnart Jonglaekha for discussions and critical reading of this manuscript. The financial support for this research work funded by the Royal Project Foundation is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Belder, E. den., and E. Jansen. 1994. Capture of plant-parasitic nematodes by an adhesive hyphae forming isolate of *Arthrobotrys oligospora* and some other nematode-trapping fungi. *Nematologica* 40 : 423-437.
- Boosalis, M.E. and R.M. Mankau. 1965. Parasitism and predation of soil microorganisms. P. 374-391. In K.Baker and N.C. Synder (ed.), *Ecology of soil and plant pathogens*. California Univ. Press., Berkeley, CA.
- Duddington, C.L. 1957. *The friendly fungi*. Faber and Faber, London. 188 p.
- Galper, S., L.M. Eden., G.R. Stirling and L.J. Smith. 1995. Simple screening methods for assessing the predacious activity of nematodes-trapping fungi. *Nematologica* 41 : 130-140.
- Linford, M.B. 1937. Stimulated activity of natural enemies of nematodes. *Science* 85 : 123-124.
- Pramer, D. 1965. Symposium on microbial antibiotics. III. Fungal parasites of insects and nematodes. *Bacteriol. Rev.* 29 : 287-382.
- Reyes, T.T. and R.G. Davide. 1975. *Fungi for biological control of plant parasitic nematodes*. College of Agriculture, U.P. at Los Baños, the Philippines. 52 p.
- Sopruncov, F.F. and Y.Y. Tendetnik, 1961. Data on the practical use of predacious fungi for the control of some eelworm diseases. *Rev. Appl. Mycol.* 40 : 454.

ตัวชี้วัดการใช้ทรัพยากรที่ดินอย่างยั่งยืนของระบบเกษตรที่สูง

Indicators of Sustainable Land Resource Use in Highland Agricultural Systems

เบญจพรณ เอกะสิงห์^{1/} เมธิ เอกะสิงห์^{2/} และ ธันยา พรหมบุรมย์^{3/}

Benchaphun Ekasingh^{1/}, Methi Ekasingh^{2/} and Thanya Promburom^{3/}

Abstract : Many farmers in the highland agricultural systems have their farm land in high slopes which can cause negative environmental impact. This study has as its objective to assess the sustainability of resource use in the highland agricultural systems using farmers' responses. Answers from farmers were used to construct simple indicators of conservation measures and environmental risk. Farmers' practices were scored and indexed without weighting. Study areas were within four of the Royal Highland Development Projects, namely Ang Khang, Mae Hae, Nong Hoi in Chiang Mai and Prabat Huaytom in Lamphun. 256 farm households were surveyed being stratified by farm sizes and membership of the Royal Projects. It was found that values of these indicators varied by site. In Nong Hoi, environmental risk indicator was found the highest i.e. 0.61. In Mae Hae, Ang Khang and Prabat Huaytom, this value was 0.55, 0.41 and 0.28 respectively. Nevertheless, these farmers were responding to the environmental risk they faced by adopting conservation measures. In Nong Hoi, where environmental risk was found to be greatest, the value of conservation measures was also highest at 0.57. Farmers in this site adopted soil and water

^{1/} ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

^{2/} ภาควิชาปฐพีศาสตร์ และ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

^{3/} ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Agricultural Economics , and Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

^{2/} Department of Soil Science, and Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

^{3/} Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

conservation measures such as terraces, drainage ditches, contour bunds, planting across slope and fallowing. There were also reportedly good uses of mulching and crop residues in their plots. Indicators of conservation measures in Mae Hae, Ang Khang were valued at 0.52 and 0.40 respectively. As for Prabat Huaytom where environmental risk were found the lowest, the conservation indicator was also the lowest at 0.23.

When this kind of approach and measurement is also made in other highland areas, one can compare results across sites. Areas where attention is needed for sustainable natural resource use can be identified. Besides, more studies should be conducted to value indicators reflecting biophysical aspects of environmental changes.

บทคัดย่อ: เนื่องจากพื้นที่ทำกินของเกษตรกรส่วนใหญ่บนระบบเกษตรที่สูงมีลักษณะลาดชันซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินความยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรที่ดินของระบบเกษตรที่สูงโดยใช้ข้อมูลจากการสอบถามครัวเรือนเกษตรกร ได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์และความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย โดยมีการให้คะแนนการปฏิบัติในการเกษตรแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าตัวชี้วัดแบบไม่มีการถ่วงน้ำหนัก พื้นที่ศึกษาอยู่ในขอบเขตความรับผิดชอบศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 4 แห่ง คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ และ หนองหอย ในจังหวัดเชียงใหม่ และ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม ในจังหวัดลำพูน เก็บข้อมูลจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 256 ครัวเรือน โดยมีการสุ่มตัวอย่างตามฐานะและสถานภาพการเป็นสมาชิกของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ผลจากการศึกษาพบว่า แต่ละศูนย์ฯ/สถานีฯ จะมีค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมและตัวชี้วัดการอนุรักษ์/ฟื้นฟูดินและน้ำ ในระดับที่แตกต่างกัน ที่ศูนย์ฯ หนองหอย มีค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เท่ากับ 0.61 รองลงมาคือ ที่ศูนย์ฯ แม่แฮ อ่างขาง และพระบาทห้วยต้มซึ่งมีค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงนี้เท่ากับ 0.55 0.41 0.28 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในศูนย์ฯ/สถานีฯ ต่างๆ ก็ได้มีการตอบสนองต่อสภาพความเสี่ยงดังกล่าว โดยการปฏิบัติเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า ในศูนย์ฯ หนองหอย ซึ่งมีค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมสูง ก็มีค่าตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์ที่สูงที่สุดเช่นกันคือ เท่ากับ 0.57 เกษตรกรในศูนย์ฯ นี้ มีวิธีปฏิบัติในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยมีการทำขั้นบันได ทำร่องระบายน้ำ คันดิน ปลูกริมตามแนวขวาง มีการพักพื้นที่บางปี มีการใช้เกลบและเศษเหลือของพืช และมีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเป็นต้น รองลงมาคือ ที่ศูนย์ฯ แม่แฮ และ สถานีฯ อ่างขาง โดยมีค่าตัวชี้วัดด้านการอนุรักษ์เท่ากับ 0.52 และ 0.40 ตามลำดับ ส่วนที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม ซึ่งมีค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสุดก็มีค่าตัวชี้วัดการอนุรักษ์ดินและน้ำต่ำสุดเช่นกัน คือเท่ากับ 0.23 ถ้ามีการศึกษาในลักษณะนี้ในพื้นที่สูงอื่นๆ ก็จะทำให้สามารถเปรียบเทียบพื้นที่ต่างๆ และหาจุดที่ต้องปรับปรุงเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติให้มีความยั่งยืนขึ้น นอกจากนั้นควรจะมีการศึกษาประเด็นความยั่งยืนโดยการวัดตัวแปรด้านกายภาพและชีวภาพเพิ่มเติมด้วย

Index words: ความยั่งยืน การใช้ทรัพยากรที่ดิน ระบบเกษตรที่สูง

sustainability, land use, highland agriculture

คำนำ

มูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินการพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนบนที่สูงอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน โดยมีขอบเขตความรับผิดชอบเป็นลุ่มน้ำย่อยจำนวน 36 ลุ่มน้ำ และดำเนินการพัฒนาโดยอาศัยศูนย์พัฒนาและสถานีโครงการหลวงที่ตั้งขึ้นมาในเขตลุ่มน้ำย่อยดังกล่าวและกระจายอยู่ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และลำพูน ทั้งนี้ลักษณะพื้นที่ทำกินของเกษตรกรส่วนใหญ่จะมีลักษณะลาดชันซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ในระดับที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนการผลิตและการตลาดที่นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนให้สอดคล้องกับทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่

งานวิจัยนี้ ได้มีการสอบถามข้อมูลจากเกษตรกรถึงการปฏิบัติในการเกษตรที่สามารถใช้ประเมินความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมได้บางส่วน และได้้นำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์ และตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลจากการวิจัย สามารถเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนนโยบายและให้คำตอบบางส่วนได้กับประเด็นคำถามเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่ศึกษา

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินงานวิจัยในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 4 แห่งคือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ในจังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์

พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม ในจังหวัดลำพูน เก็บข้อมูลโดยสำรวจ การสำรวจแบบกึ่งโครงสร้างและสำรวจอย่างเป็นทางการโดยใช้แบบสอบถาม ในปี พ.ศ. 2543 ตัวอย่างสำหรับสำรวจอย่างเป็นทางการมีทั้งหมด 256 ครัวเรือน โดยมีการสุ่มทั้งเกษตรกรที่เป็นสมาชิกและไม่เป็นสมาชิกโครงการหลวงและมีการสุ่มเกษตรกรโดยแยกตามฐานะแบ่งเป็น รวย ปานกลาง และ จน งานวิจัยในครั้งนี้ได้สอบถามเกษตรกรถึงการปฏิบัติในการเกษตรที่สามารถใช้ประเมินความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมได้บางส่วนและได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์ และตัวชี้วัดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมดังนี้ คือ

1. ตัวชี้วัดด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ

(Conservation indicator)

เกษตรกรแต่ละราย ทั้ง 12 ด้าน เกี่ยวกับการปฏิบัติด้านการใช้ทรัพยากรที่ดินแบบอนุรักษ์ในพื้นที่ทำกิน คือ 1) การปลูกพืชหมุนเวียน 2) การพักพื้นที่ทำกิน 3) การใช้ปุ๋ยหมักในพื้นที่ 4) การใช้ปุ๋ยคอกในพื้นที่ 5) การใช้เศษเหลือของพืชในแปลง 6) การปลูกพืชตระกูลถั่ว 7) การไถพรวน 8) การปลูกพืชขวางแนวลาดชัน 9) การทำคันดิน 10) การทำขั้นบันได 11) การทำร่องระบายน้ำ และ 12) การปลูกหญ้าแฝก สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาสรุปหา ค่าตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์(Conservation indicator) ได้โดยให้คะแนนการปฏิบัติของเกษตรกรในแต่ละด้านเป็น 0 และ 1 และในแต่ละด้านจะให้น้ำหนักเท่ากันซึ่งถ้าเกษตรกรมีการปฏิบัติก็จะให้คะแนนเท่ากับ 1 แต่ถ้าไม่มีการปฏิบัติก็จะให้เท่ากับ 0 หลังจากนั้นก็นำคะแนนแต่ละด้านมารวมกัน และทำให้เป็นค่าซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 โดยคำนวณจากสูตร

$$CI = L_x - L_{\min} / L_{\max} - L_{\min}$$

โดย ; L_x = ค่าคะแนนรวมทั้งหมดของเกษตรกรผู้นั้นหรือหมวดนั้น

$L_{\min}$ = ค่าคะแนนต่ำสุดของกลุ่ม $L_{\max}$ = ค่าคะแนนสูงสุดกลุ่ม

2. ตัวชี้วัดด้านความเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม (Environmental risk indicator หรือ ERI)

ในขณะเดียวกันก็สามารถหาตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Risk Indicator หรือ ERI) โดยรวมเอาข้อมูลที่ได้จากการสอบถามจากครัวเรือนเกษตรกรแต่ละรายในพื้นที่ทำกิน ทั้ง 11 ด้านคือ 1) การเกิดที่ดินชะเป็นร่องหรือเป็นรูล 2) การเกิดดินถล่มในพื้นที่ปลูก 3) ที่ดินทำกินที่มีความลาดชันมาก (slope >30%) 4) การประสพภาวะความเสี่ยงต่อฝนแล้ง 5) การประสพภาวะความเสี่ยงต่อน้ำท่วมขังในแปลง 6) การมีแนวโน้มการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้น 7) การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในที่ดินทำกิน 8) การใช้สารเคมีกำจัดโรคพืชในที่ดินทำกิน 9) การใช้สารเคมีกำจัดแมลงในที่ดินทำกิน 10) การได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมี และ 11) การมีแนวโน้มในการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น หลังจากนั้นก็ให้มีการให้คะแนนเช่นเดียวกับ ค่า CI โดยมีการคำนวณค่าโดยทำให้คะแนนมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยคำนวณจากสูตร

$$ERI = L_x - L_{\min} / L_{\max} - L_{\min}$$

โดย ; L_x = ค่าคะแนนรวมทั้งหมดของเกษตรกรผู้นั้นหรือหมวดนั้น

$L_{\min}$ = ค่าคะแนนต่ำสุดของกลุ่ม $L_{\max}$ = ค่าคะแนนสูงสุดกลุ่ม

บททวนวรรณกรรม

งานศึกษาด้านตัวชี้วัดความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและระบบการเกษตรนั้น เริ่มมีมาตั้งแต่กลางทศวรรษที่ 1990 เมื่อมีความตื่นตัวเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ตัวชี้วัดเป็นจำนวนมากจะเป็นตัวชี้วัดที่ต้องเก็บข้อมูล และ ตัวแปรที่ต้องมีการวัดในเชิงวิทยาศาสตร์ และทางกายภาพชีวภาพ (Azar, Holmberg and Lindgren, 1996) หรือบางทีก็เป็นตัวชี้วัดความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระดับโลกหรือประเทศ ดังนี้ คือ

Lefroy, et al. (2000) เปรียบเทียบการจัดการที่ดินอย่างยั่งยืนใน 3 ประเทศคือ ไทย เวียดนาม และ อินโดนีเซีย โดยวัดจากตัวชี้วัด 5 ด้าน คือ 1) ด้านผลิตภาพ ใช้ผลผลิตต่อหน่วยที่ดิน สีของดิน ความเค็มโตของพืช และ สีของใบ เป็นตัวชี้วัดด้านผลิตภาพ 2) ด้านความมั่นคง ใช้ปริมาณฝนเฉลี่ย การจัดการเศษเหลือของพืช ความถี่ของฝนแล้ง และ รายได้จากปศุสัตว์ 3) ด้านการอนุรักษ์ ตัวชี้วัดที่ใช้คือการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ความเข้มข้นในการปลูกพืช และ ระบบพืช 4) ด้านเสถียรภาพ (viability) ตัวชี้วัดที่ใช้คือ รายได้จากการเกษตร รายได้นอกฟาร์ม ความแตกต่างของราคาตลาดและราคาหน้าฟาร์ม การมีแรงงานในการเกษตร ขนาดของฟาร์ม สินเชื่อ และ สัดส่วนของผลผลิตที่ขายสู่ตลาด และ 5) ด้านการยอมรับ (acceptability) ตัวชี้วัดที่ใช้ มีการถือครองที่ดิน การมีบริการส่งเสริมเกษตร การมีโรงเรียน การมีศูนย์อนามัย การเข้าถึงปัจจัยการผลิต เงินอุดหนุน มาตรการอนุรักษ์ การฝึกอบรมในมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และ การมี

ถนนเชื่อมกับถนนใหญ่ จากนั้นก็มีการให้น้ำหนัก ความสำคัญของตัวชี้วัดเหล่านี้โดยเกษตรกร จากนั้นมีการสร้างเกณฑ์วัดความยั่งยืน เมื่อหมู่บ้าน ต่างๆ มีค่าที่สามารถสูงกว่าเกณฑ์แล้ว สามารถจัด ลำดับหมู่บ้านที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ที่อาจถือว่า ไม่ยั่งยืน และอาจมีปัญหาในภายหลัง

Masera, *et al.* (1999) วัดความยั่งยืนของ ระบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติออกเป็น 5 ด้าน ใหญ่ๆ คือ 1) ผลผลิตภาพ อาทิ ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน อัตราส่วนต้นทุนต่อ ผลประโยชน์ การลงทุน รายได้ หรือ ผลผลิตต่อ แรงงาน เป็นต้น 2) เสถียรภาพ (stability, resilience and reliability) เน้นการวัดความหลากหลายของ ชนิดพันธุ์พืช หรือกลุ่มชาติพันธุ์ที่เกี่ยวข้อง การ อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ความเสี่ยงด้านโรค เมาลง ผลผลิตและแนวโน้ม และคุณภาพชีวิต 3) ความสามารถปรับตัว (adaptability) เน้นกระบวนการ เรียนรู้ของเกษตรกรและความสามารถในการ ยอมรับสิ่งใหม่ และ ความเปลี่ยนแปลง 4) ความ เสมอภาค เน้นการกระจายผลประโยชน์ในกลุ่ม บุคคลที่เกี่ยวข้อง และการจ้างงาน และ 5) ความ สามารถพึ่งตนเอง (self-reliance or self empowerment) พิจารณาการมีส่วนร่วม การพึ่งตน เอง ความสามารถควบคุมทรัพยากรที่ต้องใช้ และ กระบวนการตัดสินใจและองค์กรที่เกี่ยวข้อง

Kammerbauer, *et al.* (2001) วัดการพัฒนา อย่างยั่งยืน 3 ด้าน ด้านแรกคือ ด้านระบบการผลิต ตัวชี้วัดคือ ความหลากหลายของพันธุ์และชนิดพืช พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต ดินที่มีอินทรีย์วัตถุ การมี สวนหลังบ้าน การมีทรัพยากรในป่าที่สามารถนำมา ใช้ได้ ฯลฯ ด้านที่สองคือประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ และสังคม ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องมี ราคาปัจจัยการผลิต ราคาผลผลิต ต้นทุนแรงงาน การใช้เทคโนโลยีใหม่ สถานะโภชนาการ และการมีการศึกษาอย่างต่ำใน

ระดับประถมศึกษา ด้านที่สามคือ สถาบัน ตัวชี้วัด มีการเข้าถึงกิจกรรมส่งเสริมเกษตร สิทธิด้านทรัพย์สิน ระบบการจัดการและสัญญาข้อตกลง การซื้อ ขายที่ดิน การมีสินเชื่อ การมีเงินออม การตลาด ฯลฯ

ผลการศึกษา

ลักษณะทางกายภาพและเศรษฐกิจสังคม

ความแตกต่างกันทั้งในด้านกายภาพชีวภาพ และ เศรษฐกิจสังคม ไชน่ ศาสนา ขนเผ่า เป็นต้น โดยสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ได้ถูกก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2512 อยู่ในเขตหมู่บ้านคุ้ม ตำบลแม่งอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวนพื้นที่รับผิดชอบ 16,576 ไร่ สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,400 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 16.9 องศาเซลเซียส ปริมาณ น้ำฝนเฉลี่ย 2,074.6 มิลลิเมตร/ปี ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวจีนฮ่อ ปะห่อง และมูเซอ โดยมี จำนวนประชากรทั้งสิ้น ประมาณ 2,123 คน และมี จำนวนครัวเรือน 390 ครัวเรือน สำหรับศูนย์พัฒนา โครงการหลวงหนองหอย ได้ถูกก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2517 อยู่ในเขตหมู่บ้านหนองหอย ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ความสูงจากระดับน้ำ ทะเล 1,280 เมตร ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ และเป็นเขตลุ่มน้ำชั้น 1 จำนวนพื้นที่รับผิดชอบ 13,230 ไร่ อุณหภูมิเฉลี่ย 20.6 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,512.3 มิลลิเมตร/ปี ประชากร ส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่าม้ง มีจำนวนประชากรทั้ง สิ้น ประมาณ 2,122 คน และจำนวนครัวเรือน 322 ครัวเรือน ส่วนที่ศูนย์พัฒนาฯ แม่แสะ ได้ถูกก่อตั้ง ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2521 อยู่ในเขตหมู่บ้านแม่แสะ ตำบล แม่่นาจร และ แม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,160 เมตร จำนวนพื้นที่ รับผิดชอบ 20,635.9 ไร่ อุณหภูมิเฉลี่ย 20.1 องศา

เซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,314.9 มิลลิเมตร/ปี ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงและม้ง มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น ประมาณ 2,958 คน และจำนวนครัวเรือน 550 ครัวเรือน และที่ศูนย์พัฒนาพระบาทห้วยต้ม ได้ถูกก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2521 อยู่ในเขตหมู่บ้านผาลาด ตำบลนาทราย อำเภอเถลิง จังหวัดลำพูน ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 520 จำนวนพื้นที่รับผิดชอบ 24,084 ไร่ อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตร/ปี ประชากรทั้งหมดเป็นชาวกะเหรี่ยง มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น ประมาณ 5,214 คน และจำนวนครัวเรือน 858 ครัวเรือน (มูลนิธิโครงการหลวง, 2543)

จากการเปรียบเทียบศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 4 แห่ง พบว่า สถานีฯ อ่างช้าง และศูนย์ฯ หนองหอย มีขนาดพื้นที่ จำนวนครัวเรือน และจำนวนประชากร ใกล้เคียงกัน ส่วนศูนย์ฯ แม่สะจะ มีขนาดพื้นที่ จำนวนครัวเรือน และจำนวนประชากร ใหญ่กว่า สถานีฯ อ่างช้าง และหนองหอย อย่างไรก็ตาม ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้มมีจำนวนประชากร และจำนวนครัวเรือนมากที่สุดในบรรดา 4 ศูนย์ฯ ที่ศึกษา

สถานะความเสี่ยงจากสภาพดินฟ้าอากาศในการทำการเกษตร

โดยทั่วไปในการทำการเกษตรมักจะเสี่ยงกับสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำการเกษตร โดยที่เกษตรกรเองไม่สามารถควบคุมได้และจากการศึกษา พบว่า ปัญหาฝนแล้งเป็นภาวะความเสี่ยงที่สำคัญของเกษตรกรในศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม แม่สะและหนองหอยที่ประสบในการทำการเกษตร โดยเฉพาะในช่วงหน้าแล้งทำให้เกษตรกรไม่

สามารถใช้พื้นที่ในการทำการเกษตรได้อย่างเต็มที่ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม พบว่าในหน้าแล้งเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถปลูกพืชได้เลย และเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ต้องออกไปหางานทำนอกฟาร์ม ส่วนที่สถานีฯ อ่างช้าง พบว่า สัดส่วนของเกษตรกรที่ประสบปัญหาน้ำค้างแข็งมีมากกว่าภาวะฝนแล้งในการทำการเกษตร (ตารางที่ 1) ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในสถานีฯ อ่างช้างจะมีความชื้นในดินสูง จึงไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องฝนแล้ง สภาพอากาศโดยทั่วไปในพื้นที่ของสถานีฯ จะมีอากาศหนาวเย็น และจากข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ของสถานีฯ แสดงให้เห็นสอดคล้องว่า สถานีฯ อ่างช้างมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าแต่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่น

ระดับความลาดชันและการชะล้างพังทลายของพื้นที่ทำกินของครัวเรือนเกษตรกร

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงระดับความลาดชันของพื้นที่ทำกินของครัวเรือนเกษตรกร และการชะล้างพังทลายของเกษตรกรในรอบ 5 ปี เนื่องจากระดับความลาดชัน เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งมีผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยพื้นที่ที่มีความลาดชันมากจะมีผลให้การชะล้างพังทลายสูงตามไปด้วย และจากการศึกษา พบว่า พื้นที่ทำกินส่วนใหญ่ของเกษตรกรในสถานีฯ อ่างช้างและศูนย์ฯ หนองหอย จะอยู่ในระดับความลาดชันปานกลาง (16-30%) และลาดชันมาก (> 30%) ทั้งนี้เมื่อรวมเอาสัดส่วนของครัวเรือนเกษตรกรที่ทำกินอยู่ในระดับลาดชันปานกลาง และลาดชันมาก เข้าด้วยกัน จะพบว่า มีสัดส่วนสูงโดยเฉลี่ยถึงร้อยละ 85 และ 70 ของครัวเรือนเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดของสถานี/ศูนย์ฯ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่า เกษตรกรในศูนย์ฯ ทั้งสองแห่งนี้มีสัดส่วนของเกษตรกรที่มีพื้นที่ที่

Table 1 Climate-related risks as experienced by farmers.

climate-related risks	site			
	Ang Khang	Nong Hoi	Mae Hae	Prabat Huaytom
	-----% sampled household in each site-----			
drought	42	83	82	100
frost	66	31	64	0
water logging/ flooding	2	22	12	2

ประสบกับการชะล้างพังทลายในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา มากกว่าเมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่นด้วย ไม่ว่าจะเป็นใน ลักษณะดินถูกชะเป็นร่อง หรือ ดินถล่ม แต่สำหรับ ที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม พบว่า พื้นที่ทำกินทั้งหมด ของครัวเรือนเกษตรกรตัวอย่างจะอยู่ในระดับ ไม่ลาด

ลาดชัน และลาดชันเล็กน้อย (slope 1-15%) ดังแสดง ใน ตารางที่ 2 และพบว่า มีสัดส่วนของครัวเรือน เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำกินประสบกับการชะล้างพัง ทลายของดินในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา น้อยกว่าที่ศูนย์ฯ อื่นด้วย (ตารางที่ 2)

Table 2 Slopes of agricultural land and soil erosion within 5 years in farmers' plots.

site	slope (%)				soil Erosion	
	0	1-15%	16-30%	30%	rill Erosion	land slide
	-----% sampled household each site-----					
Ang Khang	-	15	48	37	66	29
Nong Hoi	-	30	42	28	78	30
Mae Hae	5	31	50	14	53	14
Prabat Huaytom	49	51	-	-	34	5

วิธีการอนุรักษ์ดินของเกษตรกรในแปลงเพาะปลูก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนของการ อนุรักษ์ดินในด้านต่าง ๆ แล้ว จะเห็นว่า เกษตรกรที่ ศูนย์ฯ หอนงหอยมีสัดส่วนที่สูงของการอนุรักษ์ดิน ในหลาย ๆ ด้าน เช่น การทำร่องระบายน้ำใน แปลงปลูก ทำขั้นบันไดดิน และ ปลูกพืชขวางแนว ลาดชัน โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 70 ขึ้นไปของครัว

เรือนเกษตรกรตัวอย่างภายในศูนย์ฯ และพบว่าที่ ศูนย์ฯ อ่างาง เกษตรกรส่วนใหญ่ ประมาณเกือบ ร้อยละ 80 มีวิธีอนุรักษ์ดินโดยการปลูกพืชขวางแนว ลาดชัน เป็นสัดส่วนสูงสุดเมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่น แต่ที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม พบว่า ครัวเรือน เกษตรกรตัวอย่างมีสัดส่วนการอนุรักษ์ดินในทุก ด้านน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับศูนย์ฯ อื่น (ตาราง ที่ 3)

Table 3 Soil conversation practices in farmers' plots.

soil conversation practices	Ang Khang Nong Hoi Mae Hae Prabat Huaytom			
	-----% sampled household of each site-----			
terrace	24	47	51	15
bench terraces	42	70	46	3
drainage ditches	42	75	61	16
strip cropping	36	30	47	21
contour cultivation	78	71	61	0

วิธีการปรับปรุงและบำรุงดินในแปลงเพาะปลูกของเกษตรกร

การปรับปรุงและบำรุงดินทำได้หลายวิธี เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน การพักพื้นที่ปลูกบางปี การใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และ แกลบหรือเศษเหลือของพืชในแปลง และการใช้ปูนขาวเป็นต้น จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรที่ศูนย์ฯ หนองหอย มีวิธีการปรับปรุงบำรุงดิน โดยการปลูกพืชหมุนเวียน พักพื้นที่ปลูก

บางปี มีการใช้เศษเหลือของพืชในแปลง และการใช้ปูนขาว เป็นสัดส่วนที่มากกว่าเมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่น (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ ยังพบว่า เกษตรกรที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม มีการปรับปรุงบำรุงดิน โดยมีการใช้ปุ๋ยคอกมากกว่าเมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่น โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 70 ของครัวเรือนเกษตรกรภายในศูนย์ฯ ดังแสดงใน ตารางที่ 4

Table 4 Soil improving practices in farmers' plots.

soil improving practice	site			
	Ang Khang	Nong Hoi	Mae Hae	Prabat Huaytom
	-----% sampled household of each site-----			
crop rotation	32	55	49	54
fallow	25	53	46	37
use of compost	14	3	11	12
use of manure	49	17	6	76
use of crop residue	27	53	39	36
growing regume	14	22	9	30
use of lime	41	44	27	3

Table 5 Average area using soil improvement material and manure.

site	area using					—bag/rai—
	crop residue	compost	manure	lime	fallow	
	rai/household					
Ang Khang	2.7	0.9	5.8	3.2	1.8	62.1
Nong Hoi	4.0	0.3	6.5	1.9	3.4	61.2
Mae Hae	1.6	0.8	5.0	1.1	1.7	17.8
Prabat Huaytom	3.0	0.6	1.2	0.1	2.4	11.8
average	2.8	0.7	4.5	1.5	2.3	39.4

อย่างไรก็ตาม พบว่า เกษตรกรที่ศูนย์ฯ หนองหอยมีพื้นที่การใช้ปุ๋ยคอกมากที่สุดในการทำ การเกษตร โดยมีพื้นที่เฉลี่ย 6.5 ไร่ต่อครัวเรือน โดยมีอัตราการใช้ปุ๋ยคอกโดยเฉลี่ย 61 กระสอบปุ๋ยต่อ ไร่ รองลงมา คือ ศูนย์ฯ อ่างาง โดยมีพื้นที่เฉลี่ย 5.8 ไร่ต่อครัวเรือน และมีอัตราการใช้ปุ๋ยคอกที่ใกล้เคียง กับศูนย์ฯ หนองหอย โดยเฉลี่ย 62 กระสอบปุ๋ยต่อไร่

ดังแสดงใน ตารางที่ 8 และ 9 และ นอกจากนี้ ยัง พบว่า เกษตรกรที่ศูนย์ฯ หนองหอยมีพื้นที่การใช้ เศษเหลือของพืช และ พักพื้นที่ปลูกบางปีมากที่สุด เมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่น โดยมีพื้นที่เฉลี่ย 4 และ 3.4 ไร่ต่อครัวเรือนตามลำดับ ส่วนที่ศูนย์ฯ อ่างาง พบว่า มีพื้นที่ในการใช้ปุ๋นขาวมากที่สุดเมื่อเทียบกับ ศูนย์ฯ อื่น โดยเฉลี่ย 3.2 ไร่ต่อครัวเรือน (ตารางที่ 5)

Table 6 Chemical use in farmers' plots.

	site			
	Ang Khang	Nong Hoi	Mae Hae	Prabat Huaytom
	% sampled household in each site			
- use of herbicide	22	89	67	48
- use of fungicide	53	84	91	8
- use of insecticide	56	92	94	22
- impact on environment and health	57	60	66	29
of chemical use				

Table 7 Trend of chemical use within 5 years.

site	increase	unchanged	decrease	All
-----% sampled household in each site-----				
Ang Khang	28	51	21	100
Nong Hoi	16	66	18	100
Mae Hae	27	58	15	100
Prabat Huaytom	26	59	15	100
average	24	59	17	100

สำหรับการศึกษาถึงแนวโน้มการใช้สารเคมีในรอบ 5 ปีที่ผ่านมาของครัวเรือนเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา พบว่า เกษตรกรเกือบร้อยละ 60 มีแนวโน้มการใช้สารเคมีในรอบ 5 ปี เท่าเดิม และที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 24 และ 17 ของครัวเรือนเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดมีแนวโน้มการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้น และลดลง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้ในแปลงเพาะปลูก

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี (N-P-K) ของเกษตรกรตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา พบว่า เกษตรกรทั้งหมดส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมี ด้วยกัน 5 สูตร คือ (1) 15-15-15 (2) 13-13-21 (3) 16-20-0 (4) 46-0-0 และ (5) 21-0-0 ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยเคมีสูตรอื่น ๆ ที่เกษตรกรบางรายใช้ ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ 13-21-0, 13-13-13 , 8-24-0 , 8-24-24 และ 18-0-0 และพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ในสถานีฯ อ่างาง และ

หนองหอย นิยมใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 13-13-21 ซึ่งใช้ในปริมาณเฉลี่ยระหว่าง 74 - 133 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 1.5 ถึง 2.5 กระสอบปุ๋ยต่อไร่ โดยส่วนใหญ่ใช้กับพืชผักและไม้ผล ส่วนที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม พบว่า เกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดมีการใช้ปุ๋ยเคมีอยู่ 4 สูตร แต่มี 3 สูตรที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ คือ 15-15-15, 16-20-0 และ 46-0-0 โดยส่วนใหญ่ใช้ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฝรั่ง และ ข้าว เป็นหลัก โดยใช้ในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับศูนย์ฯ อื่น โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18 – 26 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ ประมาณ 0.5 กระสอบปุ๋ยต่อไร่ นอกจากนี้ ยังพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ศูนย์ฯ แม่แฮ นิยมใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 16-20-0 และ 13-13-21 โดยมีขนาดพื้นที่เฉลี่ย 7-8 ไร่ต่อครัวเรือน และมีปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ยประมาณระหว่าง 70 - 100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ ประมาณ 1.4 – 2 กระสอบปุ๋ยต่อไร่ (ตารางที่ 8)

Table 8 Number of farm households, average area and quantity for chemical fertilizer used

sites	fertilizer used	chemical fertilizer (N-P-K)					
		46-0-0	13-13-21	16-20-0	21-0-0	15-15-15	others
Ang Khang	average area per household (rai)	7.6	8.5	1.0	5.2	11.8	9.7
	average quantity (kg/rai)	94.7	132.7	100.0	134.6	89.4	76.7
	% household	36	61	2	8	73	5
Nong Hoi	average area per household (rai)	9.0	7.1	3.9	4.8	8.1	11.2
	average quantity (kg/rai)	93.5	88.0	97.5	106.0	74.3	38.7
	% household	41	70	19	31	72	11
Mae Hae	average area per household (rai)	4.1	6.8	7.6	4.3	8.2	4.9
	average quantity (kg/rai)	52.2	103.4	98.4	385.7	71.4	37.2
	% household	29	65	71	15	71	14
abat Huaytom	average area per household (rai)	8.4	-	7.6	8.7	6.4	-
	average quantity (kg/rai)	17.7	-	22.3	10.3	26.0	-
	% household	27	-	37	4	46	-
All sites	average area per household (rai)	7.4	7.4	7.0	5.0	8.8	7.9
	average quantity (kg/rai)	67.8	106.3	75.0	171.9	68.4	43.6
	% household	33	48	33	15	65	7

แนวโน้มในการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยคอก ของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา

จากการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยเกษตรกรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 60 ของครัวเรือนเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา มีแนวโน้มในการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหมักปริมาณเท่าเดิมในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา และมีสัดส่วนของเกษตรกรตัวอย่างเกือบครึ่งต่อครึ่ง

มีแนวโน้มในการใช้ปุ๋ยคอกเท่าเดิมและเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาในแต่ละศูนย์ฯ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ในสถานี อ่างาง และศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้มมีแนวโน้มในการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยคอก ปริมาณเท่าเดิม ส่วนที่ศูนย์ฯ แม่แะ และหนองหอย พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดภายในศูนย์ฯ มากกว่าครึ่งหนึ่งมีแนวโน้มในการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักปริมาณเท่าเดิม แต่มีแนวโน้มในการใช้ปุ๋ยคอกมากขึ้น

Table 9 Trend of use in chemical fertilizer, compost and manure.

sites	trend within 5 years ago	chemical fertilizer use	compost use	manure use
-----% sampled household in each site-----				
Ang Khang	increase	28	15	26
	unchanged	51	62	65
	decrease	21	23	8
Nong Hoi	increase	16	25	50
	unchanged	66	50	46
	decrease	18	25	8
Mae Hae	increase	27	21	53
	unchanged	58	64	37
	decrease	15	14	11
Prabat Huaytom	increase	27	33	29
	unchanged	59	56	64
	decrease	15	11	7
average	increase	24	23	44
	unchanged	59	60	48
	decrease	17	18	8
Total		100	100	100

ตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์ และความเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม

จากวิธีการคำนวณตัวชี้วัดที่ได้กล่าวไปแล้วในตอนต้นและข้อมูลที่เก็บจากเกษตรกรสามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์ในแต่ละศูนย์ฯ แสดงให้เห็นว่า ศูนย์ฯ หนองหอยมีค่าตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์สูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าที่เกษตรกรที่ ศูนย์ฯ หนองหอยมีการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ

กับศูนย์ฯ อื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากการส่งเสริมของโครงการหลวงโดยการประสานงานกับทางกรมพัฒนาที่ดิน เช่น การฝึกอบรมและให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและช่วยเหลือเกษตรกรในการทำคันดินอนุรักษ์ในแปลงทำกินของเกษตรกร เป็นต้น ส่วนศูนย์/สถานีฯ ที่มีค่าตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์สูงรองลงมาได้แก่ แม่แฮ และ อ่างช้าง ตามลำดับ ส่วนที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม พบว่า มีค่าตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์ต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.23 (ตารางที่ 10)

Table 10 Conservation Indicators (CI) and Environmental risk indicator (ERI).

site	values of conservation indicators	value of environmental risk indicator
Ang Khang	0.40	0.41
Nong Hoi	0.57	0.61
Mae Hae	0.52	0.55
Prabat Huaytom	0.23	0.28

สำหรับผลจากการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ที่ศูนย์ฯ หนองหอยมีค่านี้สูงสุดโดยค่าเท่ากับ 0.61 ทั้งนี้ค่าที่สูงจะแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงหรือความไม่ยั่งยืนที่มีต่อการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมมากตามไปด้วย รองลงมาได้ศูนย์ฯ แม่แฮ และ สถานีฯ อ่างช้าง โดยมีค่าความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 และ 0.41 ตามลำดับ ส่วนที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม พบว่ามีค่าความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.28 ดังแสดงใน ตารางที่ 10

อย่างไรก็ตามศูนย์ฯ ที่มีแนวโน้มความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมสูง เช่น ศูนย์ฯ หนองหอย เกษตรกร

ได้มีการตื่นตัวเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติโดยมีค่าตัวชี้วัดการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในระดับที่สูงเช่นกัน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในขณะที่เดียวกันที่ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้มพบว่ามีแนวโน้มความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมต่ำ (ภาพที่ 1) เนื่องจากพื้นที่ทำกินของเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ลาดชันมากและเกษตรกรไม่มีการเพาะปลูกที่เข้มข้นทำให้เกษตรกรในศูนย์ฯนี้มีการตื่นตัวในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติต่ำเช่นกันจากการวิเคราะห์นี้ อาจกล่าวได้ว่าความพยายามในด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในเรื่องการใช้ทรัพยากรที่ดินในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่ศึกษาอยู่ในระดับที่ดีพอสมควร

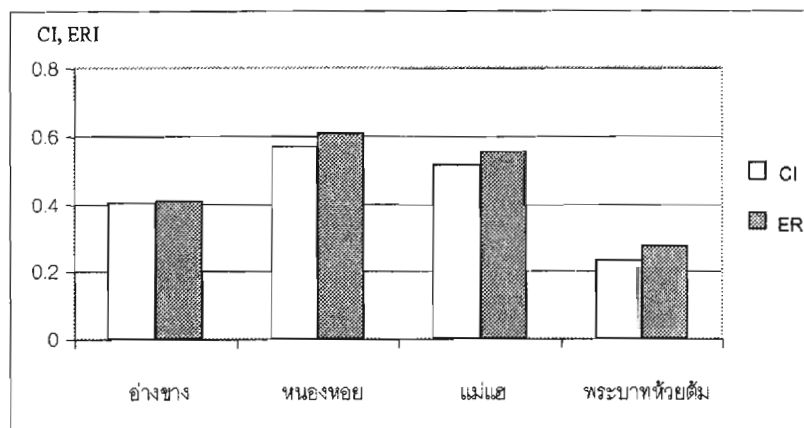


Figure 1 Conservation and environmental risk indicators.

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้มีสำรวจภาวะการผลิตในระบบการผลิตของพื้นที่โครงการหลวงทั้ง 4 แห่ง เพื่อความยั่งยืนของการผลิต การศึกษาพบว่า ในบางพื้นที่ มีสถานะความเสี่ยงจากสภาพแวดล้อม เช่น ที่ศูนย์ฯ หนองหอย รองลงมาคือ ที่ศูนย์ฯ แม่แฮ ส่วนที่พระบาทห้วยต้มมีความเสี่ยงในด้านสิ่งแวดล้อมต่ำสุด อย่างไรก็ตาม เกษตรกรก็ได้มีการตอบสนองต่อสภาพความเสี่ยงดังกล่าว โดยการปฏิบัติเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในศูนย์ฯ หนองหอย มีค่าตัวชี้วัดการใช้ที่ดินแบบอนุรักษ์สูงสุด เช่น มีการทำขั้นบันได ทำร่องระบายน้ำ คันดินปลูกพืชตามแนวขวาง มีการพักพื้นที่บางปี มีการใช้เกลบและเศษเหลือของพืช และมีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเป็นต้น รองลงมาคือ ที่ศูนย์ฯ แม่แฮ สถานีฯ อ่างช้าง และศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าตัวชี้วัดทั้งสองด้านซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรที่ดิน จะเห็นว่า ในแต่ละศูนย์ฯ จะมีค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม และค่าตัวชี้วัดการอนุรักษ์ทรัพยากรดินและน้ำจะไปในทางเดียวกัน ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม แต่เกษตรกรก็ยังมีความตื่นตัวในเรื่องของการอนุรักษ์ทรัพยากรดินและน้ำด้วย ซึ่งก็น่าจะแสดงให้เห็นถึงความยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้ระดับหนึ่ง แต่เมื่อใดที่ค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและค่าตัวชี้วัดของการอนุรักษ์ดินไม่ไปในทิศทางเดียวกันแล้ว โดยที่ค่าตัวชี้วัดความเสี่ยงสูง แต่ค่าตัวชี้วัดการอนุรักษ์ต่ำ ซึ่งก็จะเป็นเครื่องเตือนภัยให้เห็นถึงความไม่ยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้ในระดับหนึ่งเช่นเดียวกัน ซึ่งควรจะมีการมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะได้มีการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน แต่อย่างไรก็ตาม ควรจะได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกร

ได้มีการลดความเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมและตระหนักถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติให้มากขึ้นเพื่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนต่อไป นอกจากนี้ ถ้าสามารถมีการศึกษาในลักษณะนี้ในพื้นที่อื่นๆ ก็จะทำให้เราสามารถเปรียบเทียบพื้นที่ต่างๆ และหาจุดที่ต้องปรับปรุงในการดำเนินงานของศูนย์/สถานีฯ ต่างๆ เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติให้มีความยั่งยืนได้ดียิ่งขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ ได้ค่าตัวชี้วัดจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ซึ่งเป็นข้อมูลจากการบอกเล่า เช่น การชะล้างพังทลายของดิน ความลาดชันของพื้นที่ ผลกระทบต่อสุขภาพ สภาพน้ำแข็ง และฝนแล้ง เป็นต้น การได้ข้อมูลในลักษณะนี้ มีความรวดเร็วเพราะสามารถได้คำตอบจากการบอกเล่าจากเกษตรกรผู้ปลูกและใช้ที่ดิน แต่มีข้อจำกัดคือสามารถระบุตัวแปรเชิงกลุ่มเท่านั้น เช่น มี/ไม่มีมาก/ปานกลาง/น้อย สูง/ปานกลาง/ต่ำ เป็นต้น ถ้าเกษตรกรสามารถให้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ก็สามารถเป็นประโยชน์ได้พอสมควร อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เน้นไปในการหาตัวชี้วัดจากมุมมองเชิงเศรษฐกิจสังคม มากกว่าเชิงกายภาพ ชีวภาพ จึงมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ การศึกษาหาตัวชี้วัดความยั่งยืนในการใช้ประโยชน์ในระบบการเกษตรที่สูง จึงสมควรได้มีการศึกษาตัวชี้วัดที่มีการวัดปริมาณและคุณภาพในเชิงกายภาพและชีวภาพด้วย เช่น ควรต้องมีการวัดการชะล้างพังทลายของดินหรือความเสี่ยงต่อมลพิษของธาตุอาหารในดินในเชิงวิทยาศาสตร์ด้วย อย่างไรก็ตาม การหาค่าตัวชี้วัดดังที่ได้ทำในการศึกษาครั้งนี้ เป็นประโยชน์ในระดับหนึ่งต่อการวางแผนเรื่องความยั่งยืนของการใช้ที่ดินในระบบการเกษตรที่สูงโดยเฉพาะเมื่อไม่สามารถวัดตัวแปรทางวิทยาศาสตร์ได้ อันอาจเป็นเพราะข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่าย ด้านเวลา หรือ ด้านการจัดการก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

- มูลนิธิโครงการหลวง. 2543. เอกสารประกอบการประชุม
คณะกรรมการอำนวยการและประสานงานมูลนิธิ
โครงการหลวง: โครงการจัดที่ดินทำกินตัวอย่าง
ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางป๋าม
พ.ศ.2542. มูลนิธิโครงการหลวง.
- Azar, C., J. Holmberg and K. Lindgren. 1996. "Socio-
ecological indicators for sustainability."
Ecological Economics. 18: 89-112.
- Kammerbauer, J., B. Cordoba, R. Escolan, S. Flores, V.
Ramirez and J. Zelldon. 2001. "Identification of
development indicators in tropical mountainous
regions and some implications for natural
resource policy designs : an integrated
community case study." Ecological Economics.
36, 45-60.
- Lefroy, R. D.B., H. Bechstedt and M. Rais. 2000.
"Indicators for sustainable land management
based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia
and Thailand." Agriculture, Ecosystems and
Environment. 81, 137-146.
- Masera, O., M. Astier and S. Lopez-Ridaura. 1999.
Sustainability and Natural Resource Management
: the MESMIS Evaluation Framework. Mexico
city : Grupo Interdisciplinario de Tecnologia
Rural Aproplacia and Instituto de Ecologia.
-

ผลการรักษาแพะและแกะที่ป่วยด้วยโรคพยาธิตัวกลม ในระบบทางเดินอาหาร

Treatment Results of Goat and Sheep Infested with Gastro-intestinal Nematode

ทัศนีย์ อภิชาติสรารุงกูร¹, อภิชาติ ศรีภักย์¹, สุรภี ทองหลอม¹ และ ยงยุทธ ศรีวิชัย¹

Tusanee Apichartsrungkoon¹, Apichart Seepai¹, Surapee Thonglom¹, and Yongyouth Sriwichai¹

Abstract : Two each of male goats and sheep, age 5-7 months, raised at livestock farm of Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University were ill with sign of severe anemia, fatigue and one of sheep died. After diagnosis, it was showed that the animal were infested with gastro-intestinal nematode. Albendazole was first anthelmintic drug used in this case. However, the number of parasite eggs was not decreased. Then ivermectin was given to one of sheep and one of goat. Another goat received levamisole. Both anthelmintic drugs were effective, but levamisole acted longer period than ivermectin.

บทคัดย่อ : แพะและแกะเพศผู้ (อย่างละ 2 ตัว) อายุ 5-7 เดือน เลี้ยง ณ ฟาร์มสัตว์ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ป่วยด้วยอาการโลหิตจางอย่างรุนแรง อ่อนแรง และต่อมามีแกะตาย 1 ตัว จากการตรวจวินิจฉัยสาเหตุของโรคพบว่าเกิดจากพยาธิตัวกลมในระบบทางเดินอาหาร จึงทำการรักษาด้วยการให้ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล แต่เมื่อตรวจนับจำนวนไข่พยาธิหลังการใช้ยา พบว่าไม่ลดลง จึงให้ยาไอเวอร์เมคตินในแกะ 1 ตัว และแพะ 1 ตัว ส่วนแพะอีกหนึ่งตัวได้รับยาลีวาไมโซล พบว่ายาทั้งสองชนิดให้ผลในการรักษา แต่ฤทธิ์ของลีวาไมโซลอยู่ได้นานกว่าไอเวอร์เมคติน

Index words: แพะ แกะ โรคพยาธิตัวกลม

Goat, Sheep, Gastro-intestinal Nematode

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

คำนำ

การเลี้ยงแพะและแกะในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคยังมีจำกัด พื้นที่ที่มีการเลี้ยงแพะกันมากได้แก่ ภาคใต้ คือมีแพะประมาณ 85% ของแพะทั้งหมดในประเทศ (สุรศักดิ์ และคณะ, 2536) ซึ่งเลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อย โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นรายได้เสริมในครัวเรือน สำหรับในเขตภาคเหนือเกษตรกรที่เลี้ยงแพะและแกะยังมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงปล่อยและยังขาดความเอาใจใส่ด้านการจัดการ โดยเฉพาะด้านโภชนาการและการป้องกันโรค ทำให้ผลผลิตยังไม่ได้เต็มเม็ดเต็มหน่วย ทางด้านสุขภาพ พบว่าโรคติดเชื้อไม่ใช่อุปสรรคที่สำคัญมากนัก เพราะฟาร์มแต่ละแห่งอยู่ใกล้กัน การแพร่ระบาดของโรคจึงเกิดได้น้อย แต่ปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียอยู่เป็นประจำคือ ปัญหาจากพยาธิ โดยเฉพาะพยาธิตัวกลมในระบบทางเดินอาหาร ที่สำคัญได้แก่ ทริโคสตรองกายลัส (*Trichostrongylus spp.*) และ ฮีมอนคัส คอนทอร์ทუს (*Haemonchus contortus*) พยาธิที่มีความสำคัญรองลงมา ได้แก่ สตรองกายลอยเดส เปปปีโลซุส (*Strongyloides papillosus*) และ ทริคูริส โอวิส (*Trichuris ovis*) (พริสศักดิ์, 2530) การป้องกันและรักษาโรคที่เกิดจากพยาธิได้แก่การถ่ายพยาธิ การเลือกใช้ยาถ่ายพยาธิ ขึ้นอยู่กับชนิดของพยาธิที่พบและแม้ว่าจะใช้ยาถ่ายพยาธิที่ตรงกับชนิดของพยาธิแล้วก็ตาม พบว่าบางครั้งก็ไม่ได้ผล เนื่องจากปัญหาการดื้อยา

รายงานนี้เป็นการศึกษาอาการของแพะและแกะที่ป่วยด้วยโรคพยาธิในระบบทางเดินอาหาร และผลการรักษาโดยใช้ยาถ่ายพยาธิ

อุปกรณ์และวิธีการ

แกะเพศผู้ (เบอร์ 9 และ 80) พันธุ์คอร์เปอร์ 87.5% อายุ 5 เดือน จำนวน 2 ตัว และแพะเพศผู้ (เบอร์ 70 และ 74) พันธุ์บอร์ 50% อายุ 7 เดือน จำนวน 2 ตัว ซึ่งได้รับมอบจากสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ จังหวัดชัยภูมิ ถูกนำมาเลี้ยงในคอกกักสัตว์ ในฟาร์มของภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม 2545 โดยมีประวัติการทำวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย และได้รับยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมคติน (ivermectin) มาก่อนล่วงหน้า หลังจากเลี้ยงได้ประมาณ 3 สัปดาห์ แกะเพศผู้เบอร์ 80 ดาวย่างฉับพลัน หลังจากตรวจการโดยการผ่าซาก พบว่ามีสภาพโลหิตจางอย่างรุนแรง พบวิธีการของปอดอักเสบประมาณ 30% ของเนื้อปอดทั้งหมด ไม่พบความผิดปกติของอวัยวะในระบบทางเดินอาหาร ส่วนแพะและแกะที่เหลือมีอาการซึม เบื่ออาหาร โลหิตจาง และอ่อนแรง

การตรวจวินิจฉัย

ทำการเจาะเลือดแกะและแพะที่เหลือ 3 ตัว และส่งไปยังศูนย์ชันสูตรโรคสัตว์ภาคเหนือ จังหวัดลำปาง เพื่อตรวจหาโปรโตซัวในกระแสเลือด

เก็บตัวอย่างอุจจาระ เพื่อตรวจหาไข่พยาธิ โดยวิธี Simple floatation (ดัดแปลงจาก Benjamin, 1972) แล้วประเมินความหนาแน่นของไข่พยาธิที่พบในหนึ่งพื้นที่จากการมองผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่าดังนี้

จำนวนไข่พยาธิ/พื้นที่	ค่าประเมิน
0	-
1-5	+1
6-10	+2
11-20	+3
21-40	+4
>40	+5

ทำการตรวจหาไข่พยาธิก่อนวันแรกของการรักษาและวันที่ 1, 4, 6, 8, 13, 15, 20, 27 และ 29 หลังการรักษาครั้งแรก เพื่อดูผลของการใช้ยาถ่ายพยาธิ

ตรวจหาค่าฮีมาโตคริตจากตัวอย่างเลือดที่เจาะจากเส้นเลือดดำที่ใบหู (ear vein) โดยวิธี micro-hematocrit method (Benjamin, 1972) ก่อนวันแรกของการรักษา และวันที่ 5, 13, 20 และ 27 หลังการรักษาครั้งแรก

การรักษา

หลังจากพบไข่พยาธิจำนวนมากในแพะและแกะที่ป่วย ได้ทำการถ่ายพยาธิโดยใช้ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (Albendazole) ขนาด 5.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กรอกให้กินทางปาก แต่จากผลการตรวจไข่พยาธิในตัวอย่างอุจจาระของวันที่ 1 และ 4 หลังจากให้ยา พบว่าจำนวนไข่พยาธิไม่ลดลงทำการรักษาโดยฉีดยาไอเวอร์เมคติน (Ivermectin) เข้าใต้ผิวหนังขนาด 200 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ในแกะเบอร์ 9 และแพะเบอร์ 70 และฉีดยาเลิวโมโซล (Levamisole) เข้าใต้ผิวหนังขนาด 7.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในแพะเบอร์ 74

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการตรวจโปรโตซัวในกระแสเลือด

ไม่พบโปรโตซัวในกระแสเลือด จากตัวอย่างเลือดที่ส่งตรวจ ณ ศูนย์ชันสูตรโรคสัตว์ภาคเหนือ จังหวัดลำปาง จากการที่สัตว์มีอาการโลหิตจางอย่างรุนแรง คือเยื่อหุ้มตามร่างกายมีลักษณะซีด และเมื่อตรวจค่าฮีมาโตคริตก็พบว่ามีความต่ำกว่าระดับปกติอย่างมาก (14.7 vs 33-35%) จึงเป็นไปได้ว่าสัตว์อาจติดโรคที่เกิดจากโปรโตซัวในกระแสเลือด เช่น อนุพลาสโมซิส (Anaplasmosis) บาบีซิโอซิส (Babesiosis) และ ทริพาโนโซมิโอซิส (Trypanosomiasis) โดยเฉพาะสัตว์ที่ป่วยด้วยโรคอนุพลาสโมซิสจะแสดงอาการแบบเฉียบพลัน โดยมีโลหิตจางอย่างรุนแรง ผิวหนังและเยื่อหุ้มซีด สัตว์อาจมีอาการดิ้นร่วมด้วย สัตว์จะเบื่ออาหาร เดินโซเซ อาการอาจรุนแรงจนทำให้ตายได้ภายใน 1-4 วัน (มานพ, 2524) แต่เมื่อตรวจไม่พบโปรโตซัวในตัวอย่างเลือด จึงตัดประเด็นนี้ออกไป

ผลการตรวจไข่พยาธิจากตัวอย่างอุจจาระ

พบไข่พยาธิในระบบทางเดินอาหารจากตัวอย่างอุจจาระของสัตว์ทั้ง 3 ตัว เป็นจำนวนมากคือมีค่า +5 ส่วนมากเป็นไข่พยาธิในกลุ่มสตรองกาย (Strongyle) มีลักษณะรูปไข่ เปลือกบาง ภายในมีเอมบริโอไนคเซลล์ 8-32 เซลล์ (ภาพที่ 1) พยาธิที่มีไข่ลักษณะเช่นนี้ได้แก่ ทริโคสตรองกายลัส สิมอนคูลและอีโซฟาโกสโตมูม เป็นต้น หากต้องการแยกชนิดของพยาธิจะต้องนำไข่มาเพาะ และดูความแตกต่างจากลักษณะของตัวอ่อนระยะติดโรคเท่านั้น

(สุภรณ์, 2524; Georgi and Georgi, 1990) อย่างไรก็ตามเชื่อว่าการป่วยของแพะและแกะครั้งนี้มีสาเหตุหลักจากพยาธิสีมอนคูล คอนทอร์ทูล เนื่องจากสัตว์มีอาการโลหิตจางอย่างรุนแรง และไม่ปรากฏอาการท้องเสีย ซึ่งตรงกับอาการของโรคที่สุภรณ์ (2524) รายงานไว้ว่าสัตว์แสดงอาการโลหิตจางคือเหงือก เยื่อตา และผิวหนังซีด ค่าฮีมาโตคริตอาจลดลงน้อยกว่า 15% (จากการตรวจครั้งนี้พบว่ามีค่า 14.7%) หายใจสั้นและอ่อน บวมตามร่างกาย ชี้น้ำเนื้ออาหาร อ่อนเพลีย น้ำหนักลด ส่วนใหญ่มีอาการมีลักษณะปกติ อาการท้องเสียพบได้เมื่อมีการติดพยาธิชนิดอื่นร่วมด้วย นอกจากนี้ สุภรณ์ (2524) ยังระบุว่าในบรรดาพยาธิตัวกลมในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องพยาธิที่ทำอันตรายมากที่สุด คือ สีมอนคูล คอนทอร์ทูล เนื่องจากตัวเต็มวัยและตัวอ่อนระยะที่ 4-5 สามารถดูดเลือดจากสัตว์ขณะที่ตัวเต็มวัยของพยาธิชนิดอื่นไม่ดูดเลือด นอกจากนี้ยังพบไข่พยาธิเส้นด้าย (*Strongyloides spp.*)

ซึ่งมีลักษณะเด่นคือมีตัวอ่อนอยู่ภายในไข่ และไอโอซิสของเชื้อบิตซึ่งมีขนาดเล็กและมีสปอร์โรซิสภายใน

จำนวนไข่พยาธิที่พบก่อนและหลังการใช้ยาอัลเบนดาโซลไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) แสดงว่าอัลเบนดาโซลอาจไม่ให้ผลในการทำลายพยาธิในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ อย่างไรก็ตามการติดตามผลการออกฤทธิ์ของยาถ่ายพยาธิอาจต้องใช้เวลาอย่างน้อย 10 วัน หลังการให้ยา (Le Jambre, 1996) จึงจะทราบผลแน่ชัด แต่จากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการถ่ายพยาธิซ้ำด้วย ไอเวอร์เมคติน และลิวาไมโซล ซึ่งหลังจากถ่ายพยาธิเพียงวันเดียว ปริมาณไข่พยาธิก็ลดลงอย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตาม แกะที่ได้รับไอเวอร์เมคตินตรวจพบไข่พยาธิเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับยา 1 สัปดาห์ (ตารางที่ 1) ขณะที่แพะที่ได้รับลิวาไมโซลตรวจพบไข่พยาธิปริมาณต่ำตลอดระยะเวลาของการศึกษา (24 วันหลังจากได้รับยา) อนึ่งแพะเบอร์ 70 ที่ได้รับไอเวอร์เมคตินตายหลังจากได้รับยา 6 วัน ด้วยอาการปอดอักเสบ

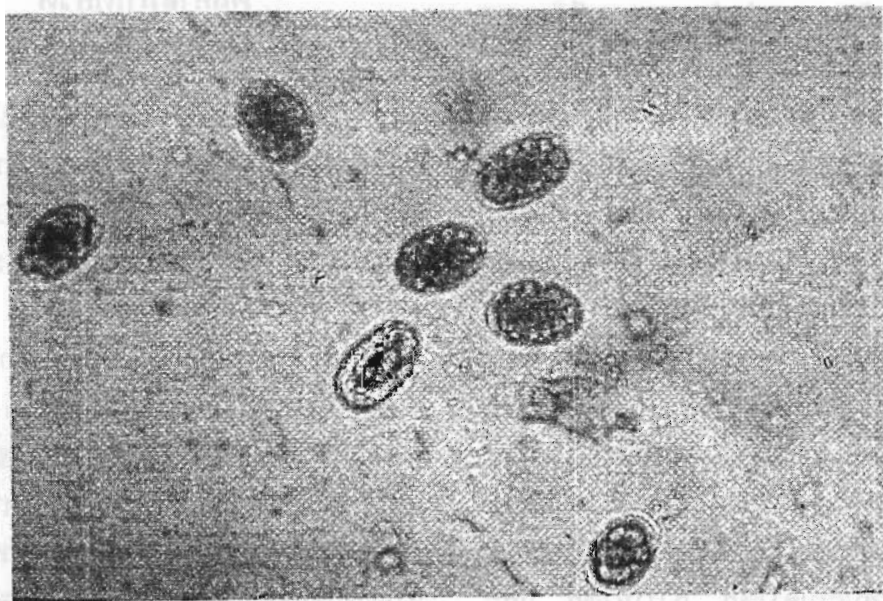


Figure 1 Strongyle eggs ; thin-walled ellipsoidal eggs containing embryonic cells and *Strongyloides spp.* egg ; containing larva.

Table 1 Density values of parasite eggs from faecal samples before and after treatment.

Day	Sheep no. 9	Goat no. 70*	Goat no. 74
-1	+5	+5	+5
0 (Treat with albendazole)			
1	+5	+5	+5
4	+5	+5	+5
5 (Treat with ivermectin in sheep no. 9 and goat no. 70 and levamisole in goat no. 74)			
6	+2	+2	+2
8	+1	+1	+1
13	+1		+1
15	+3		+1
20	+3		+1
27	+4		+1
29	+4		+1

Note *Goat number 70 died after received ivermectin 6 days

จากการใช้ยาถ่ายพยาธิทั้งสามชนิด จะเห็นได้ว่ายามีประสิทธิภาพแตกต่างกัน ขณะที่อัลเบนดาโซลไม่ออกฤทธิ์ในการทำลายพยาธิ ส่วนไอเวอร์เมคตินและลิวาไมโซลออกฤทธิ์ได้ดีแต่ฤทธิ์ของลิวาไมโซลอยู่ได้นานกว่า แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ยาถ่ายพยาธิที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะปัญหาการดื้อยาที่อาจเกิดขึ้นได้ Saithanoo (1996) รายงานว่าในฟาร์มแพะที่มีการใช้ยาถ่ายพยาธิหลายชนิด หมุนเวียนสลับกันไป พบว่าพยาธิสีมอนคูล คอนทอร์ทูล คือต่อยาเฟนเบนดาโซล (Fenbendazole) และอัลเบนดาโซลมากที่สุด รองลงมาคือลิวาไมโซล นอกจากนี้ Pandey *et al.* (1994) อ้างโดย Saithanoo (1996) ยังรายงานว่าแพะและแกะในประเทศมาเลเซียคือต่อยา เฟนเบนดาโซล ลิวาไมโซล และไอเวอร์เมคติน

ผลค่าฮีมาโตคริต

ค่าฮีมาโตคริต (ค่าแสดงเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรเลือดหนึ่งหน่วย) ของแพะและแกะป่วยได้แสดงไว้ในภาพที่ 2 ก่อนทำการรักษา ค่าฮีมาโตคริตของแพะและแกะมีค่าเฉลี่ยที่ 14.7% ซึ่งต่ำกว่าค่าปกติคือ 33-35% (Benjamin, 1972) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัตว์เสียเลือดไปมากจากการดูดกินของพยาธิ Georgi and Georgi (1990) รายงานว่าแกะที่มีพยาธิสีมอนคูล คอนทอร์ทูลจำนวนมาก อาจสูญเสียเม็ดเลือดแดงสูงถึงหนึ่งในห้าของเม็ดเลือดแดงที่ไหลเวียนในแต่ละวัน หรือประมาณหนึ่งในสิบของเม็ดเลือดแดงทั้งหมดเมื่อสัตว์ติดพยาธินาน 2 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการผลิตเม็ด

เลือดแดงไม่สามารถทดแทนเม็ดเลือดแดงที่สูญเสียไปได้

ค่าฮีมาโตคริตหลังการรักษาด้วยยาถ่ายพยาธิสอดคล้องกับผลจำนวนไข่พยาธิที่พบในตัวอย่างอุจจาระ คือหลังจากใช้ยาอัลเบนดาโซล ค่าฮีมาโตคริตไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ไอเวอร์เมคติน และลิวาไมโซล ค่าฮีมาโตคริตเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยที่แกะที่ได้รับไอเวอร์เมคตินมีค่าฮีมาโตคริตลดลงอีกครั้งหลังจากได้รับยาประมาณ 1 สัปดาห์ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนไข่

พยาธิที่เพิ่มขึ้นแสดงว่าอาจยังมีพยาธิที่ไม่ถูกทำลายหลงเหลืออยู่ หรือมีการติดพยาธิซ้ำ ขณะที่แพะที่ได้รับลิวาไมโซลมีค่าฮีมาโตคริตเพิ่มขึ้นจนมีค่าเป็นปกติตั้งแต่วันที่ 22 หลังได้รับยา ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนไข่พยาธิที่พบว่ามีค่าต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่พยาธิในตัวอย่างอุจจาระ และค่าฮีมาโตคริต สามารถใช้บ่งชี้ถึงความรุนแรงของโรคพยาธิที่เกิดขึ้น ทั้งยังสามารถใช้คาดเดาได้ด้วยว่าจะเกิดจากพยาธิที่ชอบดูดเลือดด้วยหรือไม่

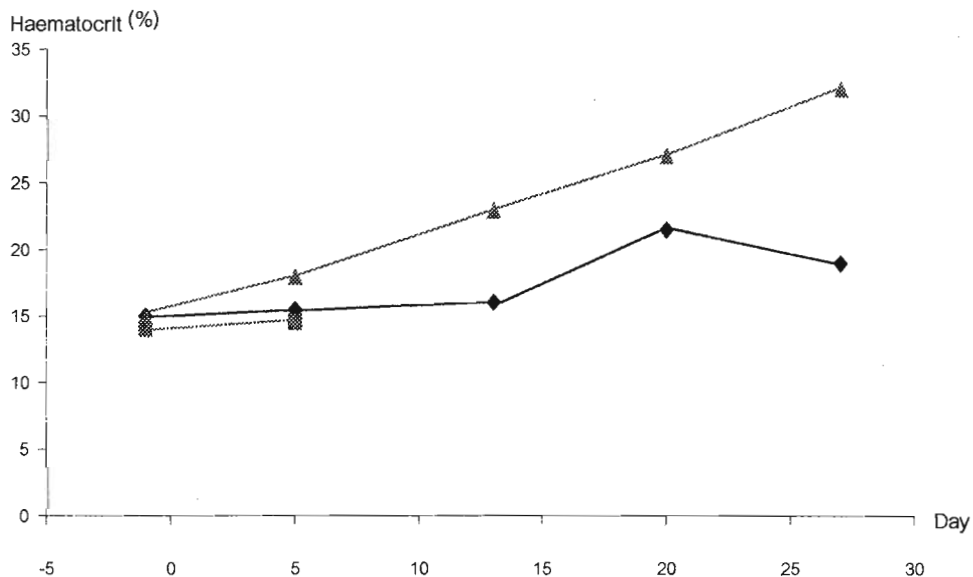


Figure 2 Haematocrit values from blood samples of sheep number 9 (◆), goat number 70 (■) and goat number 74 (▲). Day 0 treated with albendazole, day 5 treated with ivermectin in sheep number 9 and goat number 70 and levamisole in goat number 74.

สรุป

ปัญหาที่เกิดพยาธิในระบบทางเดินอาหาร ยังคงเป็นปัญหาใหญ่สำหรับการเลี้ยงแพะและแกะ แม้ว่าจะมียาถ่ายพยาธิหลายชนิดที่หาซื้อได้ในท้องตลาด แต่ปัญหาที่พบตามมาก็คือการดื้อยา และต้องเปลี่ยนชนิดของยาที่ใช้ไปเรื่อยๆ ดังนั้นการควบคุมและป้องกันปัญหาจากพยาธิด้วยวิธีการอื่นก็เป็นสิ่งที่น่าพิจารณา มาตรการดังกล่าวเช่น การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ในท้องถิ่นให้มีความทนทานต่อพยาธิ การปรับปรุงด้านการจัดการฟาร์มเพื่อลดโอกาสที่สัตว์จะติดพยาธิซึ่งก็มีหลายวิธีได้แก่การใช้แปลงหญ้าระบบหมุนเวียน (rotation grazing) การแยกเลี้ยงสัตว์ตามกลุ่มอายุ การกำจัดโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิ การแยกมูลสัตว์ออกจากคอกสัตว์ให้บ่อยขึ้น นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาถึงการควบคุมพยาธิโดยวิธีทางชีวภาพโดยอาศัยแบคทีเรียและเชื้อราที่เป็นศัตรูตามธรรมชาติของพยาธิ (Waller, 1996)

เอกสารอ้างอิง

- พิรศักดิ์ สุทธิโยธิน. 2530. การสำรวจชนิดของพยาธิภายในของแพะพื้นเมืองในจังหวัดสงขลา. ว.สงขลานครินทร์ 9(1): 7-18.
- มานพ ม่วงใหญ่. 2524. โปรโตซัววิทยาทางสัตวแพทย์. คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 215 น.
- สุกรณ์ โพธิ์เงิน. 2524. หนอนพยาธิวิทยาสาขาสัตวแพทยศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 265 น.
- สุรศักดิ์ คชภักดี, สุรพล ชลดำรงกุล, สมเกียรติ สายธนู และวินัย ประสมพุกาญจน์. 2536. การระบาดของพยาธิตัวกลมในทางเดินอาหารและโปรโตซัวเชื้อบิดของลูกแพะหย่านม. ว. สงขลานครินทร์ 15 (1): 23-29.
- Benjamin, M.M. 1972. Outline of Veterinary Clinical Pathology. 2nd ed., The Iowa State University Press, Iowa. 186 p.
- Georgi, J.R. and M.E. Georgi. 1990. Parasitology for Veterinarians. 5th ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia. 412 p.
- Le Jambre, L.F. 1996. Anthelmintics and preserving their effectiveness. In : ACIAR Proceedings No 74; Sustainable Parasite Control in Small Ruminants. L.F. Le Jambre and M.R. Knox (eds.), 22-25 April 1996. Bogor, Indonesia. p 151-159.
- Saithanoo, S. 1996. Internal parasites in goats in Southern Thailand. In : ACIAR Proceedings No 74; Sustainable Parasite Control in Small Ruminants. L.F. Le Jambre and M.R. Knox (eds.), 22-25 April 1996. Bogor, Indonesia. p 119-122.
- Waller, P.J. 1996. Worm control of livestock – The biological alternative. In : ACIAR Proceedings No 74; Sustainable Parasite Control in Small Ruminants. L.F. Le Jambre and M.R. Knox (eds.), 22-25 April 1996. Bogor, Indonesia. p 160-164.



สรวิทยาหลังเก็บเกี่ยวของพืชสวน

หนังสือเล่มนี้ได้รับการส่งเสริมตามโครงการสนับสนุนการผลิตตำรา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยเนื้อหาตั้งแต่โครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อของผักและผลไม้จนถึงประกอบทางเคมีของผักและผลไม้ สรรวิทยาของผักผลไม้ ตลอดจนถึงลักษณะที่ผิดปกติทางสรวิทยาและโรคหลังเก็บเกี่ยว

เขียนโดย : รศ.ดร. ดนัย บุญเกียรติ

สั่งซื้อได้ที่ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. 0-5394-4040-1