อิทธิพลของสภาพแวดล้อม และการเขตกรรม ต่อการเจริญเติบโต และการสะสมสารเคมีในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.)

นายบุญร่วม คิดค้า

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-533-346-8

INFLUENCE OF ENVIRONMENT ON CULTIVATION GROWTH AND CONSTITUENT OF CHEMICALS IN TUBEROUS ROOT OF RED KWAO KRUA

(*Butea superba* Roxb.)

Mr. Boonruam Kidka

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2004

ISBN 974-533-346-8

อิทธิพลของสภาพแวดล้อม และการเขตกรรม ต่อการเจริญเติบโต และการสะสมสารเคมี ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.หัสไชย บุญจูง)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ยุวดี มานะเกษม)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.พูนศุข ศรีโยธา)
กรรมการ

(รศ. น.ท. ดร.สร้าวุฒิ สุจิตจร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

บุญร่วม คิดค้า : อิทธิพลของสภาพแวดล้อม และการเขตกรรม ต่อการเจริญเติบโต และการสะสมสารเคมีในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) (INFLUENCE OF ENVIRONMENT ON CULTIVATION, GROWTH AND CONSTITUENT OF CHEMICALS IN TUBEROUS ROOT OF RED KWAO KRUA [*Butea superba* Roxb.]) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี มานะเกษม, 85 หน้า. ISBN 974-533-346-8

ได้ทำการทดลอง 3 การทดลอง ในปี 2545-2547 ที่เขตอุทยานแห่งชาติภูพานจังหวัดกาฬสินธุ์ และที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การทดลองที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตในรอบปีของกวาวเครือแดง การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการให้น้ำ การจัดระยะปลูก และการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นของกวาวเครือแดง ที่อายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน วางแผนการทดลองแบบสปริต-สปริตพล็อต โดยจัดเมนพล็อตแบบสุ่มภายในบล็อก 3 ซ้ำ การทดลองที่ 3 ศึกษาการสะสมสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และ stigmasterol ในรากกวาวเครือแดง ผลการทดลองพบว่า กวาวเครือแดงแตกเถาเครือและใบใหม่ในเดือนมกราคม ใบเจริญเต็มที่ในเดือนกันยายน ผลัดใบทั้งต้นในเดือนตุลาคม ออกดอกในเดือนพฤศจิกายน ติดฝักและพัฒนาเป็นฝักแก่ ในเดือนมีนาคม ในแปลงทดลองการเจริญเติบโตทางลำต้นเกิดช้ามาก แตกยอดภายในอายุ 2 เดือน ผลัดใบที่อายุ 10 เดือน แตกเถาและใบใหม่ที่อายุ 12 เดือน ระดับการให้น้ำทำให้การเจริญเติบโตที่อายุ 12 และ 14 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้น้ำทุก 3 วัน และ 7 วัน มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น จำนวนใบ/ต้น และ ความยาวราก/ต้น มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่การให้น้ำทุก 3 วัน กวาวเครือแดงในอุทยานแห่งชาติภูพาน และในแปลงทดลองไม่มีสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone ในแปลงทดลองกวาวเครือแดงอายุ 12 เดือน และ 14 เดือน ที่ให้น้ำทุก 3 วัน และทุก 7 วัน มี stigmasterol ประมาณ 500-1000 ppm ดังนั้น การให้น้ำเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญในการเพิ่มปริมาณสาร stigmasterol และการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดง

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนักศึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

BOONRUAM KIDKA : INFLUENCE OF ENVIRONMENT ON CULTIVATION, GROWTH AND CONSTITUENT OF CHEMICALS IN TUBEROUS ROOT OF RED KWAO KRUA (*Butea superba* Roxb.).
THESIS ADVISOR : ASST. PROF.YUVADEE MANAKASEM, Ph.D.
85 PP. ISBN 974-533-346-8

Butea superba Roxb./CULTIVATION/PHENOLOGICAL CYCLE/3,7,3'–TRIHYDROXY-4'-METHOXYFLAVONE/STIGMASTEROL

Three experiments were conducted between 2002 and 2004 at Phu Phan National Reserved Forest, Kalasin Province and at Suranaree University of Technology Farm. Experiment 1 was the study of phenological cycle of the Red Kwao Krua. Experiment 2 was the study of the effect of the irrigation, the spacing and the light shading on vegetative growth of the Red Kwao Krua at the age of 6, 8, 10, 12 and 14 months. The Split –Split Plot in RCBD with 3 blocks was designed in experiment 2. Experiment 3 was a study of the accumulation of 3,7,3'–trihydroxy-4'-methoxy flavone and stigmasterol. The results showed that the young shoot and leaves of the Red Kwao Krua initiated in January, matured in September, and the leaves had completely fallen by October. The flowering started in November and then set pods; the pods matured in March. The Red Kwao Krua in the experimental field grew very slowly; it initiated the shoot at 2 months. All the leaves fell at 10 months. The new climbing stem and the new leaves initiated at 12 months. The irrigation levels showed significant effect on the vegetative growth at 12 and 14 months. The irrigation at 3 day intervals and 7 day intervals were not significantly

different for almost all of the growth measurements. However, the number of the leaves/plant and the length of the root/plant that were irrigated at 3 day intervals gave the most growth at 14 months. The Red Kwao Krua growing at Phu Phan National Reserved Forest and at the University farm did not have 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxy flavone accumulated. The Red Kwao Krua in the experimental field accumulated the stigmasterol at the level of 500-1000 ppm when irrigated at 3 day intervals and at 7 day intervals at 12 and 14 months. The results led to the conclusion that the irrigation level is a significant factor to increase the vegetative growth and the amount of stigmasterol in the Red Kwao Krua.

School of Crop Production Technology
Academic Year 2004

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____
Co-advisor's Signature _____
Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่างๆที่ได้ช่วยเหลือและสนับสนุนให้การดำเนินการวิจัยในครั้งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผศ. ดร.ยุวดี มานะเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร.พูนศุข ศรีโยธา และ ผศ. ดร.หัสไชย บุญจูง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้โอกาสและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการและการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ดร.กุลวดี รังษีวัฒนานนท์ และ รศ. ดร.สันติ ศักดารัตน์ และ คุณชัยวัฒน์ คงมั่นกลาง ที่กรุณาให้คำปรึกษาในด้านการใช้เครื่องมือวิเคราะห์และการแปรผลทางเคมี

คุณพรสวรรค์ คิดค้า ที่ได้ช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

เจ้าหน้าที่จากฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสรีระวิทยาการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

คุณเกษร เมืองทิพย์ ที่กรุณาตรวจทานต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และคุณพนทิพย์ จันทร์ราช เพื่อนนักศึกษาร่วมห้องปฏิบัติการที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยดี

สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อและให้คำแนะนำเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ

ทบวงมหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับมหาบัณฑิตแก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยทุนพัฒนาอาจารย์วิทยาเขตสารสนเทศของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวคิดค้าที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อพร้อมทั้งช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา และการดำเนินชีวิตตลอดมา

บุญร่วม คิดค้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้	3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 การทดลองที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ การเจริญและการพัฒนาของกวาวเครือแดงในธรรมชาติ	22
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์	22
3.1.2 สถานที่ทำการทดลอง	22
3.1.3 ระยะเวลาการทดลอง	22
3.1.4 วิธีการทดลอง	22
3.1.5 การรวบรวมข้อมูล	22
3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	22
3.2 การทดลองที่ 2 อิทธิพลของการเขตกรรมบางประการและสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในสภาพแปลงปลูก	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.2.1 วัสดุอุปกรณ์	23
	3.2.2 สถานที่ทำการทดลอง	23
	3.2.3 ระยะเวลาการทดลอง	23
	3.2.4 วิธีการทดลอง	23
	3.2.5 การรวบรวมข้อมูล	25
	3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	27
	3.3 การทดลองที่ 3 การตรวจสอบสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxy flavone และstigmasterol ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงในแปลงปลูกและในป่าที่เป็นแหล่งของต้นพันธุ์ในแปลงปลูก	28
	3.3.1 วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี	28
	3.3.2 สถานที่ทำการทดลอง	28
	3.3.3 ระยะเวลาการทดลอง	28
	3.3.4 วิธีการทดลอง	29
	3.3.4.1 การตรวจสอบสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone	29
	3.3.4.2 การตรวจสอบสาร stigmasterol	32
	3.3.5 การรวบรวมข้อมูล	32
	3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	32
4.	ผลการทดลอง	
	4.1 การทดลองที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ การเจริญและการพัฒนาของกวาวเครือแดงในธรรมชาติ	33
	4.1.1 การเจริญและพัฒนาทางลำต้นและใบ	33
	4.1.1.1 ระยะแตกเถาและใบใหม่	33
	4.1.1.2 ระยะการเจริญและการพัฒนาของเครือเถาและใบใหม่	33
	4.1.1.3 ระยะใบแก่	33
	4.1.1.4 ระยะผลัดใบ	33
	4.1.2 การเจริญและพัฒนาในระยะสืบพันธุ์	34
	4.1.2.1 ระยะออกดอก	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4.1.2.2 ระยะติดฝักและการพัฒนาของฝัก 34

4.2 การทดลองที่ 2 39

4.2.1 การเจริญเติบโตของลำต้นและใบ 39

4.2.2 การเจริญเติบโตของราก 40

4.2.3 รูปแบบการเจริญเติบโตในแปลงทดลอง 47

4.3 การทดลองที่ 3 53

4.3.1 การตรวจสอบ 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone 53

4.3.2 การตรวจสอบ stigmasterol 56

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง 57

5 บทสรุป 63

รายการอ้างอิง 66

ภาคผนวก 71

ประวัติผู้เขียน 85

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญและพัฒนาของกวาวเครือขาว ในระยะต่างๆ กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน	8
2.2	ลักษณะภูมิอากาศในบริเวณที่พบกวาวเครือแดง	15
2.3	ค่าวิเคราะห์ดินในบริเวณที่พบกวาวเครือแดงในพื้นที่ที่ต่างกัน	16
2.4	ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ เฉลี่ยรายเดือนในบางจังหวัด	19
2.5	สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบ เอ	20
2.6	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ในช่วงต่างๆของการพัฒนาการของไม้ผล	21
4.1	จำนวนใบต่อต้นที่ ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	42
4.2	อิทธิพลร่วมระหว่างการให้น้ำกับการพรางแสงต่อจำนวนใบเฉลี่ย/ต้น	43
4.3	ขนาดใบที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	43
4.4	อัตราการสังเคราะห์แสงที่ได้รับอิทธิพลจากการให้น้ำ	43
4.5	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	44
4.6	ความสูงของต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	44
4.7	จำนวนรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	44
4.8	ความยาวของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	45
4.9	เส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	45
4.10	น้ำหนักสดของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	45
4.11	น้ำหนักแห้งของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	46
4.12	ความชื้นของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	46
4.13	ความหนาแน่นของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ	46
5.1	การประเมินปริมาณสาร stigmasterol ของกวาวเครือแดงจากแปลงปลูกที่อายุต่างๆ	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกวาวเครือแดง	5
2.2	การเจริญและพัฒนาในรอบปีของกวาวเครือขาว	9
2.3	β-sitosterol (R = C_2H_6) และ campesterol (R = CH_3)	11
2.4	สูตรโครงสร้างของสาร stigmasterol	11
2.5	สูตรโครงสร้างของสาร β-sitosteryl-3-O-β-D-glucopyranoside	11
2.6	สูตรโครงสร้างของสาร stigmasteryl-3-O-β- D-glucopyranoside	11
2.7	สูตรโครงสร้างของสาร 3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone	12
2.8	สูตรโครงสร้างของสาร 3,3'–dihydroxy-4'–methoxyflavone –7-O-β-D-glucopyranoside	12
3.1	แผนผังแปลงปลูกกวาวเครือแดง ที่วางแผนการทดลอง แบบ split-split plot ที่ main plot วางแผนแบบสุ่มภายในบล็อก	12
3.2	แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัดสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และ สาร stigmasterol	31
4.1	การเจริญและพัฒนาในรอบปีของกวาวเครือแดง	35
4.2	ระยะแตกเถาและใบใหม่	36
4.3	ระยะการเจริญและพัฒนาของเถาและใบใหม่	36
4.4	ระยะใบแก่	36
4.5	ระยะผลัดใบ	37
4.6	กวาวเครือแดงในระยะดอกบาน	38
4.7	การพัฒนาของฝักและต้นกวาวเครือแดงในระยะติดฝัก	38
4.8	การเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในแปลงปลูกที่อายุ 4 เดือน	47
4.9	ลำต้นตั้งตรงที่อายุ 6 เดือน	47
4.10	ลำต้นตั้งตรงที่อายุ 8 เดือน	48
4.11	ใบร่วงทั้งต้นที่อายุ 10 เดือน	48
4.12	แตกเครือเถาที่อายุ 12 เดือน	48
4.13	เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่อายุ 14 เดือน	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.14	การเพิ่มน้ำหนักของรากที่อายุต่างๆ	49
4.15	การเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่อายุต่างๆ	50
4.16	การเพิ่มขนาดความยาวของรากที่อายุต่างๆ	50
4.17	รากกวาวเครือแดงที่อายุ 6 เดือน	51
4.18	รากกวาวเครือแดงที่อายุ 8 เดือน	52
4.19	รากกวาวเครือแดงที่อายุ 10 เดือน	51
4.20	รากกวาวเครือแดงที่อายุ 12 เดือน	51
4.21	รากกวาวเครือแดงที่อายุ 14 เดือน	52
4.22	แบคทีเรียปมรากถั่วที่พบในกวาวเครือแดง	52
5.1	โครมาโตแกรมของสาร A และ B	54
5.2	อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร A	54
5.3	อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร B	55
5.4	อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร 3,7,3’-trihydroxy-4’-methoxyflavone	55

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กวาวเครือแดง เป็นพืชที่พบในภาคตะวันตก ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (วุฒิ ธรรมวุฒิเวช, 2540) กวาวเครือแดงถูกนำมาใช้ในตำรับยาแผนโบราณที่มีสรรพคุณบำรุงร่างกายและเป็นยาอายุวัฒนะมาเป็นเวลานาน งานวิจัยในปี พ.ศ. 2537 พบว่ากวาวเครือแดงมีสารสำคัญ 5 กลุ่ม กลุ่มที่สำคัญที่สุดคือ ฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาอาการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศของผู้ชาย (โสภณ เริงสำราญ และคณะ, 2543) ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเสริมสุขภาพหลากหลายชนิดที่ผลิตจากกวาวเครือแดงโดยตรงและใช้กวาวเครือแดงเป็นส่วนผสมออกสู่ตลาดผู้บริโภคเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในตลาดต่างประเทศ นอกจากนี้ ยังมีการส่งออกกวาวเครือแดงในรูปสารสกัดหยาบ (crude extract) ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศเยอรมันนี ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542) ซึ่งผลิตภัณฑ์และสารสกัดเหล่านี้ได้จากการนำกวาวเครือแดงจากป่ามาเป็นวัตถุดิบโดยตรง ซึ่งหาได้ยาก คุณภาพต่ำ มีการปลอมปนสูงและมีราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทำสารสกัดหยาบนั้นจะต้องใช้รากของกวาวเครือแดงมาเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสารที่ต้องการนั้นเป็นประเภทสารทุติยภูมิ (secondary metabolyte) ซึ่งปกติพืชจะสะสมอยู่ในต้นหรือส่วนอื่นๆ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากความต้องการดังกล่าว ทำให้กวาวเครือแดงในธรรมชาติถูกนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น ลดจำนวนในธรรมชาติอย่างรวดเร็วตรงข้ามกับความต้องการของผู้ประกอบการด้านธุรกิจสมุนไพรที่ต้องการกวาวเครือแดงมากขึ้น ทำให้กวาวเครือแดงเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ประกอบกับพืชชนิดนี้อาศัยการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและมีปัญหาด้านการติดฝักและมีการพัฒนาของฝักไปจนถึงระยะฝักแก่ได้ในเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำจนในบางต้นอาจไม่พบฝักแก่ที่จะใช้ในการขยายพันธุ์ได้เลย

นักวิชาการและรัฐบาลจึงเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จนมีการออกประกาศในราชกิจจานุเบกษาให้กวาวเครือแดงเป็นพืชสงวนในปี พ.ศ. 2542 เพื่อเป็นการป้องกันการสูญพันธุ์ และป้องกันการส่งออกไปยังต่างประเทศ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, www , 2542)

ดังนั้นการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพ และปริมาณของกวาวเครือแดงในกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจและลดการนำกวาวเครือแดงจากป่ามาใช้ประโยชน์โดยตรง การวิจัยด้านการปลูกเพื่อใช้

ประโยชน์จึงเป็นทางออกที่ดีอีกทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันยังไม่เคยมีการศึกษาถึงการปลูกกวาวเครือแดงมาก่อน จึงควรเร่งศึกษาถึงวิธีการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์โดยเฉพาะการศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมและการเขตกรรมบางประการต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสารสำคัญในกวาวเครือแดง เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีกว่าในป่าอันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากกวาวเครือแดงให้สูงกว่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน จะทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจถึงคุณประโยชน์ที่จะได้รับจากกวาวเครือแดงมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านการเจริญ และการพัฒนาของกวาวเครือแดง
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการให้น้ำ การจัดระยะปลูก และการพรางแสง ต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสารสำคัญในรากของกวาวเครือแดง
3. เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และ สาร stigmasterol ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาถึงการเจริญและพัฒนาในรอบปีของกวาวเครือแดงในป่าบริเวณเขตอุทยานแห่งชาติภูพานและศึกษาถึงอิทธิพลของการเขตกรรมโดยการให้น้ำ การจัดระยะปลูก การพรางแสง และสภาพแวดล้อมในสภาพแปลงปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และ stigmasterol ของกวาวเครือแดง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความชัดเจนของข้อมูลด้านพฤกษศาสตร์ของกวาวเครือแดงมากขึ้น
2. ได้ข้อมูลแหล่งที่พบ การเจริญและการพัฒนาของกวาวเครือแดง
3. ได้ข้อมูลการปลูก การจัดการและการสะสมสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และ stigmasterol ในรากกวาวเครือแดง
4. ได้วิธีการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์จากกวาวเครือแดงเพื่อแนะนำให้แก่ผู้ปลูกและผู้ทำธุรกิจด้านสมุนไพรไทย
5. เพื่อเป็นข้อมูลในการอนุรักษ์พันธุ์พืชสมุนไพรที่มีคุณค่า หายากและใกล้สูญพันธุ์

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์จากกวาวเครือแดง
2. ผู้ปลูกกวาวเครือแดงและประกอบธุรกิจด้านสมุนไพร
3. สถาบันการศึกษาทั่วไป

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) เป็นพืชในวงศ์ leguminosae อนุวงศ์ papilionoideae มีชื่อตามท้องถิ่นแตกต่างกันไป เช่น ทองเครือ กวาวเครือ จานเครือ ตานจอมทอง โพ้ตะกุ ข้อมูลที่เกี่ยวกับกวาวเครือแดงในปัจจุบันมีอยู่เพียงเล็กน้อย ทั้งทางด้านการการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์การเจริญเติบโต ซึ่งข้อมูลจากบางแหล่งยังคงมีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงกันอยู่ในหลายลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบ่งชี้ถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกวาวเครือแดง ดังนั้นจึงต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูลหลายๆ แหล่งและการบันทึกรายละเอียดเพิ่มเติมในบางลักษณะ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกวาวเครือแดง

ต้น กวาวเครือแดงเป็นไม้เถายืนต้นรอเลื้อยขนาดใหญ่ ในธรรมชาติลำต้นจะเลื้อยพันตามต้นไม้อื่น เนื้อไม้แข็งและผลัดใบ ในสภาพกลางแจ้งลำต้นค่อนข้างตรงและเป็นพุ่มแทนการเลื้อยพัน (ภาพที่ 2.1 ก.) (ชวลิต นิยมธรรม, 2538; วุฒิ ธรรมวุฒิเวช, 2540)

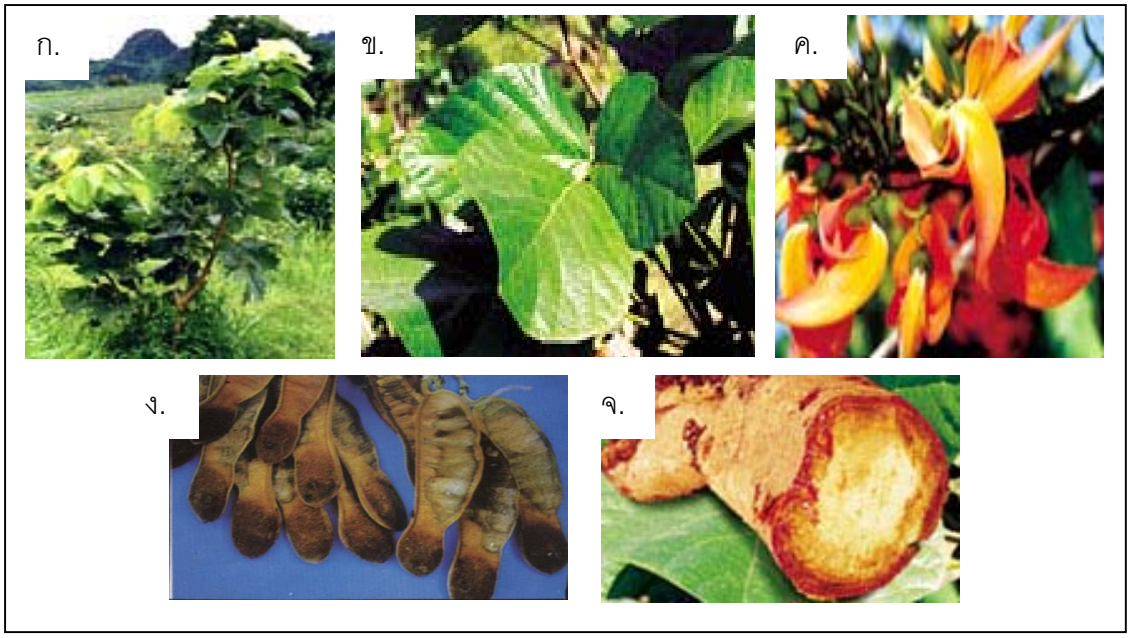
ใบ เป็นใบประกอบแบบฝ่ามือ (palmately compound leaf) ชนิดมีใบย่อยสามใบ (trifoliate leaf) ใบกลางมีปลายใบโค้งมน โคนใบเรียว ผิวด้านบนเรียบด้านล่างมีขนอ่อน สั้นๆ ใบย่อย มีลักษณะเป็นรูปไข่ (ภาพที่ 2.1 ข.) มีเส้นใบข้างละห้า ถึง เจ็ดเส้น ใบแข็งและหนา มีหลายขนาดตั้งแต่เล็กถึงขนาดใหญ่ ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของดินและสภาพของป่า
(สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2537; ชวลิต นิยมธรรม, 2538; สมพร ภูติยานันต์, 2542)

ดอก เป็นดอกช่อแบบอินดีเทอร์มิเนท (indeterminate inflorescence) ชนิดราซีม (raceme) ดอกที่อยู่ล่างสุดจะบานและแก่ก่อนดอกที่อยู่เหนือขึ้นไป ก้านดอกย่อย (pedicel) ยาวใกล้เคียงกัน ดอกมีลักษณะคล้ายดอกแค มีสีส้ม (ภาพที่ 2.1 ค.) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower or bisexual flower) กลีบดอกไม่สมมาตร (bilateral symmetry) กลีบชั้นนอกติดกันเรียกว่า calyx tube กลีบชั้นในมีห้ากลีบขนาดไม่เท่ากันจัดเรียงตัวแบบผีเสื้อ (papilionaceous) กลีบที่ใหญ่ที่สุดเรียกว่า standard อีกสองกลีบถัดจาก standard เข้าไป เรียกว่า wing และกลีบข้างในสุดเชื่อมกันเป็นรูปเรือเรียกว่า keel มีเกสรตัวผู้ (stamen) สิบอัน มีก้านเชื่อมติดกันและแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มหนึ่งมีเกสรตัวผู้เก้าอัน อีกกลุ่มมีหนึ่งอัน รังไข่ (ovary) เป็นชนิด superior ซึ่งจะวางตัวอยู่เหนือฐานรองดอก

(receptacle) ภายในรังไข่มีหนึ่งห้อง (locule) มีไข่ (egg) ตั้งแต่หนึ่งอันขึ้นไป ช่อดอกของกวาวเครือแดงจะออกตามข้อของเถา (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2537; ชวลิต นิยมธรรม, 2538; วุฒิ ธรรมวุฒิเวช, 2540; สมพร ภูติยานันต์, 2542)

ฝัก ฝักแบนและบาง มีเมล็ดขนาดใหญ่ทางส่วนปลายของฝัก ส่วนที่เหลือจะทำหน้าที่คล้ายเป็นปีกเพื่อให้ฝักที่มีเมล็ดแก่เต็มที่พร้อมจะขยายพันธุ์ ปลิวออกไปได้ไกลจากต้นมากขึ้นฝักอ่อนเป็นสีเขียว เมื่อแก่จะเป็นสีน้ำตาล ฝักส่วนใหญ่มีเมล็ดสมบูรณ์หนึ่งเมล็ด (ภาพที่ 2.1 ง.) (อรดี สหวัชรินทร์, 2542; สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล, 2544)

ราก เป็นรากสะสมอาหาร (tuberous root) ลักษณะของรากและรูปแบบการเกิดรากคล้ายกับมันสำปะหลัง หนึ่งรากอาจยาวได้ประมาณห้าฟุต เมื่อเกิดบาดแผลที่เปลือกจะมียางสีแดงซึมออกมาเพื่อปิดส่วนที่เป็นแผล (ภาพที่ 2.1 จ.) (ชวลิต นิยมธรรม, 2538; โสภณ เริงสำราญและคณะ, 2543; สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล, 2544)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกวาวเครือแดง

ก. ต้น ที่มา www.thaipuraria.com

ข. ใบ ที่มา www.thaipuraria.com

ค. ดอก ที่มา www.thaipuraria.com

ง. ฝัก ที่มา อรดี สหวัชรินทร์, (2542)

จ. รากสะสมอาหาร ที่มา www.thaipuraria.com

การใช้ประโยชน์จากกวาวเครือแดง

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ (2543) กล่าวว่า ยังไม่พบรายงานการวิจัยทางคลินิกวิทยาของกวาวเครือแดง มีเพียงกรณีศึกษาของหมอพื้นบ้านที่เล่าสืบกันมาว่า ตำหรับยาที่ปรุงจากกวาวเครือแดงสามารถรักษาอาการอ่อนเพลีย ผอมแห้ง แรงน้อย กินไม่ได้นอนไม่หลับ โดยการกินผงกวาวเครือแดงที่ปั้นเป็นก้อนขนาดเท่าเม็ดพริกไทยแล้วแบ่งกิน สอง ใน สาม ส่วน

Kornkanok ingkaninan et al. (2003) พบว่า สารสกัดหยาบจากเปลือกรากกวาวเครือแดงแสดงการยับยั้งกิจกรรมของ acetylcholinesterase (AchE) ได้ 50-65 % ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวใช้ประโยชน์ในการรักษาโรคความจำเสื่อม (alzheimer's disease) เนื่องจากวิธีการรักษาต้องทำให้ระดับของ acetylcholine ในสมองเพิ่มสูงขึ้น โดยใช้สารที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของ acetylcholinesterase ได้ดี มาผลิตเป็นยาที่ใช้ในการรักษา (Enz et al., 1993)

วันเฉลิม จันทรากุล (2542) อ้างถึงการศึกษาของ รศ.ดร. วิชัย เชิดชีวศาสตร์ ที่ใช้กวาวเครือแดงเป็นอาหารเสริมสุขภาพในรูปแคปซูลละลายในกระเพาะอาหาร ในกลุ่มบุรุษวัยเจริญพันธุ์ที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป พบว่า เกิดการตอบสนองในเชิงบวกต่อสมรรถภาพทางเพศ โดยทำให้อวัยวะเพศแข็งตัวเร็วขึ้นและอยู่ได้นานหลังการหลั่งอสุจิบางรายพบว่ามีการสร้างอสุจิได้มากขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่ามีผลเชิงบวกต่อความรู้สึกกระปรี้กระเปร่าและมีผลเชิงบวกต่อการกระตุ้นให้ผมสีขาวเปลี่ยนเป็นสีดำอีกด้วย

อธิพงษ์ มานะเสถียร (2545) ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการให้กวาวเครือแดงในหนูขาวโดยใช้สารสกัดหยาบ (crude extract) จากรากกวาวเครือแดง ฉีดให้หนูขาวแล้วศึกษาผลที่เกิดขึ้นต่ออวัยวะภายใน เช่น หัวใจ ตับ ไต ต่อมหมวกไตและองค์ประกอบของเลือดหนูขาวเพศผู้ พบว่า การให้สารสกัดขนาด 50 มก./วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ทำให้หนูขาวมี น้ำหนักของตับเพิ่มขึ้น เซลล์ตับมีขนาดใหญ่ขึ้นและตับทำงานมากขึ้นและมีคลอเรสเตอร์รอล ลดลง ด้วย แต่ไม่พบผลดังกล่าวในการให้สารสกัดขนาดต่ำกว่า 50 มก./วัน จึงสรุปว่าการกินกวาวเครือแดงในปริมาณที่ต่ำไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะภายในดังกล่าวของสัตว์ทดลองได้

ตำรับยาไทยที่มีกวาวเครือแดงเป็นส่วนผสม จะมีกวาวเครือเป็นส่วนประกอบเพียง 5-30 % เท่านั้นและการนำมาปรุงยาจะต้องลดความเป็นพิษลงโดยใช้พิกัดยามาช่วยควบคุมฤทธิ์ พิกัดยาที่นิยมใช้ร่วมกัน ได้แก่ พิกัดยาเบญจกูล ที่ประกอบด้วย ดอกดีปลี รากช้าพลู เถาสะค้าน รากเจตมูลเพลิงแดงและหัวขิงแห้ง หรือ พิกัดยาตรีผลา ซึ่งประกอบด้วย ลูกสมอไทย ลูกสมอพิเภก ลูกมะขามป้อม เป็นต้น การบริโภคกวาวเครือทุกชนิดโดยไม่ผ่านการลดพิษ หรือไม่ใช้พิกัดยาควบคุมฤทธิ์ ทำให้เกิดอันตรายได้ (นิรนาม, www., 2542)

การเจริญเติบโตและพัฒนาในรอบปี (phenological cycle) ของกวาวเครือแดง

แม้จะยังไม่มีรายงานการศึกษาการเจริญและพัฒนาในรอบปีของกวาวเครือแดง แต่ในกวาวเครือขาว ซึ่งอยู่ในวงศ์และอนุวงศ์เดียวกันนั้น ประสาร ฉลาดคิด (2546) รายงานว่า กวาวเครือขาวที่ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีการเจริญเติบโตและการพัฒนาในรอบปี ดังแสดงในภาพที่ 2.2 โดยกวาวเครือขาวเริ่มแตกเครือเถาและใบอ่อน ในเดือนกุมภาพันธ์ หลังจากนั้นเครือเถาและใบอ่อนจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ใบอ่อนเกิดขึ้นบริเวณข้อและเพิ่มจำนวนมากขึ้นตามการเจริญเติบโตของเถาเครือ ใบอ่อนจะเพิ่มขึ้นถึง 90 – 100 % ในเดือนเมษายน จากนั้นจะเริ่มเจริญและพัฒนาเต็มที่ในเดือนมีนาคม ถึง เดือนกรกฎาคม ใบที่เจริญและพัฒนาเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นใบแก่ในเดือนมิถุนายนและพัฒนามากขึ้นจนกระทั่งใบแก่ทั้งต้นในเดือนพฤศจิกายน เริ่มผลัดใบในเดือนตุลาคมและผลัดใบทั่วต้นในเดือนกุมภาพันธ์ ออกดอกและบานในเดือนกุมภาพันธ์ ติดฝักและพัฒนาไปเป็นฝักแก่ในเดือน มีนาคมและฝักแก่ทั้งหมด ในเดือนเมษายน

ยุทธนา สมิตศิริและชรินทร์ วังใจ (2529) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับการเจริญเติบโตของกวาวเครือขาวที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในสภาพแห้งแล้ง น้ำน้อย อุณหภูมิกลางวัน 30 – 37 ° ซ. ลำต้นของกวาวเครือขาวจะยืดตัว แต่ถ้าฝนตกติดต่อกันและอุณหภูมิกลางวันต่ำกว่า 30 ° ซ. ขนาดของใบและก้านใบจะเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ ประสาร ฉลาดคิด (2546) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญและพัฒนาของกวาวเครือขาวระยะต่างๆ กับ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน ที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 จึงสรุปว่า มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (significant) ระหว่างคู่ของ

1) อุณหภูมิสูงสุด กับ การเจริญและพัฒนาของใบ
2) ความชื้นสัมพัทธ์ กับ การผลัดใบ
3) ปริมาณน้ำฝน กับ การแก่ของฝัก

ตารางที่ 2.1 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญและพัฒนาของกวาวเครือขาวในระยะต่างๆ กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน

ลักษณะภูมิอากาศ (เฉลี่ยทุก 15 วัน)	เปอร์เซ็นต์การเจริญของกวาวเครือขาวในระยะต่าง ๆ					
	การออกดอก	การแก่ของฝัก	การแตกใบอ่อน	การเจริญและพัฒนาของใบ	การแก่ของใบ	การผลัดใบ
อุณหภูมิสูงสุด (° ซ.)	0.8223^{ns}	0.4028^{ns}	0.8731^{ns}	0.6829*	0.3492^{ns}	0.3169^{ns}
อุณหภูมิต่ำสุด (° ซ.)	0.9419^{ns}	0.6535^{ns}	0.4684^{ns}	0.0082^{ns}	0.3492^{ns}	0.0645^{ns}
ความชื้นสัมพัทธ์(%)	0.9514^{ns}	0.9650^{ns}	0.8621^{ns}	0.4825^{ns}	0.1402^{ns}	0.6822*
ปริมาณน้ำฝน (มม.)	0.3301^{ns}	0.9911*	0.0360^{ns}	0.1419^{ns}	0.0266^{ns}	0.1567^{ns}

ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95 %

หมายเหตุ จาก ประสาร ฉลาดคิด (2546)

ภาพที่ 2.2 การพัฒนาของความเครียดในรถยนต์ (ประสาร ผลเดชดิ, 2546)

องค์ประกอบทางเคมีในรากสะสมอาหาร (tuberous root) ของกวาวเครือแดง

ธนาธิป รักศิลป์ (2537) พบว่า รากกวาวเครือแดงที่นำมาจากป่าเบญจพรรณในจังหวัดลำปางมีองค์ประกอบทางเคมีของสาร 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กรดอินทรีย์ชนิดโซ่ตรง (carboxylic acid) ได้แก่

(1) decosanoic acid สูตรโมเลกุล $C_{22}H_{44}O_2$

(2) tricosanoic acid สูตรโมเลกุล $C_{23}H_{46}O_2$

(3) tetracosanoic acid สูตรโมเลกุล $C_{24}H_{48}O_2$

(4) pentacosanoic acid สูตรโมเลกุล $C_{25}H_{50}O_2$

(5) hexacosanoic acid สูตรโมเลกุล $C_{26}H_{52}O_2$

กลุ่มที่ 2 สารกลุ่มไขมันพืช (phytosterols) ภาพที่ 2.3 และ ภาพที่ 2.4 ได้แก่

(1) β-sitosterol

(2) campesterol

(3) stigmasterol

กลุ่มที่ 3 สเตอร์รอลไกลโคไซด์ ภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6 ได้แก่

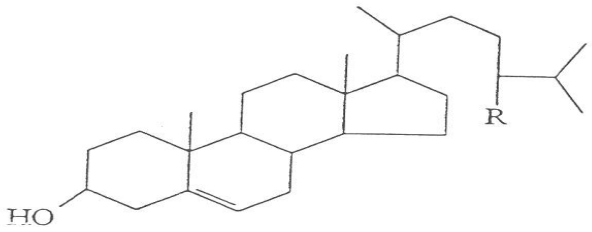
(1) β-sitosteryl-3-O-β-D-glucopyranoside

(2) stigmasteryl-3-O-β- D-glucopyranoside

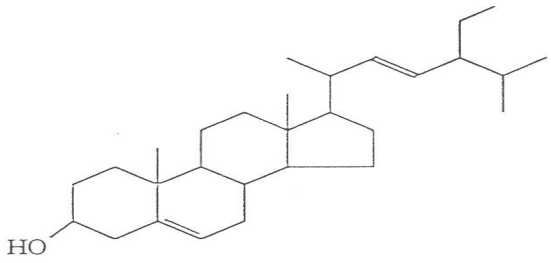
กลุ่มที่ 4 ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ภาพที่ 2.7 และ ภาพที่ 2.8

(1) 3,7,3’–trihydroxy-4‘–methoxyflavone

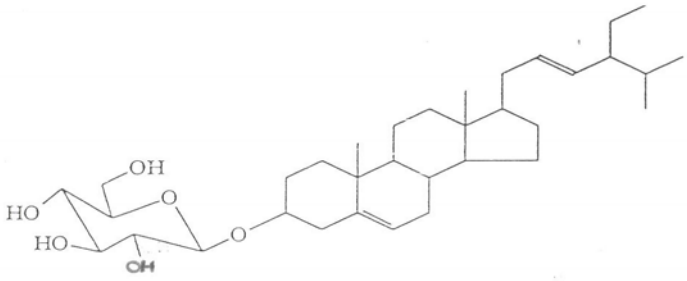
(2) 3,3’–dihydroxy-4‘–methoxyflavone–7-O-β-D-glucopyranoside



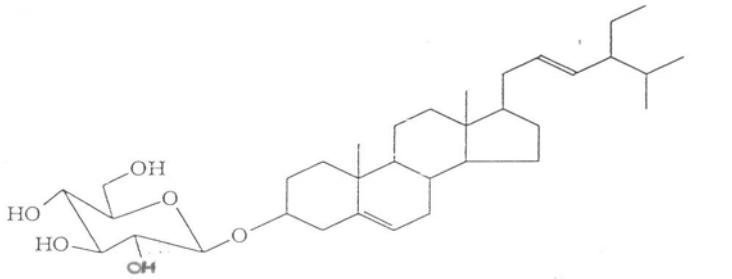
ภาพที่ 2.3 β-sitosterol ($R = C_2H_6$) และ campesterol ($R = CH_3$)



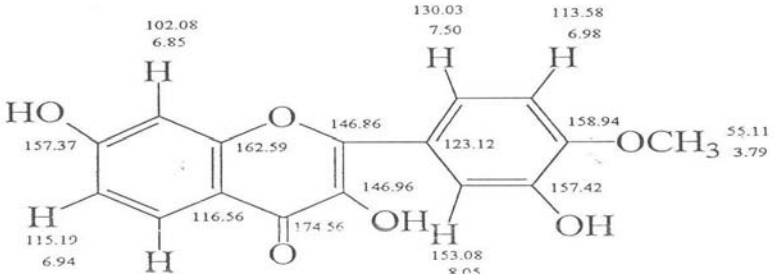
ภาพที่ 2.4 stigmasterol



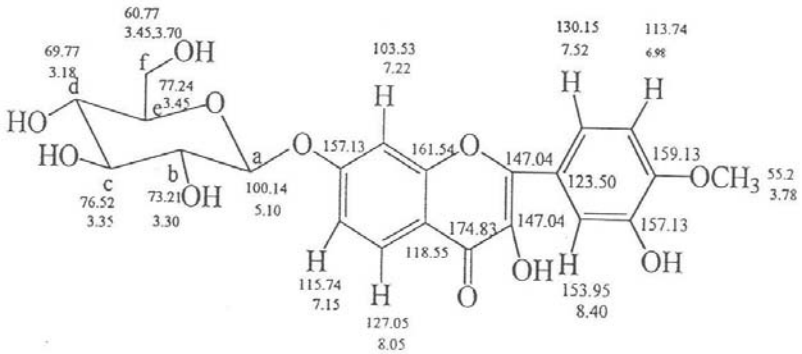
ภาพที่ 2.5 β-sitosteryl-3-O-β-D-glucopyranoside



ภาพที่ 2.6 stigmasteryl-3-O-β- D-glucopyranoside



ภาพที่ 2.7 3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone



ภาพที่ 2.8 3,3'–dihydroxy-4'–methoxyflavone–7-O-β-D-glucopyranoside

การทราบองค์ประกอบทางเคมีในรากกวาวเครือแดง ทำให้มีการศึกษาด้านฤทธิ์ทางชีวภาพด้านพิษวิทยาและความปลอดภัยของผู้บริโภคของนักวิจัยหลายกลุ่ม ขณะเดียวกัน ผลิตภัณฑ์จากกวาวเครือแดงในตลาดก็มีผู้บริโภคมากขึ้น ในปัจจุบันพบว่ามีผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น สมุนไพรกวาวเครือแดงตราดอกว่าน มีส่วนประกอบของกวาวเครือแดง 180 มก./แคปซูล อ้างสรรพคุณในการบำรุงร่างกายและรักษาอาการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศของบุรุษ ผลิตภัณฑ์รักษาอาการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศในรูปเจล ตราวิชัย111 ตรามิลิฟรองค์ 98 หรือจำหน่ายในรูป ผง ยาเม็ดลูกกลอน หรือรากที่ฝานตากแห้ง เป็นต้น

อาการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศ (impotent) ของผู้ชายเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ cyclic-adenosine 3',5' -monophosphate phosphodiesterese (cAMP – phosphodiesterese) เอนไซม์ชนิดนี้จะไปยับยั้งการแข็งตัวขององคชาติโดยทำให้เลือดไหลเข้าสู่องคชาติได้ไม่เต็มที่ แนวทางในการรักษาคือการหาสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้มาใช้เมื่อการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวถูกยับยั้งก็จะทำให้เลือดไหลเข้าสู่องคชาตได้ดีขึ้นทำให้เกิดการแข็งตัวได้ตามปกติ (Thaipuerarian, www., 2002)

ไพลิน สิทธิวิเชียรวงศ์ (2542) พบว่า สาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone ในรากกวาวเครือแดงแสดงการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cAMP - phosphodiesterese ได้มากกว่า 50 % ที่ความเข้มข้นของสารสกัดจากพืช 200 ไมโครกรัม/มล. เช่นเดียวกับ โสภณ เริงสำราญและคณะ (2543) ที่ศึกษา การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cAMP - phosphodiesterese ของสาร 3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone และ สาร 3,3'–dihydroxy-4'–methoxyflavone–7-O-β-D-glucopyranoside ในรากของกวาวเครือแดง พบว่า สารทั้งสองมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cAMP - phosphodiesterase หรือ inhibitory concentration 50 % (IC_{50}) เท่ากับ 190 และ 58 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ ดังนั้น การที่กวาวเครือแดงมีสารที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว จึงมีคุณสมบัติในการรักษาอาการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศของผู้ชายได้

การศึกษาของ สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล (2545) โดยให้หนูขาวกินผงป่นรากกวาวเครือแดงขนาด 5 มก./ครั้ง/วัน เป็นเวลา 21 วัน พบว่า น้ำหนักตัวและปริมาณอสุจิ ของหนูขาว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและการให้เป็นเวลา 21 วัน และ 42 วัน พบว่า หนูขาวแสดงพฤติกรรมทางเพศมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดและความยาวขององคชาติของหนูขาวเพิ่มขึ้นและองคชาติแข็งตัวนานขึ้น จึงสรุปว่าน่าจะเป็นผลมาจากสารประกอบ สเตอร์รอยด์ (steroids) และ ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ (flavonoid glycosoids) ไปมีผลต่อ เทสโทสเตอร์โรน (testosterone) ทำให้หลอดเลือดของของหนูขาวขยายตัว

Smith and Wood (1992) พบว่า สารที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cAMP–phosphodiesterese สามารถกระตุ้นการทำหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และกระตุ้นการทำหน้าที่ของเซลล์ได้ ยิ่งไปกว่านั้น ยังช่วยลดความรุนแรงของโรคร้ายแรง (severe diseases) ได้หลายโรค เช่น โรคเบาหวาน (diabetes) (Hemington and Chenoweth, 1973; Das and Chain, 1972) โรคความดันโลหิตสูง (hypertension) (Amer, 1973) โรคหืด (asthma) (Parker and Smith, 1973) โรคตับโต (hepatomas) (Rhoads, Morris and West, 1972) และโรคมะเร็ง (cancer) (Emmelot and Bos, 1971)

สารกลุ่มไขมันพืช (phytosterols) ที่พบในกวาวเครือแดง ได้แก่ campesterol β-sitosterol และ stigmasterol มีคุณสมบัติตรงข้ามกับ cholesterol ซึ่งเป็นไขมันสัตว์ ในพืชทั่วไปพบว่ามี campesterol 5 % β-sitosterol 20 % และ stigmasterol 70 % (Dyas and Goad, 1993)

β-sitosterol ยังไม่มีการใช้ประโยชน์โดยตรงจากกวาวเครือแดง ปัจจุบันได้จากน้ำมันข้าวโพด (corn oils) น้ำมันรำข้าว (rice bran) น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง ซึ่งจะมี β-sitosterol ในปริมาณที่สูง (Awad, et al., 2000) การบริโภค β-sitosterol ปริมาณ 500 มก./วัน และ 1 ก./วัน สามารถลดระดับของ คลอเรสเตอร์รอลในเลือดได้ การบริโภคในปริมาณ 60 มก./วัน และ 130 มก./วัน ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งต่อมลูกหมาก ชนิด benign prostatic hyperplasia ได้ (Berges, et al., 1995; Lowe and Ku, 1996: Klippel, et al., 1997; Kobayashi, Sugaya and Tokue, 1998) นอกจากนี้ Budavari, (1998) พบว่าสารนี้ช่วยยับยั้งกระบวนการที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง (cacinogenesis) และช่วยในการรักษาโรคมะเร็งต่อมลูกหมากชนิด prostatic adenoma ในทางการแพทย์นิยมใช้ β-sitosterol เพื่อรักษาโรค type II hyperlipoproteinemia เพราะช่วยยับยั้งการดูดซึมคลอเรสเตอร์รอลและใช้เป็นยาลดระดับ cholesterol ในโลหิตด้วย (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Miettinen and Vanhanen (1994) และ Miettinen, Tilvis and Kaseniemi (1990) ที่พบว่า β-sitosterol มีบทบาทในการลดระดับ คลอเรสเตอร์รอล ในโลหิตได้

stigmasterol เป็นสารที่มีสรรพคุณ เหมือน β-sitosterol นิยมใช้ร่วมกันในการป้องกันโรค และยังเป็นสารสำคัญในการสังเคราะห์ steroid hormone ในโรงงานอุตสาหกรรม (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2540) อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สามารถแสดงฤทธิ์ต่อระบบสืบพันธุ์โดยใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาคุมกำเนิด ในปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอาหารเสริมสุขภาพและช่วยลดการสะสมของคลอเรสเตอร์รอลในร่างกายของมนุษย์ได้
(ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์และ พรรณนิภา ชุมศรี, 2535)

สภาพแวดล้อมและการเขตกรรม กับ การเจริญเติบโตและคุณภาพของกวาวเครือแดง

สภาพแวดล้อมที่พบกวาวเครือแดง

อธิพงษ์ มานะเสถียร (2545) พบกวาวเครือแดงที่อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ ในที่ดอน ความลาดชันไม่เกิน 20 องศา อยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 300 – 700 ม. ลักษณะอากาศหนาวเย็นในฤดูหนาวและร้อนจัดในฤดูร้อน โดยพบขึ้นปะปนกับต้นไม้อื่นในสภาพที่เคยเป็นป่าเบญจพรรณมาก่อนและในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบกวาวเครือแดงในเนินเขาเตี้ยๆ มีความลาดชันปานกลาง ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 280 – 762 ม. อากาศหนาวเย็นในฤดูหนาวและค่อนข้างร้อนในฤดูร้อน สภาพพื้นที่เป็นไร่ร้าง ซึ่งลักษณะภูมิอากาศของทั้งสองพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะภูมิอากาศในบริเวณที่พบกวาวเครือแดง

ภูมิอากาศ	อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา	อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่
อุณหภูมิสูงสุด (° ซ.)	34.98 $\pm$ 0.67	39.60 $\pm$ 0.90
อุณหภูมิต่ำสุด (° ซ)	23.17 $\pm$ 0.61	20.53 $\pm$ 0.59
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	96.91 $\pm$ 2.31	83.88 $\pm$ 2.35
ปริมาณน้ำฝน (มม./ปี)	1,072 $\pm$ 139.41	1,157.43 $\pm$ 224.02

หมายเหตุ จาก สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล (2545) และอธิพงษ์ มานะเสถียร, (2545)

การเขตกรรม

พื้นที่ปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Wilsie (1961) เมื่อพื้นที่สูงขึ้น อุณหภูมิจะต่ำลง การปลูกถั่วเหลือง ตั้งแต่ 0-1 ม. 506 ม. 1394 ม. และ 1634 ม. พบว่า เมื่อความสูงของพื้นที่เพิ่มขึ้น อายุการสุกแก่จะยาวขึ้นและที่ความสูง 1634 ม. ทำให้ผลผลิตต่ำลง แต่คุณภาพเมล็ดดี

ราเชนทร์ ถิระพรและคณะ (2536) ศึกษาชนิดของดินที่เหมาะสมกับการปลูกฟ้าทะลายโจร พบว่า ดินชุดปากช่องให้ค่าน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงมาคือ ดินชุดตาคลี ดินชุดระยอง และดินชุดโคราช ตามลำดับ ทิพพาพรรณ พิทักษ์พงศ์ (2543) รายงานว่า ขมิ้นที่ปลูกในจังหวัดสงขลา มีปริมาณของสาร cucerminoid ที่สูงกว่าการปลูกในพื้นที่อื่นๆ

สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล (2545) และอธิพงษ์ มานะเสถียร, (2545) รายงานว่า คุณภาพของกวาวเครือแดงที่พบในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียวและอำเภอสูงเม่นไม่เหมือนกันโดยกวาว เครือแดงจากอำเภอวังน้ำเขียว ที่ทำให้หนูขาวมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้นและน้ำหนักสัมพัทธ์ของหัวใจ ไต จำนวนเซลล์ตับ จำนวนเม็ดเลือดขาว ค่าเฉลี่ยของปริมาณเม็ดเลือดแดงหนึ่งเซลล์ และค่าเฉลี่ย ฮีโมโกบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงหนึ่งเซลล์ให้ผลแตกต่างกับกวาวเครือแดงจากอำเภอสูงเม่น

ตารางที่ 2.3 ค่าวิเคราะห์ดินในบริเวณที่พบกวาวเครือแดงในพื้นที่ที่ต่างกัน

ชนิดธาตุอาหาร	อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา	อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.4	6.09
ความชื้น (%)	85.43	89.12
ความเค็ม (ds/m)	0.07	0.12
ไนโตรเจน (%)	0.5	1.5
ฟอสฟอรัส (ppm)	2	10
โพแทสเซียม (ppm)	28	48
แคลเซียม (ppm)	3,150	7,570
อินทรียวัตถุ (%)	0.5	1.5

หมายเหตุ สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล (2545) และอธิพงษ์ มานะเสถียร, (2545)

พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกัน เช่น มีธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียมและอินทรีย์วัตถุไม่เท่ากัน คุณสมบัติของกวาวเครือแดงจะแตกต่างกัน ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าอาจจะมีสารฟลาโวนอยด์ในกวาวเครือแดงสูงกว่าที่พบในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงได้ Kidd et al (2001) รายงาน เกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของสารฟลาโวนอยด์ในข้าวโพดพันธุ์ที่ทนทานต่อความเป็นพิษของธาตุอลูมิเนียมได้ ซึ่งจะทำให้มีการสร้างสารฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นอีก 15 เท่า เมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นพิษของธาตุชนิดนี้อยู่ อรดี สหวัชรินทร์ (2541) พบว่า กวาวเครือแดงเจริญได้ดีในดินที่มีระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่ 5.5 และเจริญเติบโตในดินร่วนและดินร่วนปนทราย

แสงแดด

Kaufan, et al. (1999) พบว่าความเข้มแสงมีบทบาทต่อการสังเคราะห์สารที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งที่ชื่อ camptothecin ใน *Camptotheca accuminata* ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นของประเทศจีนและ Bottomley, et al. (2001) ทดลอง ปลูกถั่วลิสง *(Pisum sativum)* ในสภาวะที่ไม่มีแสง ในสภาวะความเข้มแสงต่ำและในสภาวะความเข้มแสงสูง พบว่า เฉพาะสภาวะความเข้มแสงสูงเท่านั้นที่ทำให้การสร้างสารฟลาโวนอยด์ที่ชื่อ quertin-3-p-coumaroytriglucoside (QGC) ในใบของถั่วลิสงในระยะขยายเต็มที่ (fully expanded leaves) สูงขึ้น

Blak man and Templeman (1938) ปฏิกิริยาความเข้มแสงที่ให้แก่พืชจะเป็นไปในทางบวก การทำให้เกิดร่มเงา 61 % และ 44 % ของแสงในเวลากลางวันจะไม่มีผลต่อผลผลิตของ *Agrostis tentis* และ *Festuga rubra* ในสภาพที่มีไนโตรเจนต่ำและ เมื่อเพิ่มเพิ่มไนโตรเจนผลผลิตจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในสภาพที่ได้รับแสงแต่จะไม่เพิ่มขึ้นในสภาพที่มีการพรางแสง Deinum (1966) น้ำหนักแห้งและผลผลิตของพืชลดลง ถ้าความเข้มแสงและไนโตรเจนลดลง ความเข้มแสงมีผลต่อปริมาณแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืช Broyer (1971) สังเกตว่าอาการขาดธาตุอาหารและอาการเป็นพิษจะเกิดรุนแรงและรวดเร็วในฤดูร้อน Tanaka (1966) แสดงให้เห็นว่าการพรางแสงใน duck weed จะเป็นผลให้การแสงอาการขาดธาตุโบรอนลดลง

ความเข้มแสงมีผลต่ออุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปอาจมีผลในการชักนำให้พืชสร้างสารใหม่ๆ ได้มากขึ้นโดยเฉพาะการชักนำให้เกิดการสร้างสารแอนโทไซยานินด้วยอุณห ภูมิเย็น ใน arabidopsis (Graham, T. L., 1998; Leyva, A., 1995) ในข้าวฟ่าง (Shichijo, 1993) ในข้าวโพด (Christie, 1994) และในสน (Krol, M. E., 1995)

Major, et al. (1975) พบว่าที่อุณหภูมิ 16-27 °ซ. จะทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองบางพันธุ์เป็นไปอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 25 °ซ. ถึง 35 °ซ.

ระยะปลูกและการดูแลรักษา

ประสาร ฉลาดคิด (2546) ปลูกกวาวเครือขาวที่ระยะ 2 ม. X 2 ม. พบว่าเมื่อมีอายุเข้าปีที่สามลำเถาของแต่ละต้นจะเลื้อยพันกันอย่างหนาแน่น ทำให้การเข้าไปปฏิบัติงานในแปลงเป็นไปได้ยาก อรดี สหวัชรินทร์ (2543) กล่าวว่าการปลูกและดูแลกวาวเครือนั้นควรเลียนแบบธรรมชาติรวมถึงควรหลีกเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลงและสารกำจัดวัชพืชให้มากที่สุดและได้เสนอวิธี การปลูกไว้สองแบบคือปลูกร่วมกับไม้ยืนต้นในระบบวนเกษตร เช่น สวนป่า สวนไผ่ สวนสัก หรือไม้ผลอื่นๆ และวิธีที่สองคือปลูกในแปลงกลางแจ้ง ทำค้างด้วยไม้ไผ่ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ good agricultural practices (GAPs) ของ European Phramaceutical Associations (EUROPHRAM)

ที่จะต้องรบกวนสภาพแวดล้อมให้น้อยที่สุด หลีกเลี่ยงสิ่งสกปรก (sludge) โลหะหนักและสารเคมีที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ควรเป็นปุ๋ยที่หมักได้สมบูรณ์ หลีกเลี่ยงการใช้สิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และใช้ปุ๋ยทุกชนิดอย่างประหยัดที่สุด (EUROPHRAM, www, 1998)

น้ำ

การสังเคราะห์แสงของพืชแต่ละชนิดมีความอ่อนไหวต่อการขาดน้ำไม่เท่ากัน Boyer (1970) รายงานว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดที่อยู่ภายใต้สภาพที่ควบคุมจะไม่ลดลงจนกว่าศักยภาพของน้ำในใบลดลงต่ำกว่า -3 บาร์ ถึง -5 บาร์ แต่ในถั่วเหลืองจะยังไม่ลดลงจนกว่าศักย์ของน้ำในใบจะต่ำกว่า -11 บาร์

เมื่อ chickpea อยู่ในสภาวะเครียดจากการขาดน้ำ (drought stress) จะสร้างสารแลกโตน (lactone) ชื่อ 2-methyl-2,3,4-trihydroxybutanoic acid-1,4-lactone ขึ้นในใบซึ่งสารชนิดนี้จะไม่ถูกสร้างขึ้นเมื่อถั่วได้รับน้ำปกติ (Clive W. Ford, 1981) ในถั่วเหลืองที่อยู่ในสภาวะขาดน้ำจะมีการสร้างสาร diacylglycerol triacylglycerol และ glycolipid มากขึ้น (Flavia Navari-Izzo, 1990) AVRDC (1975) การสังเคราะห์แสงของถั่วเขียวจะลดลง 70 % ถ้าไม่ได้รับน้ำติดต่อกัน 7 วัน ถ้าเป็นช่วงหลังออกดอก จะทำให้ผลผลิตลดลง 45 % การสร้างปมและน้ำหนักแห้งในถั่วเขียวยังคงปกติถ้าได้รับน้ำเพียง 50 % ของ field capacity

ดิเรก ทองอร่ามและคณะ (2540) การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชนั้นแบ่งออกเป็นสองวิธีใหญ่ๆ ได้แก่ การหาโดยการวัดโดยตรงและการคำนวณโดยใช้ข้อมูลของภูมิอากาศ วิธีที่นิยมใช้คือ ใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดระเหยแบบเอ (class A pan evaporation) ซึ่งน้ำจะระเหยจากผิวน้ำบนถาดได้โดยตรงใช้ค่าสัมประสิทธิ์มาคูณกับค่าการระเหย ตามปกติมักใช้ถาดที่เรียกว่า class-A pan ของกรมอุตุนิยมวิทยาสหรัฐอเมริกาใช้คำนวณการใช้น้ำของพืชได้จากสมการ

ETc = Kp x Epan x Kc

ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดแบบ เอ (ตารางที่ 4)

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบ เอ (ตารางที่ 5)

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ เฉลี่ยรายเดือนในบางจังหวัด*

(หน่วย: มม./วัน)

จังหวัด	เดือน											
	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ก.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ลำปาง	2.9	4.0	5.1	6.2	5.2	4.5	4.1	3.9	3.7	3.2	2.9	2.6
สกลนคร	5.6	6.2	7.1	6.9	5.3	4.6	4.7	4.3	4.4	5.4	5.6	5.3
นครราชสีมา	4.6	5.3	6.2	6.4	5.7	5.7	5.5	5.0	4.4	4.2	4.3	5.6
กาญจนบุรี	4.4	5.5	6.8	7.4	6.2	5.2	5.4	5.2	4.7	4.1	4.2	4.3
ประจวบคีรีขันธ์	4.4	4.7	5.5	5.9	5.1	4.5	4.9	4.4	4.5	4.0	4.5	4.8
สตูล	6.7	7.0	6.7	5.4	4.4	4.4	4.5	4.4	4.1	4.0	3.9	5.0

หมายเหตุ ดิเรก ทองอร่ามและคณะ (2540)

* เป็นค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี (2504-2533)

ตารางที่ 2.5 สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบ เอ*

ความเร็วลมเฉลี่ย (กม.วัน)	กรณีที่ 1 : ถาดล้อมรอบด้วยพืช				กรณีที่ 2 : ถาดล้อมรอบด้วยที่ดินว่างเปล่า			
	ระยะด้านเหนือลมที่ปลูกพืช (ม.)	% ความชื้นสัมพัทธ์ที่ไม่ได้ปลูกพืช (ม.)			ระยะด้านเหนือลมเฉลี่ย	% ความชื้นสัมพัทธ์		
		20-40	40-70	> 70		20-40	40-70	> 70
ลมอ่อน<170 กม./วัน	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
ลมอ่อนปานกลาง 170-425 กม./วัน	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
ลมแรง 425-700 กม./วัน	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
ลมแรงมาก > 700 กม./วัน	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45

หมายเหตุ ดิเรก ทองอร่ามและคณะ (2540)

* ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบ เอ จะขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งที่วางถาด (ล้อมรอบด้วยพืชหรือที่ดินว่างเปล่า) ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและระยะด้านเหนือลมที่ปลูกพืช

ตารางที่ 2.6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ในช่วงต่างๆของการพัฒนาการของไม้ผล

ช่วงพัฒนาการของพืช	ชนิดของไม้ผล				ไม้ผลอื่น ๆ
	ทุเรียน	มังคุด	เงาะ	ส้ม	
1. การพัฒนาทางกิ่งก้านสาขา	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
2. การชักนำการออกดอก	0.75	0.75	0.00/75 *	0.00/0.75 *	0.00/0.75 *
3. การพัฒนาการของดอก	0	0	0.8	0.8	0.8
4. การติดผล	0.8	0.85	0.9	0.9	0.9
5. การพัฒนาการของผลอ่อน	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
6. การเจริญเติบโตของผล	1	1	1	1	1
8. การเริ่มสุกแก่	0.9	0.9	0.85	0.85	0.85
เฉลี่ย	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

หมายเหตุ ดิเรก ทองอร่ามและคณะ (2540)

* ในการให้น้ำต้องทราบว่าไม่ผลบางชนิด เช่น เงาะและส้ม ในช่วงของการชักนำให้ออกดอกต้องผ่านช่วงแล้งระยะหนึ่ง จากนั้นจึงให้น้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อกระตุ้นการออกดอก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการเจริญและพัฒนาของกวาวเครือแดงในธรรมชาติ

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

(1) กล้องถ่ายรูป

(2) ฟิล์ม

3.1.2 สถานที่ทำการทดลอง

อุทยานแห่งชาติภูพาน บ้านแก้งกะอาม ต.ผาเสวย อ. สมเด็จ จ. กาฬสินธุ์

3.1.3 ระยะเวลาการทดลอง

1 มกราคม 2545 – 1 มกราคม 2547

3.1.4 วิธีการทดลอง

เลือกต้นกวาวเครือแดงระยะออกดอกในธรรมชาติจำนวน 30 ต้น แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ต้น ที่พบในบริเวณใกล้เคียงกันและเลือกต้นที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นใกล้เคียงกันทำแผนที่ต้นและติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในรอบหนึ่งปี รวบรวมข้อมูลทุก 15 วัน สังเกตลักษณะและระยะการออกดอก การติดฝัก การแตกเถาและใบใหม่ การพัฒนาของเถาและใบ การผลัดใบ ประเมินระยะการเปลี่ยนแปลงของแต่ละต้นเป็นร้อยละด้วยสายตาแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละต่อกลุ่ม

3.1.5 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลการพัฒนาทางลำต้นและใบ (vegetative stage) ได้แก่ การแตกเถาและใบใหม่ การเจริญและพัฒนาของเครือเถาและใบ การผลัดใบ ข้อมูลการพัฒนาด้านสืบพันธุ์ (reproductive stage) ได้แก่ การออกดอก การติดฝักและการการแก่ของฝัก

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสามกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปกราฟการเจริญและพัฒนาในรอบปีของกวาวเครือแดง

3.2 การทดลองที่ 2 อิทธิพลของการเขตกรรมบางประการและสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในสภาพแปลงปลูก

3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

(1) เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง

(2) เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง leaf chamber analysis type LCA-4

(3) เครื่องวัดพื้นที่ใบ

(4) ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

(5) เครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง

(6) สารเคมีป้องกันศัตรูพืช

(7) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และปุ๋ยคอก (มูลไก่)

(8) ตาข่ายพรางแสง 70 % สีดำ

3.2.2 สถานที่ทำการทดลอง

(1) ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(2) ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช อาคารเครื่องมือ 3

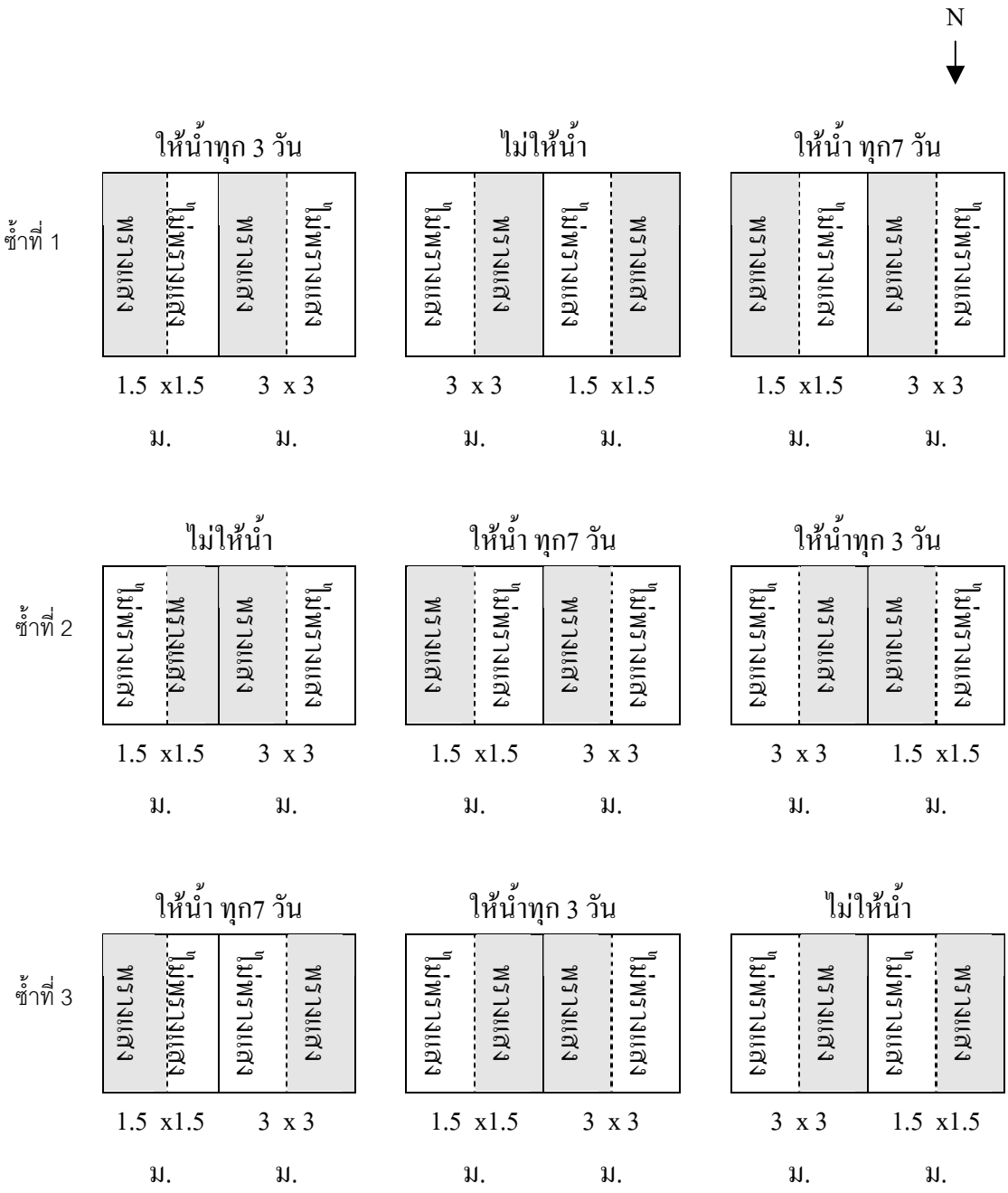
3.2.3 ระยะเวลาการทดลอง

1 มกราคม 2546 ถึง มิถุนายน 2547

3.2.4 วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split - split plot โดยการจัด main plot แบบสุ่มภายในบล็อก (randomized complete block design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (block) แสดงในภาพที่ 3.1 โดยจัดให้มี

main-plot	คือ	ปริมาณการให้น้ำ ได้แก่
		ไม่ให้น้ำ (ความชื้นตามธรรมชาติ)
		ให้น้ำทุก 7 วัน
		ให้น้ำ ทุก 3 วัน
sub-plot	คือ	การจัดระยะปลูก ได้แก่
		ระยะปลูก 1.5 ม. x 1.5 ม.
		ระยะปลูก 3 ม. x 3 ม.
sub-sub plot	คือ	การพรางแสง ได้แก่
		ไม่พรางแสง
		พรางแสง 70 %



ภาพที่ 3.1 แผนผังแปลงปลูกกวาวเครือแดง ที่วางแผนการทดลอง แบบ split-split plot ที่ main plot วางแผนแบบสุ่มภายในบล็อก

ขั้นตอนในการทดลอง

(1) เตรียมแปลงปลูก โดย การไถดะ ไถแปรและ ไถยกร่อง ขนาดร่อง กว้าง 0.5 ม. ยาว 12 ม. และ สูง 0.5 ม. ระยะห่างของร่อง เป็นไปตามการวาง sub-plot ตามแผนการทดลอง

(2) ขุดหลุมลึก 0.30 ม. รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกอัตรา 500 ก. / หลุม ระยะระหว่างหลุมเป็นไปตามการวาง sub-plot ตามแผนการทดลอง

(3) ปลูกกวาวเครือแดงตามแผนการทดลอง โดยใช้เหง้ากวาวเครือแดงที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ในวันที่ 1 มกราคม 2546

(4) การใส่ปุ๋ย มีการให้ปุ๋ยทางใบและทางดินดังนี้

ปุ๋ยทางดิน ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 15 ก. / ต้น ผสมกับปุ๋ยคอก อัตรา 50 ก. / ต้น ทุกเดือน ปุ๋ยทางใบ ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบสูตร 20-20-20 และสารที่มีส่วนผสมของจุลธาตุทุก 3 เดือน

(5) กำจัดวัชพืชโดยการตัดทุก 20 วันและใช้สารกำจัดวัชพืชบ้างในฤดูฝน ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันโรคและแมลงตามการระบาด

(6) ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด ใช้หัวหยดขนาดปริมาณน้ำ 4 ล. / ชม. เริ่มควบคุมการให้น้ำตามการวาง main plot ในแผนการทดลอง เมื่อกวาวเครือแดงอายุ 4 เดือน

(7) พรางแสงเมื่อกวาวเครือแดงอายุ 6 เดือน ตามการวาง sub-sub plot ในแผนการทดลอง โดยคลุมตาข่ายพรางแสง 70 % สีดำคลุมเหนือต้นและคลุมให้สูงจากยอดประมาณ 0.5 ม.

(8) สิ้นสุดการทดลองเมื่อเก็บตัวอย่างครั้งสุดท้ายเมื่อกวาวเครือแดงมีอายุหลังปลูก14 เดือน

3.2.5 การรวบบันทึกและรวมข้อมูล

5.2.5.1 การวัดเจริญเติบโตของลำต้นและใบ (เมื่อต้นอายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน)

ก. โดยการนับจำนวนใบต่อต้น แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละ treatment

ข. โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นเหนือจากดิน 5 ซม.

ค. โดยการวัดความสูงของต้น ด้วยมาตรวัดโดยทาบสายมาตรวัดกับส่วนต้นจากโคนต้นส่วนติดกับดินไปจนถึงส่วนปลายสุดของยอด

ง. โดยการวัดขนาดของใบ ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยเลือกลักษณะใบใบที่จะวัดจากใบส่วนใหญ่ของต้นที่พบในขณะเก็บข้อมูล

จ. โดยการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงด้วยเครื่อง leaf chamber analysis type LCA-4 ใน เวลา 10.00 ถึง 12.00 น.

5.2.5.2 การวัดเจริญเติบโตของราก (เมื่อต้นอายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน)

ก. โดยการวัดความยาวของรากด้วยมาตรวัด โดยทาบสายมาตรวัดไปตามความยาวของรากจากโคนราก (ติดกับโคนต้น)ไปจนสิ้นสุดปลายราก

ข. โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยวัดส่วนของรากที่ขยายใหญ่ที่สุด

ค. โดยการนับจำนวนรากทั้งหมดของต้น เลือกต้นตัวอย่างแล้วขุดดินรอบๆ โคนต้นให้เห็นส่วนโคนของรากทั้งหมดแล้วนับจำนวนรากที่พบนำมาหาค่าเฉลี่ยต่อต้นของแต่ละ treatment

ง. โดยการชั่งน้ำหนักสดของรากจากรากที่เก็บมาวิเคราะห์สารเคมีของแต่ละtreatment มาล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักรวมแล้วหาค่าเฉลี่ยต่อราก

จ. โดยการชั่งน้ำหนักแห้งต่อราก นำจาก ง. มาหั่นบางๆ แล้วชั่งน้ำหนักก่อนอบ จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนที่ 55° ซ. เป็นเวลา 72 ชม. ชั่งน้ำหนักหลังอบแล้วหาค่าเฉลี่ย

ฉ. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากน้ำหนักก่อนอบและหลังอบใน จ.

คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น = [(น้ำหนักก่อนอบ-น้ำหนักหลังอบ) / น้ำหนักก่อนอบ] x 100

ช. คำนวณความหนาแน่นของราก โดยนำน้ำหนักของหัวหารด้วยปริมาตรของหัว (ลบ.ซม.) ซึ่งหาได้จากการแทนที่น้ำดังสมการ

ความหนาแน่นของวัตถุ = น้ำหนักของวัตถุ / ปริมาตรของวัตถุ

ความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ = 1 ก. / ซม.^{3}

5.2.5.3 การเจริญและการพัฒนาที่เกิดขึ้นในแปลงปลูก (ตลอดเวลาการทดลอง)

ก. บันทึกช่วงเวลาที่พบการแตกเถาและใบใหม่

ข. บันทึกช่วงเวลา ที่พบการแก่ของใบ

ค. บันทึกช่วงเวลา ที่พบการผลัดใบ

ง. บันทึกรูปแบบการเจริญเติบโตของลำต้นใบและราก ในช่วงอายุต่างๆ

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ split-split-plot ที่ main plot วางแผนแบบสุ่มภายในบล็อก ของการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบและรากและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ duncan's multiple rang test (DMRT) ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2540)

$$X_{ijkh} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \delta_h + (\tau\delta)_{ih} + (\beta\delta)_{jh} + (\tau\beta\delta)_{ijh} + (\gamma\delta)_{kh} + (\tau\gamma\delta)_{ikh} + (\beta\gamma\delta)_{jkh} + (\tau\beta\gamma\delta)_{ijkh}$$

เมื่อกำหนดให้

i = 1, 2,…,a (k = จำนวน main plot)

j = 1, 2,…,a (n = จำนวน sub plot)

k = 1, 2,…,a (c = จำนวน sub-sub plot)

h = 1, 2,…,a (d = จำนวน block)

X_{ijkh} = ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลอง

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

τ = ผลของ main plot

β = ผลของ sub plot

γ = ผลของ sub-sub plot

δ = ผลของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

$\tau\beta$ = ผลของปฏิกิริยาระหว่าง main plot กับ sub plot

$\tau\gamma$ = ผลของปฏิกิริยาระหว่าง main plot กับ sub-sub plot

$\beta\gamma$ = ผลของปฏิกิริยาระหว่าง sub plot กับ sub-sub plot

$\tau\beta\gamma$ = ผลของปฏิกิริยาระหว่าง main plot กับ sub plot กับ sub-sub plot

3.3 การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ตรวจหาสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxy flavone และสาร stigmasterol ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง ในแปลงปลูกและในป่าที่เป็นแหล่งของต้นพันธุ์ในแปลงปลูก

3.3.1 สถานที่ทำการทดลอง

(1) ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการผลิตพืชพืช อาคารเครื่องมือ 3

(2) ห้องปฏิบัติการเคมี อาคารเครื่องมือ 2

3.3.2 ระยะเวลาการทดลอง

1 มกราคม 2547 ถึง มิถุนายน 2547

3.3.3 วัสดุและอุปกรณ์

(1) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

(2) เครื่อง FT-IR model spectrum GX ของบริษัท PerkinElmer

(3) เครื่องเขย่าสารละลาย

(4) เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary vacuum evaporater)

(5) เครื่องบดตัวอย่าง (hammer mill)

(6) กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 และ เบอร์ 42

(7) ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

(8) Ultraviolet cabinet

(9) ภาชนะบรรจุตัวทำละลายในการทำโครมาโทกราฟีผิวบาง (TLC)

(10) หัวกวาวเครือแดงจากจังหวัดกาฬสินธุ์และจากแปลงปลูก

3.3.4 สารเคมี

(1) เฮกเซน คลอโรฟอร์ม เมทานอล

(2) TLC aluminum sheets Silica gel $60F_{254}$

(3) ตัวดูดซับ ใช้ ซิลิกาเจล ชนิด 60GArt.77734 สำหรับทำโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

3.3.5 วิธีการทดลอง (ธนาธิป รักษ์ศิลป์, 2537)

3.3.5.1 การวิเคราะห์ตรวจหาสาร 3,7,3'-Trihydroxy-4'-Methoxy flavone

1) ล้างรากกวาวเครือแดงให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นบางๆ แล้วอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ. นาน 72 ชม. จากนั้น บดให้เป็นผงละเอียด

2) นำผงกวาวเครือแดงจาก ข้อ 1. จำนวน 6 กิโลกรัม มาสกัดด้วยเมทานอล 18 ลิตร โดยการแช่ไว้ 7 วัน

3) กรองแยกกากด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 กรองซ้ำ ด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 42

4) กลั่นแบบลดความดันเพื่อแยกเมทานอลออกได้สารที่เหลืออยู่ (residue) จำนวน 365 กรัม

5) นำสารจาก ข้อ 4. มาแบ่งสกัด เป็น 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งละลายสารจำนวน 121.67 กรัม ในคลอโรฟอร์ม 200 มล. ใส่กรวยแยก จากนั้น เติมน้ำกลั่นลงไป 200 มล. เขย่ากรวยเบา ๆ 2 นาที ปล่อยให้แยกชั้น แล้วแยกเอาชั้นคลอโรฟอร์มออก ทำซ้ำส่วนนี้อีกหลาย ๆ ครั้ง จนชั้นคลอโรฟอร์มที่แยกออกมาไม่มีสี รวมส่วนคลอโรฟอร์มเข้าด้วยกัน แล้วเติม anhydrous Na_2SO_4 ลงไป ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง กรองแยก anhydrous Na_2SO_4 ออก จากนั้น กลั่นแยกคลอโรฟอร์มออก จนได้สารที่เหลืออยู่ จำนวน 32.42 กรัม

6) ละลายสารใน 5. ด้วย 80% เมทานอล ปริมาตร 200 มล. ใส่กรวยแยก เติมเฮกเซน 200 มล.ลงไป เขย่าเบาๆ 2 นาที ปล่อยให้แยกชั้น แล้วแยกเอาชั้นเมทานอลเก็บไว้ ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก จนชั้นเมทานอลที่แยกออกมาไม่มีสี กลั่นแยกเมทานอลออก ได้สารที่เหลืออยู่ จำนวน 10.50 กรัม

7) นำสารจาก ข้อ 6) มาแยกต่อด้วยโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. สูง 30 ซม. บรรจุซิลิกาเจลหนัก 157.5 กรัมลงไป ชะคอลัมน์ ด้วยตัวทำละลาย ต่างๆ ตามลำดับ ดังนี้

ก. 100% คลอโรฟอร์ม

ข. 3% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม

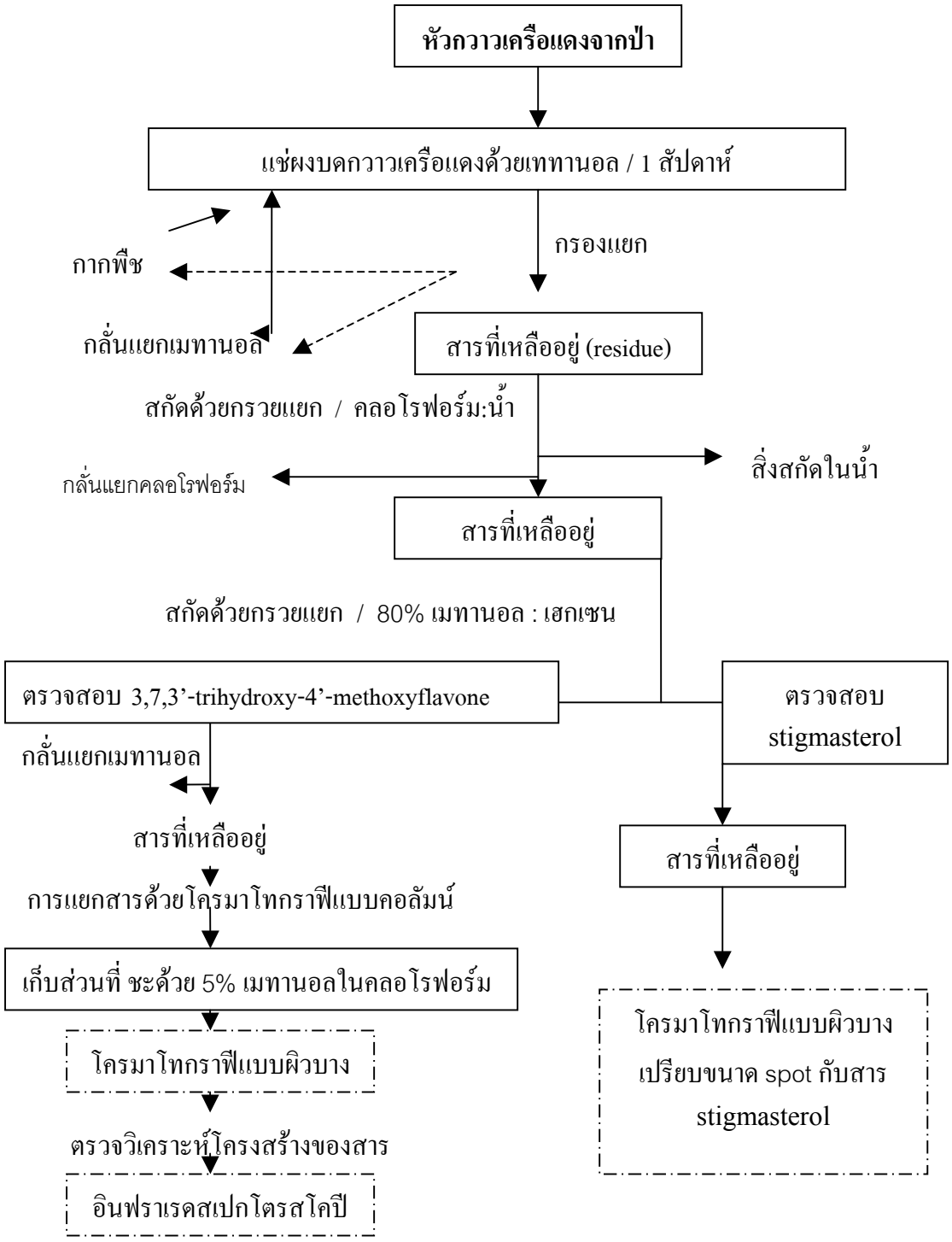
ค. 5% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม

โดยชะตัวทำละลายตัวละ 3 ครั้ง ครั้งละ 200 มล.

8) เก็บสารละลายส่วนที่ชะด้วย 5% เมทานอลในคลอโรฟอร์มโดยแยกเก็บเป็นส่วนๆ (fraction) ส่วนละ 100 มล. กลั่นแยกตัวทำละลายออก จนเหลือ 10 มล.วิเคราะห์องค์ประกอบในสารละลายด้วยโครมาโทกราฟีแบบผิวบางโดยใช้ 20 % เมทานอลในคลอโรฟอร์ม เป็น

สารละลายในเฟสเคลื่อนที่ รวมส่วนที่มีองค์ประกอบของค่า R_f เหมือนกันเข้าด้วยกัน ปล่อยไว้ในตู้ดูดควันจนตัวทำละลายระเหยออกหมด ได้สารที่เหลืออยู่

9) นำสารที่เหลืออยู่ในข้อ8) ไปวิเคราะห์หาโครงสร้างด้วยวิธีอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (infrared spectroscopy) โดยผสมกับโปแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) อัตราส่วนสาร 1 ส่วน ต่อ KBr 30 ส่วน อัดให้โปร่งแสงด้วยเครื่องอัดที่แรงดัน 15,000 ปอนด์ จากนั้น นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR model spectrum GX ที่ความถี่คลื่น 4000-400 cm^{-1} เปรียบเทียบสเปกตรัมกับสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone (ธนาธิป รักษ์ศิลป์, 2537) ขั้นตอนต่างๆ ของวิธีทดลอง ดังสรุปใน ภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัดสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และ สาร stigmasterol

3.3.5.2 การตรวจสอบสาร stigmasterol

1) เก็บรากกวาวเครือแดงอายุ 6 8 10 12 และ 16 เดือน ของทุก treatment จากการทดลองที่ 3.2 โดยแต่ละ treatment เตรียมตัวอย่างพืชและสกัด เหมือนกับวิธีการทดลองใน 3.3.5.1 ข้อ 1.- 5. และ ข้อ 6. เก็บส่วน เฮกเซนไว้

2) จากข้อ 1) นำส่วนเฮกเซน ไปกลั่นแยกเฮกเซนออก จากนั้น นำไปตรวจสอบชนิดสารด้วยโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง ใช้สาร stigmasterol ของบริษัท Zigma, MO. USA เป็นสารมาตรฐาน ในการเปรียบเทียบแต่ละ treatment

3) การตรวจสอบปริมาณของสาร stigmasterol โดยการประเมินจากขนาดของ spot ของแต่ละ treatment เปรียบเทียบกับขนาด spot ของสารมาตรฐานปริมาณ 1 ไมโครลิตร ที่ความเข้มข้น 0 ppm 100 ppm 250 ppm 500 ppm 750 ppm และ 1000 ppm ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 1)

3.3.5 การรวบรวมข้อมูล

(1) โครมาโตแกรมของสารที่ชะคอลัมน์ด้วย 5% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม

(2) อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีของสารที่ชะคอลัมน์ด้วย5%เมทานอลในคลอโรฟอร์ม จากการทดลองที่ 3.3.5.1

(3) ผลการประเมินปริมาณสาร stigmasterol จากขนาด spot ของแต่ละ treatment ของการทดลองที่ 3.3.5.2

3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ตรวจสอบว่าสารที่สกัดได้ในการทดลองที่ 3.3.5.1 เป็นชนิดเดียวกับสาร 3,7,3'-Trihydroxy-4'-methoxyflavone หรือไม่ โดยเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชั่น (functional group) ที่สำคัญ ที่ปรากฏในสเปกตรัม

2) ตรวจสอบแต่ละ treatment ของการทดลองที่ 3.3.5.2 ว่า มีสาร stigmasterol อยู่หรือไม่และแต่ละ treatment มีปริมาณสารอยู่ในช่วงความเข้มข้นใด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญและพัฒนาในรอบปี (phenological cycle) ของกวาวเครือแดงในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน

4.1.1 การเจริญและการพัฒนาทางลำต้นและใบ (vegetative stages)

การศึกษาในด้านการเปลี่ยนแปลงการเจริญและพัฒนาในด้านต่างๆที่เกิดขึ้นในรอบปี โดยการคัดเลือกต้นกวาวเครือแดงจำนวน 30 ต้น ในเขตอุทยานแห่งชาติภูพานบ้านแก้งกะอาม ตำบลผาเสวย อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถแบ่งการเจริญทางด้านลำต้นและใบได้เป็น 4 ระยะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ภาพที่ 4.1 และรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1.1 ระยะแตกเถาและใบใหม่ พบว่ากวาวเครือแดงทยอยออกเถาใหม่และใบใหม่ในปลายเดือนมกราคม และสิ้นสุดในปลายเดือนมีนาคม เถาใหม่เกิดขึ้นบริเวณข้อ และโคนของเถาเดิม และส่วนใหญ่เกิดในเถาที่อยู่ส่วนล่างของต้นก่อน เถาที่เกิดใหม่มีสีน้ำตาลเข้ม ขนาดใหญ่ และอวบน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าเถาส่วนใหญ่เกิดจากเง้าที่เถาตายเนื่องจากถูกไฟ ภาพที่ 4.2

4.1.1.2 ระยะการเจริญและการพัฒนาของเครือเถาและใบใหม่ อยู่ในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เดือนมิถุนายน โดยเถาจะเจริญเติบโต และยืดยาวอย่างรวดเร็ว และเลื้อยพันไม้อื่นที่อยู่ใกล้เคียง ใบใหม่เกิดตรงบริเวณข้อเถา หนึ่งข้อมีใบ 1 ใบ เถาและใบจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในเถาแก่ที่ขนาดใกล้เคียงกันการพัฒนาจะเกิดพร้อมๆ กัน แต่จะช้ากว่าในเถาใหม่เล็กน้อย ดังนั้นในแต่ละต้นจึงมีใบที่อายุไม่แตกต่างกัน หลังจากใบส่วนใหญ่พัฒนาจนสามารถคลุมไม้ต้นอื่นได้ หรือ ใบส่วนใหญ่สามารถรับแสงแดดได้เต็มที่ การเจริญเติบโตของใบและเถาจะช้าลง ภาพที่ 4.3

4.1.1.3 ระยะใบแก่ เป็นระยะที่นานที่สุดของกวาวเครือแดงโดยใบจะเริ่มแก่ในเดือนมิถุนายน และเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึง 100 % ในเดือนกันยายน ภาพที่ 4.4

4.1.1.4 ระยะผลัดใบ เริ่มต้นในเดือนกรกฎาคม และร่วงหมดต้นในเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นระยะที่ใบจะเริ่มเสื่อมสภาพ และมีการทำลายของโรคทางใบคล้ายๆ อาการของโรคราน้ำค้างมากขึ้น จากนั้นใบส่วนใหญ่จะกลายเป็นสีเหลือง กรอบ และร่วงหล่น จนใบร่วงหมดทั้งต้น ภาพที่ 4.5

4.1.2 การเจริญและการพัฒนาในระยะสืบพันธุ์ (reproductive stages)

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระยะ ได้แก่

4.1.2.1 ระยะออกดอก การเกิดช่อดอกของแต่ละต้นจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กันในเดือนพฤศจิกายน จากนั้นจะทยอยบาน และมีการบานของดอกสูงที่สุดในช่วงเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคมและบานอยู่ได้นานนับเดือน สาเหตุที่ดอกแต่ละช่อมีช่วงของการบานได้นานเนื่องจากมีดอกย่อยขึ้นมาทดแทนอยู่ตลอดเวลา และขณะที่ดอกบานช่อดอกยังคงเจริญต่อไปจนกระทั่งช่อยาวประมาณ 1-1.5 เมตร จึงหยุดการเจริญ การบานจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากดอกที่บานก่อนเริ่มร่วงหล่นหรือติดฝักไป ภาพที่ 4.6

4.1.2.2 ระยะติดฝักและการพัฒนาของฝัก กวาวเครือแดงเริ่มติดฝักในปลายเดือนธันวาคม จากนั้นฝักจะเจริญและพัฒนาจนถึงระยะฝักแก่ในปลายเดือนมีนาคม ภาพที่ 4.7 ฝักกวาวเครือแดงจะเจริญเติบไม่เท่ากันแต่จะแก่พร้อมขยายพันธุ์และร่วงหล่นได้ในเวลาที่ใกล้เคียงกัน

ภาพที่ 4.1 การเจริญและพัฒนาในระยะต่างๆ ของต้นอ้อย

ภาพที่ 4.2 ระยะแตกเถาและใบใหม่

ภาพที่ 4.3 ระยะการเจริญและพัฒนาของเถาและใบใหม่

ภาพที่ 4.4 ระยะใบแก่

ภาพที่ 4.5 ระยะผลัดใบ

ภาพที่ 4.6 กวาวเครือแดงในระยะดอกบาน

ภาพที่ 4.7 การพัฒนาของฝักและต้นกวาวเครือแดงในระยะติดฝัก

4.2 การทดลองที่ 2 อิทธิพลของการเขตกรรมบางประการและสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในสภาพแปลงปลูก

1 การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น และใบ

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลัก (main effect) และอิทธิพลของปัจจัยร่วม (interaction) ทุกระดับของ การให้น้ำ (W) การจัดระยะปลูก (S) และ การพรางแสง (L) ที่มีต่อจำนวนใบต่อต้น ขนาดของใบ อัตราการสังเคราะห์แสง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และ ความสูงของต้นกวาวเครือแดง ที่อายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน ได้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

จำนวนใบต่อต้น

ปัจจัยหลักของการให้น้ำทำให้จำนวนใบต่อต้นของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่อายุ 8 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 1) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนใบต่อต้นทุกช่วงอายุ พบว่า การไม่ให้น้ำ มีผลให้จำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุด และแตกต่างทางสถิติกันกับการให้น้ำ (ทุก 7 วัน และ ทุก 3 วัน) ในขณะที่การให้น้ำ ทุก 7 วัน และ 3 วัน มีความแตกต่างทางสถิติกัน ที่อายุ 12 และ 14 เดือน โดยพบว่าการให้น้ำทุก 3 วันของแต่ละเดือน มีจำนวนใบต่อต้น เท่ากับ 15.98 และ 17.72 ใบ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการให้น้ำทุก 7 วัน ของแต่ละเดือน ที่มีจำนวนใบต่อต้น เท่ากับ 13.04 และ 13.04 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

การให้น้ำร่วมกับการพรางแสง มีผลต่อจำนวนใบต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1) ในช่วงอายุ 12 และ 14 เดือน โดยพบว่าการการให้น้ำทุก 3 วัน ร่วมกับการไม่พรางแสงมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดคือ 17.08 ± 0.29 และ 19.92 ± 0.37 ใบ ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ให้น้ำและไม่พรางแสง มีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 5.33 ± 0.46 และ 5.75 ± 0.55 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ขนาดของใบ

การให้น้ำทำให้ขนาดใบของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 2) การไม่ให้น้ำมีผลให้ใบมีขนาดเล็กที่สุดคือ 375.04 และ 917.27 ซม.^{2} ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วันไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.3)

อัตราการสังเคราะห์แสง

การให้น้ำทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 3) การไม่ให้น้ำมีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำที่สุด คือ 7.69 และ 8.17 m. mol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วัน และทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.4)

เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

การให้น้ำทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 4) พบว่าการไม่ให้น้ำทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเล็กที่สุด คือ 11.16 และ 15.73 มม. ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นไม่แตกต่างทางสถิติกันในทั้งสองช่วงอายุ (ตารางที่ 4.5)

ความสูงของต้น

การให้น้ำทำให้ความสูงของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 5) พบว่า การไม่ให้น้ำ มีผลให้ความสูงของต้นน้อยที่สุดคือ 50.58 ซม. และ 54.92 ซม. ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.6)

2. การเจริญเติบโตของราก (เมื่อต้นอายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน)

การศึกษาผลของอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของการให้น้ำ การจัดระยะปลูก และการพรางแสงที่มีต่อ จำนวนรากต่อต้น ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความชื้น และความหนาแน่นของราก ที่อายุต่างๆ พบว่า

จำนวนรากต่อต้น

การให้น้ำทำให้จำนวนรากต่อต้นของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 6) การไม่ให้น้ำมีผลให้จำนวนรากต่อต้นน้อยที่สุดน้อยที่สุด คือ 6.75 และ 7.03 ราก ซึ่งแตกต่างทางสถิติ กับการให้น้ำ ทุก 7 วันและทุก 3 วัน ใน

ขณะที่การให้น้ำทุก 7 วัน และทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.7)

ความยาวราก

การให้น้ำทำให้ความยาวรากของกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 7) ระดับการให้น้ำทั้งหมดมีความแตกต่างทางสถิติต่อกัน โดยการไม่ให้น้ำที่อายุ 12 และ 14 เดือน มีความยาวรากน้อยที่สุด คือ 58.25 และ 78.92 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่การให้น้ำ ทุก 3 วัน มีความยาวรากมากที่สุด 63.33 และ 104.08 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

เส้นผ่าศูนย์กลางราก

การให้น้ำทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของรากกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 8) การไม่ให้น้ำมีให้เส้นผ่าศูนย์กลางของราก น้อยที่สุด คือ 59.58 และ 61.20 มม. ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วัน และทุก 3 วัน ที่ อายุ 14 เดือน พบว่าการให้น้ำทุก 7 วัน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากมากกว่าการให้น้ำทุก 3 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.9)

น้ำหนักสดต่อราก

การให้น้ำทำให้น้ำหนักสดของรากกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 9) การไม่ให้น้ำมีผลให้น้ำหนักสดต่อรากน้อยที่สุด คือ 264.85 และ 313.0 ก. ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.10)

น้ำหนักแห้งต่อราก

การให้น้ำทำให้น้ำหนักแห้งของรากกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 10) การไม่ให้น้ำมีผลให้น้ำหนักแห้งต่อรากต่ำที่สุด คือ 18.68 ก. และ 20.17 ก. ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่ การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.11)

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของราก

การให้น้ำทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของรากกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 11) โดยการไม่ให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของรากต่ำที่สุดคือ 81.30 และ 79.82 % ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.12)

ความหนาแน่นของราก

การให้น้ำทำให้ความหนาแน่นของรากกวาวเครือแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 12) การไม่ให้น้ำมีผลให้ความหนาแน่นของรากต่ำที่สุด คือ 0.98 และ 0.99 ก. / ซม.^{3} ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ในขณะที่การให้น้ำทุก 7 วันและทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันทั้งที่อายุ 12 และ 14 เดือน (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.1 จำนวนใบต่อต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ใบ) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	3.47 a	3.92 a	3.92 a	8.08 a	8.34 a
7 วัน / ครั้ง	3.16 a	4.45 ab	3.53 a	13.04 ab	13.04 ab
3 วัน / ครั้ง	3.15 a	4.61 a	3.37 a	15.98 b	17.72 b

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.2 อิทธิพลร่วมระหว่างการให้น้ำกับการพรางแสงต่อจำนวนใบต่อต้น

การให้น้ำ	การพรางแสง	12 เดือน	14 เดือน
		ค่าเฉลี่ย (ใบ)	ค่าเฉลี่ย (ใบ)
ไม่ให้น้ำ	ไม่พรางแสง	5.33 $\pm$ 0.46	5.75 $\pm$ 0.55
ไม่ให้น้ำ	พรางแสง	11.50 $\pm$ 0.60	11.56 $\pm$ 0.60
7 วัน / ครั้ง	ไม่พรางแสง	11.82 $\pm$ 0.65	13.04 $\pm$ 0.85
7 วัน / ครั้ง	พรางแสง	11.43 $\pm$ 0.54	12.97 $\pm$ 0.79
3 วัน / ครั้ง	ไม่พรางแสง	17.08 $\pm$ 0.29	19.92 $\pm$ 0.37
3 วัน / ครั้ง	พรางแสง	14.83 $\pm$ 0.42	15.67 $\pm$ 0.33

ตารางที่ 4.3 ขนาดของใบที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ซม.^{2}) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	1053.35 a	1540.78 a	457.67 a	375.03 a	639.57 a
7 วัน / ครั้ง	1333.98 a	1642.06 a	574.12 a	551.84 b	1472.49 b
3 วัน / ครั้ง	1085.38 a	1678.72 a	474.93 a	560.79 b	1420.03 b

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.4 อัตราการสังเคราะห์แสงที่ได้รับอิทธิพลจากการให้น้ำ (หน่วย : m.mol $m^{-2}s^{-1}$) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	14.71 a	15.24 a	5.22 a	7.69 b	8.17 b
7 วัน / ครั้ง	14.28 a	14.19 a	4.81 a	15.84 a	18.21 a
3 วัน / ครั้ง	16.92 a	16.42 a	5.97 a	16.13 a	20.04 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.5 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : มม.) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	20.66 a	23.38 a	25.19 a	11.16 b	15.73 b
7 วัน / ครั้ง	22.16 a	24.47 a	25.56 a	18.59 a	21.73 a
3 วัน / ครั้ง	21.75 a	24.28 a	25.32 a	18.60 a	22.95 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.6 ความสูงของต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ซม.) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	9.25 a	11.30 a	12.30 a	50.58 b	54.92 b
7 วัน / ครั้ง	8.17 a	10.84 a	11.53 a	85.66 a	110.58 a
3 วัน / ครั้ง	7.64 a	11.88 a	13.03 a	92.89 a	124.42 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.7 จำนวนรากต่อต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ราก) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	2.75 a	5.50 a	6.18 a	6.75 b	7.03 b
7 วัน / ครั้ง	2.00 a	5.08 a	6.25 a	8.50 a	8.97 a
3 วัน / ครั้ง	2.08 a	5.83 a	6.42 a	8.58 a	9.08 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.8 ความยาวรากต่อต้นที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ซม.) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	20.8 a	34.83 a	43.67 a	58.25 ab	78.92 c
7 วัน / ครั้ง	18.50 a	33.00 a	48.08 a	63.33 b	91.50 b
3 วัน / ครั้ง	22.25 a	29.74 a	45.50 a	66.50 a	104.08 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.9 เส้นผ่าศูนย์กลางรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : มม.) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	17.33	36.83	55.92	59.58 b	61.23 c
7 วัน / ครั้ง	16.92	38.00	56.17	75.42 a	80.56 b
3 วัน / ครั้ง	16.75	37.08	57.08	75.08 a	76.63 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักสดต่อรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ก.) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	45.71 a	101.28 a	222.79 a	264.85 b	313.00 b
7 วัน / ครั้ง	42.66 a	99.00 a	232.81 a	310.35 a	490.45 a
3 วัน / ครั้ง	44.71 a	105.75 a	229.21 a	313.00 a	489.95 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักแห้งต่อรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ก.) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	13.68 a	10.99 a	13.63 a	18.68 a	20.17 a
7 วัน / ครั้ง	14.71 a	10.75 a	14.13 a	13.50 b	15.40 b
3 วัน / ครั้ง	15.45 a	10.92 a	13.41 a	12.95 b	15.42 b

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.12 ความชื้นของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : %) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	86.32 a	89.25 a	80.00 a	81.30 b	79.82 b
7 วัน / ครั้ง	85.29 a	89.08 a	86.37 a	86.50 a	84.59 a
3 วัน / ครั้ง	84.55 a	89.01 a	85.87 a	87.05 a	84.58 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.13 ความหนาแน่นของรากที่ได้รับอิทธิพลจากระดับการให้น้ำ (หน่วย : ก. / ซม.^{3}) [1/]

ระดับการให้น้ำ	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	0.98 a	1.01 a	1.02 a	0.98 b	0.99 b
7 วัน / ครั้ง	0.97 a	1.00 a	1.01 a	1.05 a	1.09 a
3 วัน / ครั้ง	0.97 a	0.99 a	1.01 a	1.00 a	1.06 a

[1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMRT) โดยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. การเจริญเติบโต ของกวาวเครือแดง ในแปลงปลูก

การเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในแปลงปลูก (ภาพที่ 4.8) ร่วมกับการศึกษาผลของการเขตกรรม ตลอดระยะเวลาการทดลอง 14 เดือน พบกวาวเครือแดงมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ลำต้นและใบมีการเจริญเติบโตช้า ลำต้นจะตั้งตรง ข้อ และปล้อง สั้น และ ใบหนา ซึ่งพบลักษณะดังกล่าวในช่วงที่ต้นมีอายุ ในช่วง 6 ถึง 8 เดือน (ภาพที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.10)

ระยะที่ 2 ใบเริ่มแก่จนกระทั่งร่วงหมดทั้งต้น (ภาพที่ 4.11) ซึ่งจะพบในขณะต้นอายุ 8 ถึง 12 เดือน

ระยะที่ 3 มีการแตกเถาเครือใหม่ หลังจากที่ใบร่วงหมดทั้งต้น ซึ่งเถามีลักษณะเหมือนที่พบในธรรมชาติ และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งด้าน ความสูงของต้น และขนาดของใบ (ภาพที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13)

ภาพที่ 4.8 การเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในแปลงปลูกที่อายุ 4 เดือน

ภาพที่ 4.9 ลำต้นตั้งตรงที่อายุ 6 เดือน

ภาพที่ 4.10 ลำต้นตั้งตรงที่อายุ 8 เดือน

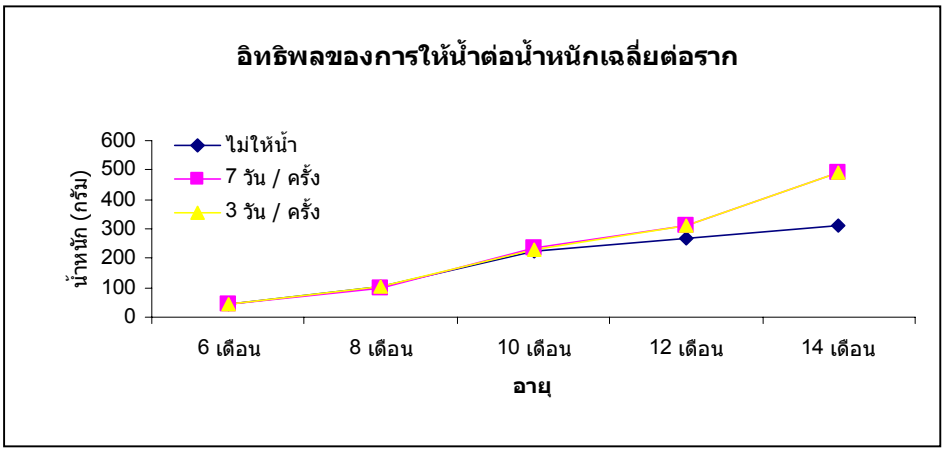
ภาพที่ 4.11 ใบร่วงทั้งต้นที่อายุ 10 เดือน

ภาพที่ 4.12 แตกเครือเถาใหม่ที่อายุ 12 เดือน

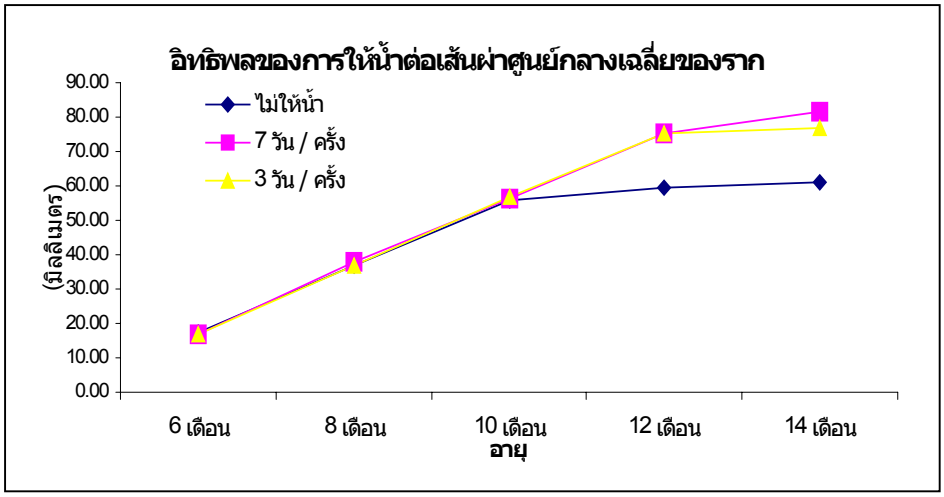
ภาพที่ 4.13 การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่อายุ 14 เดือน

1.2 การเจริญเติบโตของรากกวาวเครือแดง

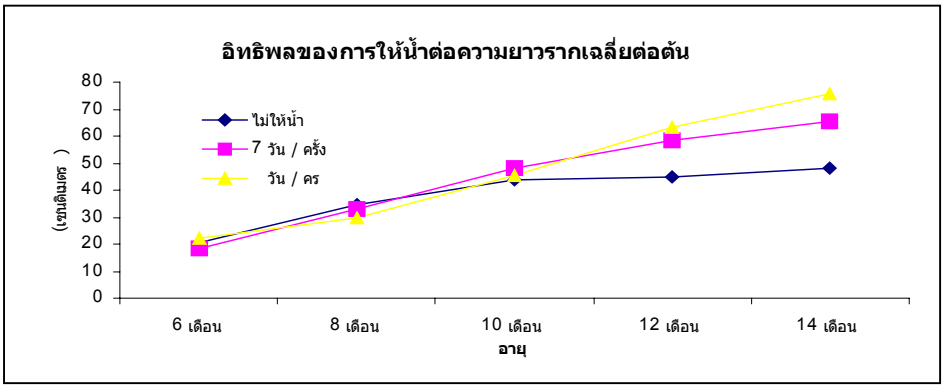
รากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงมีการการเจริญเติบโตด้านการเพิ่มขนาดของ เส้นผ่าศูนย์กลางของราก ความยาวของราก และน้ำหนักของรากตามอายุที่มากขึ้น (ภาพที่ 4.14 ถึง ภาพที่ 4.21) นอกจากนี้ ยังพบว่ากวาวเครือแดง มีการอาศัยอยู่ของแบคทีเรียในปมรากถั่ว (rhyzobium) อยู่ในบริเวณโคนราก ภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.14 การเพิ่มน้ำหนักของรากที่อายุต่างๆ



ภาพที่ 4.15 การเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่อายุต่างๆ



ภาพที่ 4.16 การเพิ่มขนาดความยาวของรากที่อายุต่างๆ

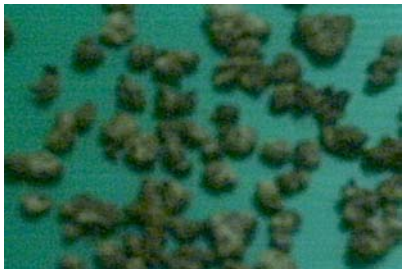
ภาพที่ 4.17 รากกวาวเครือแดงที่อายุ 6 เดือน

ภาพที่ 4.18 รากกวาวเครือแดงที่อายุ 8 เดือน

ภาพที่ 4.19 รากกวาวเครือแดงที่อายุ 10 เดือน

ภาพที่ 4.20 รากกวาวเครือแดงที่อายุ 12 เดือน

ภาพที่ 4.21 รากกวาวเครือแดงที่อายุ 14 เดือน



ภาพที่ 4.22 แบคทีเรียปมรากถั่วที่พบในกวาวเครือแดง

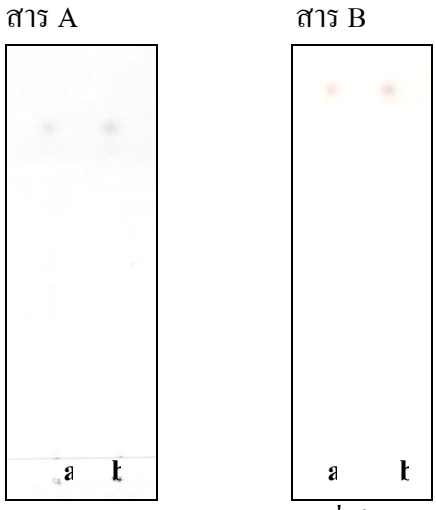
4.3 การทดลองที่ 3 การตรวจสอบสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และสาร stigmasterol ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง ในแปลงปลูก และในป่าที่เป็นแหล่งของต้นพันธุ์ในแปลงปลูก

4.3.1 การตรวจสอบสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone

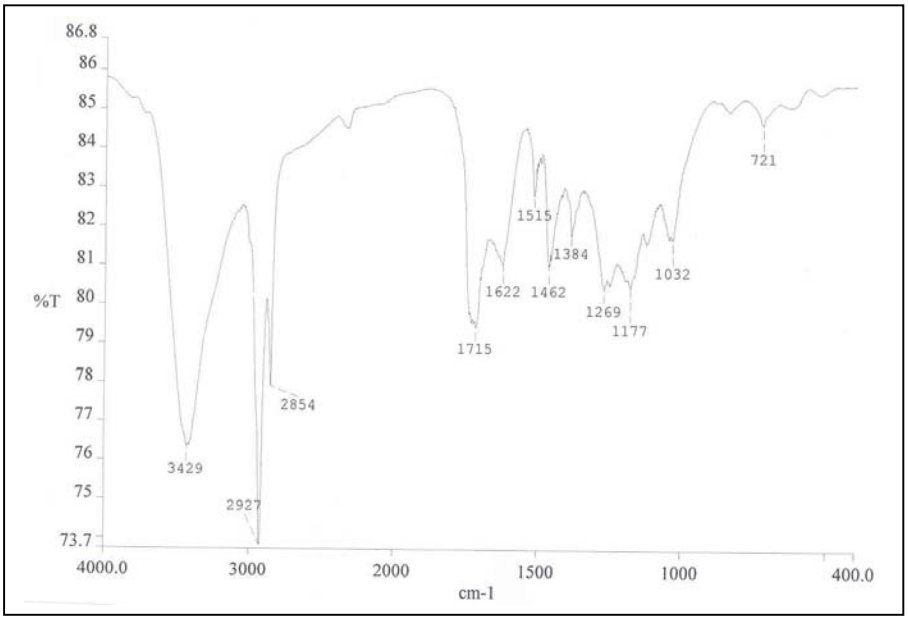
การชะคอลัมน์ด้วย 5% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม พบว่า ทุก fraction มีองค์ประกอบเหมือนกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์โดย TLC เมื่อใช้ 20% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม เป็นสารละลายในเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) พบว่า ได้สารที่มีค่า retention mobility (R_f) เท่ากับ 0.70 และ 0.73 รวมอยู่ใน fraction เดียวกัน

เพื่อให้สารที่มีค่า R_f ทั้งสอง แยกจากกันได้ห่างขึ้น จึงลดลดสภาพความมีขั้วของ mobile phase ที่ใช้ทำ TLC จาก 20% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม เป็น 10 % เมทานอลในคลอโรฟอร์ม พบว่า สามารถแยกสารทั้งสองออกจากกันได้ดีขึ้น คือ ได้ค่า R_f เป็น 0.76 และ 0.8 ตามลำดับ เพื่อให้ได้สารมากพอสำหรับการศึกษาโครงสร้างโดยวิธีอินฟราเรดเสปกโตรสโคปี จึงนำสารที่ชะจากคอลัมน์ด้วย 5% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม มาผ่านคอลัมน์ซิลิกาเจล อีกครั้งหนึ่ง แต่ชะด้วย 3% เมทานอลในคลอโรฟอร์ม พบว่า สามารถแยกสารได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ สารที่ออกมาก่อนเป็นสารที่เมื่อวิเคราะห์ด้วย TLC โดยใช้ 20 % เมทานอลในคลอโรฟอร์มเป็น mobile phase แล้วได้ค่า R_f เป็น 0.73 (สาร B) เท่านั้น ส่วนที่ 2 เป็นสารผสมที่มีค่า R_f เป็น 0.7 (สาร A) และ 0.73 (สาร B) ส่วนที่ออกมาหลังสุดเป็นสารที่มีค่า R_f เป็น เป็น 0.7 (สาร A) เพียงสารเดียว ดังแสดงในภาพที่ 5.1 จากค่า R_f ที่ออกมาหลังสุดนี้ อาจเป็นสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxy flavone ที่มี R_f เป็น 0.69 จึงนำสารในส่วน fraction ดังกล่าว มาศึกษาอินฟราเรดสเปกตรัม ได้สเปกตรัมของสาร A และ สาร B ดังแสดงในภาพที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

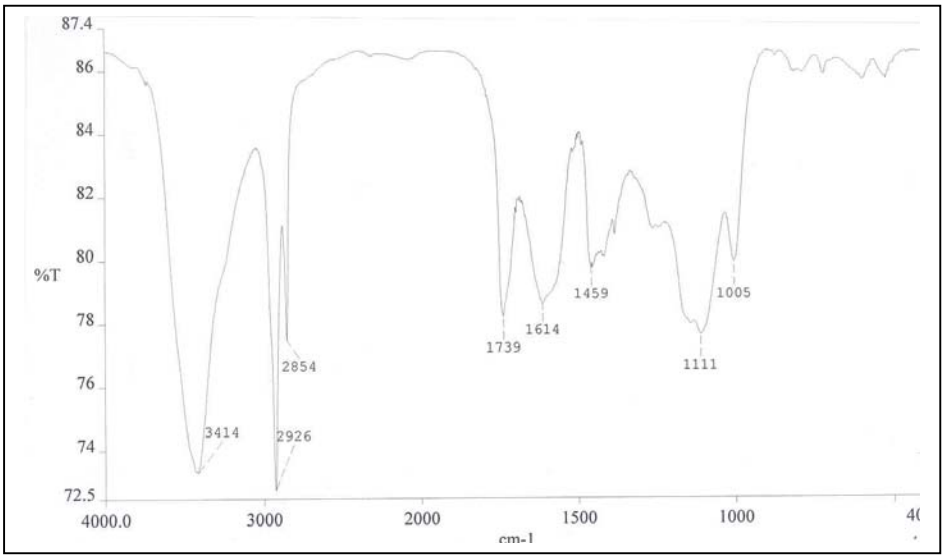
เมื่อเปรียบเทียบอินฟราเรดสเปกตรัมของสาร A และ สาร B กับ สารมาตรฐาน 3,7,3'-Trihydroxy-4'-Methoxyflavone พบว่ามีความแตกต่างกัน เช่น peak ตรงตำแหน่ง 1650 ซม.$^{-1}$ ของสารมาตรฐานไม่ปรากฏในสเปกตรัมของสาร A และ สาร B [peak ดังกล่าวเป็นลักษณะเฉพาะของหมู่คาร์บอนิลของสารประกอบประเภท conjugated ketone ดังแสดงในภาพที่ 5.4 และตารางผนวกที่ 13 (ธนาธิป รักษ์ศิลป์, 2537)] แต่พบการดูดกลืนแสงที่ 1715 ซม$^{-1}$ และ 1739 ซม$^{-1}$ ในสาร A และ B ตามลำดับ [peak ดังกล่าว เป็นลักษณะเฉพาะของหมู่คาร์บอนิลของสารประกอบประเภท ketone (ธิติมา รุกขไชยศิริกุล , 2538)]



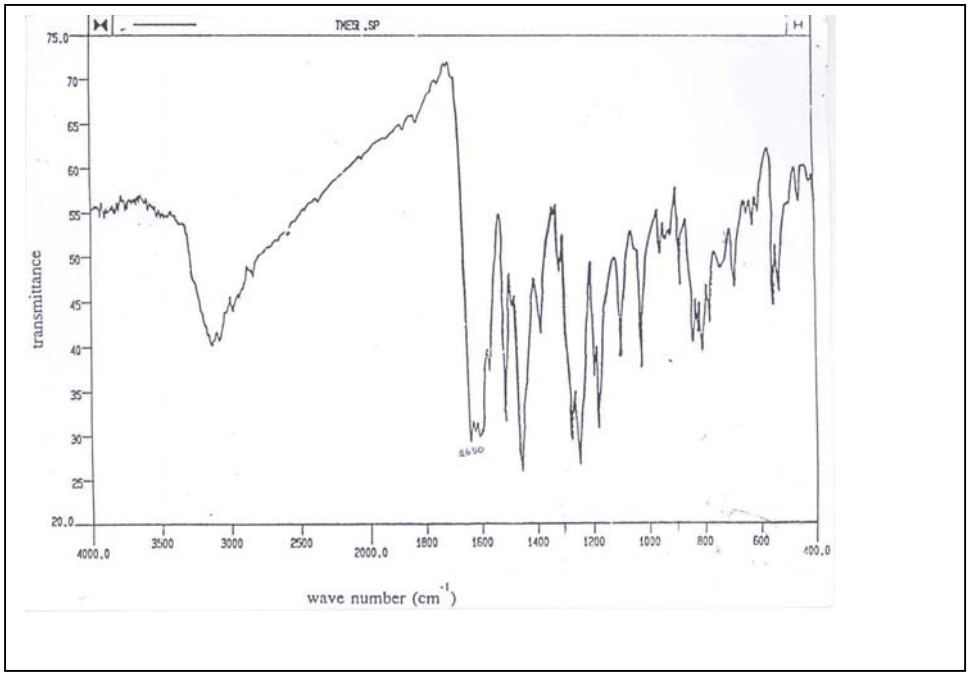
ภาพที่ 5.1 โครมาโตแกรมของสาร A และ B (a) จากรากที่เก็บจากแปลงทดลอง และ (b) เก็บจากป่าในจังหวัดกาฬสินธุ์ ตามลำดับ



ภาพที่ 5.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร A



ภาพที่ 5.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร B



ภาพที่ 5.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone (ธนาธิป รักษ์ศิลป์, 2537)

4.3.2 การตรวจสอบสาร stigmasterol

ปริมาณสาร stigmasterol ประเมินจากขนาด spot ของสารแต่ละ treatment ของการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบกับ spot ของสารมาตรฐาน (ภาพผนวกที่ 1) ที่กวาวเครือแดง อายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน พบว่า การให้น้ำ เท่านั้นที่ทำให้ปริมาณสาร stigmasterol แตกต่างกัน โดย การไม่ให้น้ำ มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-100 ppm ที่อายุ 6 เดือน และ อยู่ในช่วง 100-250 ppm ที่อายุ 8 10 12 และ 14 เดือน

การให้น้ำทุก 7 วัน และ ทุก 3 วัน มีปริมาณสารไม่แตกต่างกัน โดย ที่อายุ 6 8 10 12 และ 14 มีปริมาณสารอยู่ในช่วง 0-100 ppm 100-250 ppm 250-200 ppm 500-750 ppm และ 750-1000 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 5.1 การประเมินปริมาณสาร stigmasterol ของกวาวเครือแดงจากแปลงปลูกที่อายุต่างๆ

ให้น้ำ	ระยะปลูก	แสง	ช่วงของความเข้มข้นของ stigmasterol (ppm)				
			6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
ไม่ให้น้ำ	1.5 x1.5	ไม่พราง	0-100	100-250	100-250	100-250	100-250
		พราง	0-100	100-250	100-250	100-250	100-250
	3 x 3	ไม่พราง	0-100	100-250	100-250	100-250	100-250
		พราง	0-100	100-250	100-250	100-250	100-250
ให้น้ำทุก 7 วัน	1.5 x1.5	ไม่พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
		พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
	3 x 3	ไม่พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
		พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
ให้น้ำทุก 3 วัน	1.5 x1.5	ไม่พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
		พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
	3 x 3	ไม่พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000
		พราง	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 การทดลองที่ 1 การเจริญและพัฒนาของกวาวเครือแดงในธรรมชาติ

การเจริญเติบโตของเถาเครือและใบ

กวาวเครือแดงแตกใบอ่อนพร้อมกันในปลายเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่ อุณหภูมิสูงขึ้น และปริมาณน้ำฝนน้อย ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ สอดคล้องกับ ประสาร ฉลาดคิด (2546) ที่พบว่าสภาวะดังกล่าวกระตุ้นให้ กวาวเครือขาวแตกเครือเถาและใบใหม่ ในช่วงแรกของการแตกใบใหม่จะเกิดขึ้นจากเถาแก่ก่อน เถาเครือที่จะเกิดขึ้นใหม่พบมากในช่วง หลังเดือนกุมภาพันธุ์ เนื่องจากมีอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น มีความชื้นเพียงพอต่อการเกิดเถาใหม่ตลอดจนการพัฒนาของเถาและใบจะเกิดขึ้นรวดเร็วในปลายเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงเข้าสู่ฤดูฝน ประสาร ฉลาดคิด รายงานว่า เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน จะมีน้ำเพียงพอกับการเจริญเติบโต รวมทั้งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมการเจริญและพัฒนาของเถาเครือและใบของกวาวเครือขาวได้เช่นเดียวกัน ในเดือนกรกฎาคมใบแก่จะเริ่มร่วง จนร่วงหมดทั้งต้น ในเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลง ปริมาณน้ำฝนน้อย ซึ่งตรงกับรายงานของ Fisher and Khon (1966) ว่าอัตราการร่วงของใบพืชหลายชนิดจะสูงขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาวะแห้งแล้งและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

การออกดอกและการติดฝัก

การออกดอกของกวาวเครือแดงเริ่มต้นในเดือน พฤศจิกายน สอดคล้องกับรายงานการออกดอกของกวาวเครือขาวในแปลงทดลองของประสาร ฉลาดคิด (2546) ที่รายงานว่ากวาวเครือขาวในแปลงทดลองออกดอกเร็วกว่าในธรรมชาติ ประมาณ 2 เดือน และช่วงเวลาดังกล่าวมีความยาวแสงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในรอบ 30 ปีของเดือนพฤศจิกายนเท่ากับ 255.1 หรือ 8.5 ชั่วโมง/วัน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537) แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของแสงในช่วงวันสั้นมีผลต่อการออกดอกของกวาวเครือแดงเช่นเดียวกับกวาวเครือขาว และพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) เช่น ถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่ความยาวแสงไม่เกิน 10 วั่วโมง จะออกดอกเร็ว แต่ถ้าได้รับแสงยาวนานกว่านี้จะออกดอกช้า และจะมีการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านและใบแทน (วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ, 2540) นอกจากนี้ยังพบว่า ความชื้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออกดอกและติดฝักของกวาวเครือแดงที่ในธรรมชาติ พบว่า ดอกร่วงมาก และมีการติดฝักน้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ ยุทธนา สมิตะสิริ และ ชรินทร์ วังใจ (2529) ที่พบว่า การหลุดร่วงของดอกกวาวเครือขาวเป็นจำนวนมาก เนื่องจากอาจเนื่องมาจากช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตกน้อย แห้งแล้งฉะนั้นปริมาณน้ำและความชื้นในดินจึงมีผลกระทบต่อการออกดอกและการติดฝักและเมล็ดถั่วอย่างมาก การขาดน้ำในช่วงออกดอกและติดฝักจะทำให้อัตราการร่วงของดอกและฝักเพิ่มขึ้น (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2542)

การเจริญเติบโตของเครือเถาและใบในแปลงทดลอง

กวาวเครือแดงในแปลงทดลอง ในช่วง อายุ 1 ปีแรก ไม่มีการแตกเถา เหมือนที่พบในธรรมชาติที่แม้แต่ต้นที่งอกมาจากเมล็ดก็ยังมีการแตกเถาเพื่อเลื้อยพันธุ์กับต้นไม้อื่น ในขณะที่อายุ มากกว่า 1 ปี จึงพบว่ามีการแตกเถาในช่วงเดียวกันกับการเจริญและพัฒนาในระยะแตกเครือเถาและใบใหม่ในธรรมชาติ ดังนั้น นอกจากปัจจัยด้านอายุ การสะสมอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และพันธุกรรมแล้วปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กวาวเครือแดงในแปลงทดลองมีรูปแบบการเจริญและพัฒนาดังกล่าว เนื่องจากในแปลงทดลองเป็นสภาพที่ไม่ต้องแย่งชิงปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตกับพืชชนิดอื่น และระหว่างต้นด้วยกันเอง เนื่องจากระยะปลูกที่ 1.5 ม. x 1.5 ม. และ 3 ม. x 3 ม. ยังห่างกันมากในขณะที่ต้นมีอายุประมาณ 1 ปี ซึ่งตรงข้ามกับกวาวเครือขาวในป่าที่สภาพแวดล้อมที่กวาวเครือขาวเจริญอยู่ซึ่งมีพืชอื่นๆ เจริญเติบ โตอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก จึงพบว่ากวาวเครือขาวในต้นที่เลื้อยพันไปกับต้นไม้ที่สูงกว่าต้นอื่นๆ เพื่อให้ได้รับแสงโดยตรง เท่านั้นที่มีการออกดอก ประสาร ฉลาดคิด (2546)

4.4.2 การทดลองที่ 2 อิทธิพลของการเขตกรรมบางประการและสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในสภาพแปลงปลูก

การเจริญเติบโตของลำต้น และใบ

การไม่ให้น้ำแก่กวาวเครือแดงทำให้ จำนวนใบต่อต้น ขนาดใบ (พื้นที่ใบ) อัตราการสังเคราะห์แสง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ต่ำกว่า การให้น้ำ กวาวเครือแดงที่มีอายุ 12 และ 14 เดือนนั้น เป็นระยะของการแตกเถาและใบใหม่ หลังจากการพักตัวโดยการผลัดใบในช่วงอายุ 10 เดือนที่ผ่านมา การเจริญเติบโตในระยะนี้เป็นไปอย่างรวดเร็วและต้องการความชื้นในดินและในอากาศสูง สอดคล้องกับ การทดลองของ ประสาร ฉลาดคิด (2546) ที่พบว่า กวาวเครือขาวที่อายุ 4-8 เดือน ที่ปลูกในช่างต้นฤดูฝน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเถาเครือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งตรงข้ามกับสภาพภูมิอากาศในเดือนมกราคมที่มี อุณหภูมิสูง ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสำพัทธ์ต่ำ ดังนั้น อิทธิพลของการให้น้ำจึงมีผลต่อค่าต่างๆ ที่วัดการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการเจริญเติบโตใน treatment ที่ไม่ได้รับน้ำ จนเกิดการขาดน้ำ ซึ่งสภาวะดังกล่าวมีผลต่อสรีระวิทยาของกวาวเครือแดงนั้น เป็นผลรวมจากขบวนการต่างๆ ทางสรีระวิทยา นับตั้งแต่ดินเริ่มแห้งลง รากพืชจะส่งสัญญาณไปยังส่วนยอดโดยเฉพาะที่ใบ โดยมีฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องคือ cytokinins ที่สร้างจากราก และส่งไปยังใบลดลง ทำให้ขาดสมดุลระหว่าง cytokinins กับ abscisic acid ที่ใบ ทำให้มี abscisic acid มีสูงกว่า ซึ่งจะมีอิทธิพลทำให้ปากใบปิด เพื่อลดการคายน้ำ ผลที่ตามมาคือ CO_2 ผ่านเข้าทางใบลดลงทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง การสร้างอาหารตลอดจนฮอร์โมนที่สำคัญในการเจริญเติบโตลดลง ส่งผลให้

การเจริญทางเติบโตทางต้น ใบ และราก ลดลง (Lerner, 1999) ส่วนการไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการให้น้ำในช่วงอายุ 6 ถึง 8 เดือน เนื่องจาก หลังจากการเริ่มควบคุมการให้น้ำที่อายุ 4 เดือนในเดือน เมษายน เป็นช่วงเข้าสู่ฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น จึงทำให้ treatment ที่ไม่ให้น้ำได้รับความชื้นในปริมาณที่สูงเพียงพอกับการเจริญเติบโตทำให้ค่าของการเจริญเติบโตที่วัดได้ไม่ต่างกันกับการให้น้ำ ส่วนที่ อายุ 10 เดือน เป็นช่วงที่กวาวเครือแดงในแปลงทดลองมีการเจริญเติบโตช้า เนื่องจากเป็นช่วงใบแก่ และผลัดใบ การเจริญเติบโตที่ต่อเนื่องมาจากช่วง อายุ 8 เดือนจึงไม่แตกต่างกัน

การเจริญเติบโตของราก

อิทธิพลน้ำ พบว่า การไม่ให้น้ำทำให้ค่าของข้อมูลการวัดการเจริญเติบโตทุกค่า ต่ำกว่าการให้น้ำทุก 3 วัน และ 7 วัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชื้นของรากจะมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของ ประสาร ฉลาดคิด (2546) ที่พบว่า หัวกวาวเครือขาวที่อายุต่างๆ จะมีความชื้นใกล้เคียงกันประมาณ 90% แต่จากการทดลอง ใน treatment ที่ไม่ให้น้ำ พบว่าในทุกช่วงอายุ จะมีความชื้นในราก ประมาณ 80% รูปแบบการเจริญเติบโตของรากในกรณีไม่ให้น้ำ มีการเจริญเติบโตลงในแนวดิ่งมากกว่าแนวนอนใต้ผิวดิน ส่วนในกรณีให้น้ำ ทุก 3 วัน พบรากส่วนใหญ่เจริญเติบโตรากใกล้ผิวดิน การที่รากสามารถแพร่กระจายและชอนไชลงไปในดินชั้นล่างของดิน (Russel, 1977) มีรายงานว่า การเจริญของรากจะลดลงเมื่อ ในดินลดลงประมาณ -0.05 MPa จนกระทั่ง ในดินลดลงถึง -1.0 MPa หรือต่ำกว่าจะทำให้รากหยุดการเจริญเติบโต สภาพเช่นนี้ จะมีการเจริญของรากชดเชย (compensatory growth) โดยจะมีการเจริญของรากลงไปในดินชั้นล่างซึ่งมีความชื้นเพียงพอเพื่อดูดขึ้นมาเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในต้นพืช (Klepper et. al, 1973)

อิทธิพลของ การจัดระยะปลูก ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทั้งทางด้านลำต้น ใบ และราก ของกวาวเครือแดง เนื่องจากการเจริญเติบโตในช่วง 1 ปีแรกของการปลูก กวาวเครือแดงที่ปลูกมีลำต้นตั้งตรง ซึ่งแตกต่างจาก ลักษณะที่พบในธรรมชาติที่จะมีเถาเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยการเลื้อยพันกับต้นไม้อื่น ดังนั้นระยะปลูก 1.5 เมตร x 1.5 เมตร และ 3 เมตร x 3 เมตร จึงเป็นระยะที่ไม่มีผลต่อการแข่งขันเพื่อแย่งปัจจัยในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะปัจจัยแสง ซึ่งจะมี 2 ลักษณะคือ การแข่งขันระหว่างต้น (interplant competition) และ การแข่งขันภายในต้น (intraplant competition) ซึ่งเมื่อปลูกพืชที่มีระยะห่างกันมากๆ หรือใช้ความหนาแน่นต่ำ จะพบลักษณะการแข่งขันในลักษณะทั้งสองเกิดขึ้นน้อยมาก พืชจึงสร้างการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่อต้นได้อย่างเต็มที่ เมื่อพืชจะเจริญถึงระยะสะสมน้ำหนักเมล็ด ดอกแต่ละดอก หรือ ฝักแต่ละฝัก จะมีการแข่งขันกันในเรื่องคาร์โบไฮเดรตเพื่อการสะสมน้ำหนักเมล็ดในระหว่างฝักมากขึ้น และจะส่งผลให้ผลผลิตต่อช่อหรือต่อรวงลดลงได้ ดังนั้นจะเห็นว่าเมื่อปลูกห่างจะทำให้การแข่งขันภายในต้นรุนแรงมากขึ้น

(เฉลิมพล แซมเพชร, 2535) แต่จากการทดลองนั้นยังไม่พบลักษณะดังกล่าวในขณะที่กวาวเครือแดงอายุ ประมาณ 14 เดือน

อิทธิพลของแสงและไม่พรางแสงไม่ผลต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดง อาจเกิดจากกวาวเครือแดงเป็นพืชที่ปรับตัวได้สูงในระดับความเข้มแสงแตกต่างกันตั้งแต่ระดับกลางแจ้งหรือเลื้อยพันกับต้นไม้อื่นที่อยู่ใกล้เคียงแสงจึงไม่น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงเท่ากับปัจจัยของน้ำ

4.4.3 การทดลองที่ 3 การตรวจสอบสาร 3 7 3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone และstigmasterol ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงในป่า และในแปลงปลูก

การตรวจสอบสาร สาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone

จากการตรวจสอบสารสกัดจาก รากกวาวเครือแดงที่นำมาจากจังหวัดกาฬสินธุ์และในแปลงปลูก ไม่พบสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone อาจเป็นเพราะ กวาวเครือแดงที่นำมาศึกษามาจากคนละแหล่งกับการศึกษาของธนาธิป รักศิลป์ เป็นกวาวเครือแดงที่นำมาจากจังหวัดลำปาง กรณีที่พบสารดังกล่าวศึกษาจากกวาวเครือแดงในพื้นที่ทางภาคเหนือ เช่น จังหวัดลำปาง (ธนาธิป รักษ์ศิลป์, 2537: โสภณ เริงสำราญ, 2542) นอกจากความแตกต่างของพื้นที่แล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น

1. พันธุกรรมของกวาวเครือแดงซึ่งในธรรมชาติจะพบความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งแสดงออกในลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่แตกต่างกันไป เช่น ลักษณะใบ มีขนหรือไม่มีขน ขนาดของใบเนื่องจากการปรับตัวของพืชชนิดนั้น เพื่อให้เจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีรายงานถึงความแตกต่างของสายพันธุ์กวาวเครือแดง และปริมาณสารชนิดที่พบในแต่ละพื้นที่เหมือนในกวาวเครือขาวที่มีการศึกษาแล้ว พบว่า มีอยู่ถึง 18 สายพันธุ์ (วิชัย เชิดชีวศาสตร์, 2542)

2. อายุ และระยะการเจริญเติบโตของพืชมีผลต่อการสร้างสารสำคัญบางชนิด เช่น พืชบางชนิดสร้างสารแอนโทไซยานินขึ้นในขณะที่พืชอายุยังน้อยเพื่อป้องกันส่วนยอดของพืชไม่ให้ได้รับอันตรายจากแสงแดด (Fang and Hirsch, 1998) จึงพบว่า มีปริมาณของ แอนโทไซยานินสูงในขณะที่ต้นยังเล็กอยู่ ดังนั้น การเก็บรากกวาวเครือแดงจากป่าที่อาจทำให้ได้รากที่อายุแตกต่างจากที่มีการศึกษาไว้ซึ่งอาจทำให้ผลตรวจหาสาร3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone คลาด เคลื่อนได้ กรณีที่ไม่พบสารนี้ในแปลงปลูกอาจเป็นเพราะอายุของต้นยังน้อยอยู่เนื่องจากศึกษาถึงอายุ 14 เดือนเท่านั้น นอกจากนี้ การเก็บรากในระยะการเจริญและพัฒนาที่แตกต่างกัน เช่น ระยะผลัดใบ

ระยะออกดอก หรือ ระยะแตกเถาและใบใหม่ ซึ่งอาจเป็นคนละระยะกับที่เคยมีการศึกษาไว้อาจทำให้การตวจพบสารนี้ได้แตกต่างกันได้

3. ความอุดมสมบูรณ์และความชื้นของดินที่แตกต่างกันอาจมีผลให้พืชสร้างสารแตกต่างกันได้ วันดี กฤษณพันธ์ (2536) พบว่า แร่ธาตุบางชนิด เช่น ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม อาจไปกระตุ้นกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสาร hyoscine ในต้น ดูบอยเซีย ทำให้เพิ่มเปอร์เซ็นต์ของสารเพิ่ม ดังนั้น ความอุดมสมบูรณ์และความชื้นของดินที่แตกต่างกันในบริเวณที่พบกวาวเครือแดงอาจทำให้การสร้างสาร 3,7,3'-trihydroxy-4'-methoxyflavone แตกต่างกันได้

4. ฤดูกาลขณะเก็บเกี่ยวมีผลต่อการสร้างสารในพืชบางชนิด เช่น ต้นดูบอยเซียของรัฐควีนแลนด์ ออสเตรเลีย พบว่า การเก็บเกี่ยวในฤดูหนาวจะมีปริมาณของสารนี้ต่ำลง เนื่องจากดูบอยเซีย สะสมสารชนิดนี้ไว้ที่ใบโดยอาศัยกระบวนการคายน้ำ (transpiration stream) ในการลำเลียงสาร ในฤดูหนาวซึ่งมีอากาศเย็น ทำให้พืชมีการคายน้ำลดลง การขนถ่าย hyoscine ไปสะสมที่ใบจึงน้อยกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูร้อน เป็นต้น (Luanratana and griffin, 1980) ดังนั้น กรณีของกวาวเครือแดงซึ่งฤดูกาลมีผลต่อการเจริญและพัฒนาในรอบปีอยู่แล้วจึงอาจมีผลโดยอ้อมต่อการสร้างสาร 3,7,3'-Trihydroxy-4'-Methoxyflavone ได้เช่นกัน

การตรวจสอบสาร stigmasterol

การประเมินปริมาณสาร stigmasterol โดยวัดจากขนาดของ spot ที่ปรากฏบน TLC น่าจะมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจาก ควบคุมขนาดของ spot ตอนเริ่มต้นทำได้ค่อนข้างยาก จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง อย่างไรก็ตาม การประเมินปริมาณของ stigmasterol ในการทดลองนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นเพื่อดูว่า treatment ต่างๆ มีผลต่อปริมาณของสารนี้ในกวาวเครือเครือแดงหรือไม่ จึงเลือกใช้วิธีการประเมินปริมาณของสารโดยการเปรียบเทียบขนาดของ spot ซึ่งทำได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนในการหาปริมาณของสาร stigmasterol อาจมาจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น วิธีการสกัดและแยกสารที่อาจทำให้ไม่ได้สารทั้งหมด ซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไป ถ้าต้องการทราบปริมาณของ stigmasterol ที่แม่นยำมากขึ้นอาจศึกษาโดยใช้วิธี gas chromatography (GC) หรือ hig-performance liquid chromatography (HPLC) (Abidi, 2001)

การที่กวาวเครือแดงที่ขาดน้ำ มีปริมาณสาร stigmastrerol น้อยกว่า กวาวเครือแดงที่ได้รับน้ำทุก 3 วัน และ 7 วัน อาจเป็นเพราะ การขาดน้ำทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง สารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไม่เพียงพอที่จะใช้ในกระบวนการต้น การให้น้ำน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสร้างสารจากการศึกษาในถั่วเหลือง พบว่าการขาดน้ำทำให้อุณหภูมิถายในต้นถั่วเหลืองสูงขึ้น เนื่องจากไม่สามารถระบายความร้อยจากการคายน้ำได้ เฉลิมพล แซมเพชร (2535) พบว่า อุณหภูมิมีผล

ต่อองค์ประกอบทางเคมีบางอย่างในเมล็ดถั่วเหลืองในสภาวะที่ได้รับปัจจัยในการเจริญเติบโตปกติ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเมื่ออายุใกล้เก็บเกี่ยว

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 การเจริญและพัฒนาในรอบปีของกวาวเครือแดงในธรรมชาติ

5.1.1 ระยะแตกเถาเครือและใบใหม่เริ่มตั้งแต่ ปลายเดือน มกราคม ถึง มีนาคม

5.1.2 ระยะการเจริญและพัฒนาของเถาเครือและใบใหม่ เริ่มตั้งแต่มีนาคมถึง กันยายน

5.1.3 ระยะผลัดใบ เริ่มตั้งแต่ กรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม

5.1.4 ระยะออกดอกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน จากนั้นเข้าสู่ระยะการติดฝัก และพัฒนาจนฝักแก่ในเดือนมีนาคม

5.2 การเขตกรรมต่อ การเจริญเติบโต ทางลำต้น ใบ และราก

5.2.1 การเจริญและพัฒนาในแปลงปลูก

- ระยะการเกิดลำต้นและใบใหม่ แบบไม่เป็นเถา ตั้งแต่ ในเดือนมกราคม ถึง เดือน กุมภาพันธุ์
- ระยะพัฒนาของลำต้นและใบ ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธุ์ ถึง เดือน กันยายน
- ระยะผลัดใบ เริ่มตั้งแต่ กันยายน ถึง ธันวาคม
- ระยะแตกเครือเถาและใบ หลังปลูก 1 ปี กวาวเครือแดงจะเริ่มแตกเถาและใบใหม่ และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว
  เป็นเมล็ดแก่ในเดือนมีนาคม

5.2.2 การให้น้ำ

1. การให้น้ำไม่มีผลให้กวาวเครือแดงมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทางด้าน ลำต้น ใบ และราก ที่อายุ ต่ำกว่า 12 เดือน
2. การให้น้ำทุก 3 วัน และ 7 วัน ให้ผลการเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และ ราก ดีกว่าการไม่ให้น้ำ โดยเฉพาะเมื่อกวาวเครือแดงที่อายุ12 ถึง 14 เดือน
3. ที่อายุ 12 และ 14 เดือน การให้น้ำทุก 3 วัน ได้รากที่ยาวกว่า การให้น้ำทุก 7 วัน แต่

การให้น้ำทุก 7 วัน มีเส้นผ่าศูนย์กลางรากมากกว่า การให้น้ำทั้งสองระยะ ไม่ทำให้น้ำหนักของราก แตกต่างกัน

4. การให้น้ำ ทุก 7 วัน เพียงพอต่อการเจริญเติบทางลำต้น ใบ และ ราก ของกวาวเครือแดง

5.2.3 ระยะปลูก

ระยะปลูกที่ 1.5 เมตร X 1.5 เมตร และระยะปลูก 3 เมตร x 3 เมตร ทำ ให้ผลของการเจริญทางลำต้น ใบ และราก ไม่แตกต่างกันที่ อายุ 6 ถึง 14 เดือน

5.2.4 การพรางแสง

การไม่พรางแสง และไม่พรางแสง ไม่ให้การเจริญทางลำต้น ใบ และรากของกวาวเครือแดง ไม่แตกต่างกัน

5.2.5 การตรวจสอบสาร3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone และ stigmasterol

ไม่พบสาร 3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone ในกวาวเครือแดงจากอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ และในแปลงทดลองที่อายุ 6 8 10 12 และ 14 เดือน

การให้น้ำ ทุก 3 วัน และ 7 วัน ได้สาร stigmasterol มากกว่าการไม่ให้น้ำ และการให้น้ำ ทุก 3 วัน และ 7 วัน มีปริมาณสาร stigmasterol เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกกวาวเครือแดงให้ได้คุณภาพดีต้องเลือกแหล่งของต้นพันธุ์ที่ดี คือ มีรายงานการศึกษาถึงปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สำคัญอยู่ หรือ พิจารณาจากการใช้ประโยชน์จากชาวบ้านในพื้นที่ที่พบกวาวเครือแดงสายพันธุ์นั้นๆ

2. การให้น้ำที่เพียงพอกับความต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโต และประหยัดค่าใช้จ่าย ควรให้ ทุก 7 วัน เนื่องจากการทดลองพบว่ามีผลต่อการสร้างสาร stigmasterol และมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกับการให้น้ำทุก 3 วัน และการไม่ให้น้ำทำให้รากลึกยากต่อการขุดเพื่อศึกษาและเก็บเกี่ยวผลผลิต อีกทั้งยังเสี่ยงต่อความเสียหายจากอุปกรณ์ในการขุดได้ง่าย

3. ระยะปลูกที่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดงในแปลงทดลองที่อายุตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึง 14 เดือนนั้นน่าจะเริ่มมีผลแสดงให้เห็นได้เมื่ออายุการปลูกมากกว่านี้เนื่องจากการสังเกตที่อายุ 16 เดือน พบว่า การปลูกในระยะ 1.5 ม. x 1.5 ม. มีการเลื้อยพันกันของเถาใน แปลงที่มี

การให้น้ำ และนอกจากนี้ยังพบว่ารากบางรากมีความยาวมากกว่า ระยะห่างระหว่างต้น คือ 1.5 ม. ดังนั้น การปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะยาว ควรพิจารณาเรื่อง ระยะปลูก และการทำค้าง ให้ดี เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติงานในแปลง และการดูแลรักษา

4. เนื่องจากสารที่สกัดจากกวาวเครือแดงในจังหวัดกาฬสินธุ์มีค่า R_f และหมู่ฟังก์ชั่นที่ใกล้เคียงกับสาร3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone จึงควรวิเคราะห์โครงสร้างของสารที่สกัดได้ ด้วย H-NMR และ C-NMR เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน

5. ควรวิเคราะห์การสร้างสาร 3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone ของกวาวเครือแดงในป่าที่จังหวัดกาฬสินธุ์ และในแปลงทดลองเพิ่มขึ้น วิเคราะห์กวาวเครือแดงที่มีอายุของราก อายุของต้น ที่แตกต่างจากที่ใช้ในงานวิจัยนี้ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะต่างๆของการเจริญและพัฒนาเพื่อยืนยันว่ากวาวเครือแดงจากแหล่งดังกล่าวมีการสร้างสารนี้หรือไม่

6. ควรวิเคราะห์สาร stigmasterol ในแต่ละ treatment โดยวิธีการที่มีความแม่นยำมากขึ้น เช่น วิเคราะห์ด้วย GC หรือ HPLC เป็นต้น เพื่อให้ได้ทราบปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสารแต่ละ treatment

7. ควรมีการทดลองต่อเนื่อง เนื่องจากที่อายุ มากกว่า 14 เดือน สภาพการเจริญเติบโตของต้นจะเริ่มสมบูรณ์ และใกล้เคียงกับต้นที่พบในธรรมชาติ อาจทำให้ได้ผลของ การให้น้ำ การจัดระยะปลูก และการพรางแสง ที่ชัดเจนขึ้น

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2542). จุฬาฯผลักดันให้กวาวเครือขาวและกวาวเครือแดง (ทองเครือ) เป็นพืชสงวนได้สำเร็จ [ออนไลน์]. Availiable: http://www.chula.ac.th/curel/1999/apr-16-1999/cusoc.html

เฉลิมพล แซมเพชร. (2535). **สรีรวิทยาการผลิตพืช.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชวลิตร นิยมธรรม. (2538). กวาวเครือ. **อนุกรมวิธานพืช อักษร ก.** ราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: เพื่อนพิมพ์.

ชรินทร์ วังใจ และ ยุทธนา สมิตสิริ. (2530a). ชีววิทยาบางประการของกวาวเครือขาว: 5) การเจริญของกวาวขาวในธรรมชาติ. ใน **เอกสารประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13**. (หน้า 476-477). สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชรินทร์ วังใจ และ ยุทธนา สมิตสิริ. (253b). ชีววิทยาบางประการของกวาวเครือขาว: 4) การเจริญของกวาวขาวในธรรมชาติ. ใน**เอกสารประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13**. (หน้า 474-475). สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดิเรก ทองอร่าม วิทยา ตั้งก่อสกุล นาวี จิระชีวี อิทธิสุนทร นันทกิจ (2540). **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. กรุงเทพฯ: เคหะการเกษตร.

ต้นสน. 2545. การพัฒนาสมุนไพรสู่มาตรฐานสากลและตลาดการส่งออกสมุนไพร [ออนไลน์]. Availiable: http://www.kehakaset.com/march_2002/menu/herb.htm

เต็ม สมิตินันท์. (2523). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย: ชื่อพฤกษศาสตร์ - ชื่อพื้นเมือง.** กรมป่าไม้, กรุงเทพ.

ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์ และพรรณภา ชุมศรี. (2535). เภสัชวินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2. (หน้า 64, 75-76, 279). ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย. คณะเภสัชศาสตร์: มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธนาธิป รักศิลป์. (2537). องค์ประกอบทางเคมีในหัวกวาวเครือแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทวัน บุญยะประภัศสร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (2541). **สมุนไพรไม้พื้นบ้าน.** ประชาชน จำกัด, กรุงเทพ.

นิรนาม. 2539. กวาวเครือมุมมองของหมอยาไทย[ออนไลน์]. Availiable: http://www.thaipun.com/webboard/variety_Question.asp?GID=1

ประสาร ฉลาดคิด. (2545). สิ่งแวดล้อมกับการเจริญเติบโตในรอบปีของกวาวเครือขาว. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย ครั้งที่ 3 วันที่ 18-19 กรกฎาคม 2545. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. (2541). **การใช้กวาวเครือในแพทย์แผนไทยและแพทย์พื้นบ้าน.** เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่องกวาวเครือ. กรุงเทพ. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ หน้า 1-8.

ไพลิน สิทธิวิเชียรวงศ์. (2542). การคัดกรองสารมีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชสมุนไพรโดยวิธียับยั้งไซคริก - เอเอ็มพีฟอสโฟไดเอสเทอเรส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีทางชีวภาพ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2540). **สถิติเพื่อการวิจัยและวางแผนการทดลอง.** สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ภาวนา อัศวะประภา. (2544). **คู่มือการปลูกพืชสมุนไพร.** กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพ.

ยุทธนา สมิตสิริ และ ชรินทร์วังใจ. (2529). ชีววิทยาบางประการของกวาวเครือขาว: 1) ดอก ฝัก เมล็ด. **เอกสารประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12** หน้า 264-265. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วันเฉลิม จันทรากุล. (2542). **เจาะขุมทรัพย์สมุนไพรไทย.** กรุงเทพฯ: ไทย-ยูโร โปรเจคท์.

วันชัย จันประเสริฐ. (2542). เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม และ เกษม เที่ยงบูรณธรรม. (2537). **พจนานุกรมโรคและการบำบัด.** กรุงเทพฯ: รวมสาร์น (1997).

วิไลลักษณ์ ตั้งประเสริฐ. (2540). **อุตุนิยมวิทยา**. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

วุฒิ วุฒิธรรมเวช. (2540). **สารานุกรมสมุนไพร รวมหลักเภสัชกรรมไทย.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2537). **พฤกษศาสตร์.** กรุงเทพฯ: รั้วเขียว.

สมพร ภูติยานันท์. (2542). **ตรวจเอกลักษณ์พืชสมุนไพร: ภาคพิเศษ.** กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก

สมภพ ประธานธุรารักษ์. (2539). **อนุกรมวิธานพืชสมุนไพรไทย**. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์.

สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล. (2545). การศึกษาเปรียบเทียบผลของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb) ที่พบในพื้นที่ที่แตกต่างกันสองพื้นที่ ต่อ อวัยวะสืบพันธุ์ พฤติกรรมการสืบพันธุ์ และการแข็งตัวของอวัยวเพศในหนูขาวเพศผู้ *(Rattus norvegicus)*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

โสภณ เริงสำราญ และคณะ. (2543). ฟลาโวนอยด์และฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์จากกวาวเครือแดงและฤทธิ์ต่อต้านไซคริกเอเอ็มพีฟอสโฟไดเอสเทอเรส. **วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. 25(1): 169-176

อรดี สหวัชรินทร์. (2541). แนวทางการคัดเลือกพันธุ์ ขยายพันธุ์ และการปลูกกวาวเครือ. ใน **เอกสารประกอบการประชุมสัมมนากวาวเครือ** ณ สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

อรดี สหวัชรินทร์. (2542). กวาวเครือ สมุนไพรครอบจักวาล. **วารสารเคหะการเกษตร.** 23(4): 127-235.

อธิพงษ์ มานะเสถียร. (2545). การศึกษาเปรียบเทียบผลของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb) ที่พบในพื้นที่ที่แตกต่างกันสองแห่ง ต่อ หัวใจ ตับ ไต ต่อมหมวกไต และ องค์ประกอบของเลือดในหนูขาวเพศผู้*(Rattus norvegicus)*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เอกสารสรุปสถานการณ์กวาวเครือ. (2542). งานสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง สถานการณ์ กราวเครือในปัจจุบัน. โรงแรมรามาการ์เด้นส์ .

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, (2545). บทบาทและประโยชน์ของการใช้ปุ๋ยกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน. การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง **ปุ๋ยเคมีเป็นธาตุอาหาร หรือสารพิษ.** ณ กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Abidi, S. L. (2001). Chromatographic analysis of plant sterols in foods and vegetavle oils**. J. Chromatography A.** 935: 173-201.

Award, A. B., Chan, K. C., Downie, A. C. and Fink, C. S. (2000). Peanuts as a source of β-Sitosterol , a sterol with anticancer properties. **Nutr. cancer.** 36: 238-41.

Berges, R. R., Windeler, J. and Trampisch, H. J. (1995). Randomised, double- blind clinical trial of β-sitosterol in patients with benign prostatic hyperplasia. **Lancet.**

Blackman, G. E. and Templemant, W. G. (1938). Theinteraction of light intensity and nitrogen supply on the growth and metabolism of glass and clover. Ann. N. S. 7: 765-791.

Bottomley, W., Harry smith and A.W. Galston. (1966). Flavonoid in Pisum sativum: the effect of light on the systhesis of keampferol. **Phytochemistry**. 5: 117-123.

Boyer, E. F. (1970). Effect of moisture stress on composition and yield of corn. **Phytochemistry.** 7: 117-123.

Bottomley, W., Harry, S. and Galston, A. W. (2001). Flavonoid complexes in *Pisum sativum* III: The effect of light on the synthesis of kaempferol and quercetin complexs. **Phytochemistry.** 5: 117-123.

Budavari, S. (1998). **Merck Index**. Rahway N.J. (U.S.A.): Merck & Co., Inc. 1353, 1388.

Clive, W. F. (1981). A new lactone from water-stressed chickpea. **Phytochemistry**. 20: 2019-2020.

Di Buussulo J. M., Nes, W. R., and Meuter-Gardners, A., (1992). Determination of various sterols y PR-HPLC. **J. Chromatogr. Sci**. 20: 193-202

Enz, A., Amstutz, R., Boddeke, H., Gmelin, G., Malonowski, J. (1993). Brain selective inhibition of acetylcholinesterase: a novel approach to therapy for Alzheimer's disease. **Progress in Brain Research**. 98: 431–445.

European Phamaceutical Associations. (1998). Guidelines for good agricultural practice (GAP) of medicinal and aromatic plants [On-line]. Availiable: http://www.inaro.de/Deutsch/GAPengl.htm

Fang, W. and Hirsch, P. W. (1992). The effect of light intensity on anthocyanin synthesis in plant. **Phytochemistry J**. 17: 1893-1896.

Flavia, N.-I. (1990). Lipids of soybean and sunflower seedlings grown under drought conditions. **Phytochemistry**. 7: 2119-2123.

Kaufan, P. B., Weber. S., Duke, J. A., and Brielmann, H. L. (1999). **Natural Product from Plants.** Boca Raton : CRC Press.

Klepper, B., Tayler, H. M., Huck, M. G. and Fiscus, E. L. (1973). Water relations and growth of cotton in drying soil. **Agron J.** 65: 307-310.

Klippel, K. F., Hill, D. M. and Schipp, B. (1997). A multicentric, clinical trial of β-sitosterol for the treatment of benign prostatic hyperplasia. **Br. J. Urol.** 80: 427-32

Kobayashi, Y., Sugaya, Y. and Tokue, A. (1998). Clinical effects of beta-sitosterol on benign prostatic hyperplasia: Preliminary study. **Hinyokika.** Kiyo. 44: 685-868.

Lowe, F. C. and Ku J. C. (1996). Phytotherapy in treatment of benign prostatic hyperplasia: A critical review. **Urology**. 48: 12-20.

Luanratana, O. and Griffin, W. J. (1980). Cultivation of a Duboisia hybrid. Part A. Nutritional requirements and effects of growth regulators on alkaloid content. **Lloydia.** 43: 546-551.

Major, J. D., Johnson, D. R., Tanner, J. W., and Anderson, I. C. (1975). Effect of day length and temperatures on soybean development. **Crop Sci.** 15: 147-179.

Miettinen, T. A. and Vanhanen, H. (1994). Dietary sitostanol related to absorption, synthesis and serum level of cholesterol in different apolipoproteinE phenotypes. **Atherosclerosis**. 105: 217-226.

Miettinen, T. A., Tilvis, R. S. and Kesaniemi, Y. A. (1990). Serum plant sterol and cholesterol precursors reflect cholesterol absorption and synthesis in volunteers of a randomly selected male population. **American Journal of Epidermiology.** 131: 20-31.

Russel, R. S. (1977). **Plant root system : Their function and interaction with the soil**. Great Britain:Mc Grow-hill.

Smith, F. W., Jackson, W. A. and P. J. Van den Berg. (1990). Phosphorus stress in *Stylosanthes hamata* Aust. **J. Plant Physiol**. 17: 451-464.

Wilsie, C. P. (1962). **Adapt to temperature: Crop adaptation and distribution**. London: W. H. Freeman and Company.

Wanchai De-Eknamkul and Buppachart Potduang. (2003) Biosynthesis of beta-sitosterol and stigmasterol in Croton sublyratus. **Phytochemistry**. 62: 389-398.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของจำนวนใบต่อต้น

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	0.17	1.30 ^{ns}	0.0001	0.74 ^{ns}	1.88*
Water (W)	2	0.00	0.178 *	0.0968	4.34 *	5.72*
Error(a)	4	0.13	0.02 ^{ns}	0.0291	0.88 ^{ns}	0.61 ^{ns}
Space (S)	1	0.01	0.06 ^{ns}	0.1613	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}
WS	2	0.06	0.13 ^{ns}	0.0017	0.00 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Error (b)	6	0.34	0.03 ^{ns}	0.0549	0.17 ^{ns}	0.19 ^{ns}
Light (L)	1	0.00	0.15 ^{ns}	0.0001	0.67 ^{ns}	0.30 ^{ns}
WL	2	0.01	0.35 ^{ns}	0.0243	1.83 *	1.95*
SL	1	0.03	0.01 ^{ns}	0.0420	0.01 ^{ns}	0.00 ^{ns}
WSL	2	0.07	0.03 ^{ns}	0.0178	0.05 ^{ns}	0.11 ^{ns}
Error(c)	12	0.16	0.23 ^{ns}	0.0865	0.14 ^{ns}	0.32 ^{ns}
% cv (a)		15.01	22.15	16.56	20.56	15.65
% cv (b)		20.23	18.75	17.47	25.44	22.39

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของขนาดใบ

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	17.61	9.61	3.78	3.31 ^{ns}	24.14 ^{ns}
Water (W)	2	50.73	8.87	23.06	71.64 *	645.2*
Error(a)	4	15.16	15.31	1.22	3.81 ^{ns}	8.08 ^{ns}
Space (S)	1	19.95	0.01	2.43	1.16 ^{ns}	6.33 ^{ns}
WS	2	4.38	11.43	0.35	0.01 ^{ns}	0.42 ^{ns}
Error (b)	6	15.84	14.97	7.51	2.15 ^{ns}	18.00 ^{ns}
Light (L)	1	1.00	2.81	0.06	7.43 ^{ns}	9.19 ^{ns}
WL	2	0.59	12.06	0.64	0.01 ^{ns}	0.15 ^{ns}
SL	1	2.59	1.15	0.03	0.00 ^{ns}	13.77 ^{ns}
WSL	2	19.40	5.82	2.65	0.01 ^{ns}	1.16 ^{ns}
Error(c)	12	57.53	25.83	7.39	7.07 ^{ns}	10.74 ^{ns}
% cv (a)		22.45	15.75	13.08	22.33	26.23
% cv (b)		19.61	19.03	19.69	20.27	12.87

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของอัตราการสังเคราะห์แสง

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	123.38	100.40	4.9100	36.59 ns	89.49 ns
Water (W)	2	19.73	12.93	4.0300	361.07*	489.89 *
Error(a)	4	12.56	7.15	2.7400	1.85 ns	31.23 ns
Space (S)	1	0.51	2.34	0.0200	0.82 ns	6.21 ns
WS	2	0.75	5.84	1.3200	0.53 ns	2.59 ns
Error (b)	6	28.63	22.85	5.2000	9.67 ns	15.13 ns
Light (L)	1	3.66	1.52	1.8400	47.38 ns	153.63 ns
WL	2	4.61	4.36	0.6700	11.07 ns	54.63 ns
SL	1	23.73	0.86	0.0000	0.17 ns	0.34 ns
WSL	2	58.00	79.08	6.5000	0.34 ns	2.32 ns
Error(c)	12	28.19	16.50	2.6900	12.73 ns	16.00 ns
% cv (a)		15.17	22.24	16.07	26.77	21.33
% cv (b)		14.22	15.77	19.31	20.20	26.12

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	8.36	34.11*	0.6400	0.35 ns	3.12 ns
Water (W)	2	7.19	4.10 ns	0.4300	221.14 *	179.42*
Error(a)	4	2.78	5.50 ns	0.9700	3.46 ns	8.85 ns
Space (S)	1	0.25	0.00 ns	0.0100	1.23 ns	1.68 ns
WS	2	0.25	0.61 ns	0.2700	9.28 ns	0.30 ns
Error (b)	6	8.25	2.01 ns	1.2900	3.78 ns	7.97 ns
Light (L)	1	0.69	0.00 ns	0.5200	0.10 ns	0.01 ns
WL	2	1.36	0.11 ns	0.1000	0.60 ns	0.48 ns
SL	1	0.69	0.00 ns	1.2600	2.80 ns	0.53 ns
WSL	2	1.86	0.01 ns	0.1700	0.37 ns	0.59 ns
Error(c)	12	4.05	6.20 ns	2.2300	3.59 ns	4.86 ns
% cv (a)		22.00	25.78	16.21	16.37	16.77
% cv (b)		26.52	27.51	20.66	25.36	19.30

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของความสูงของต้น

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	3.68	3.14	5.88	199.69 ^{ns}	366.69 ^{ns}
Water (W)	2	8.07	2.75	6.75	4961.19*	18307.44*
Error(a)	4	9.38	6.12	2.16	282.15 ^{ns}	451.27 ^{ns}
Space (S)	1	11.67	0.26	0.44	0.03 ^{ns}	61.36 ^{ns}
WS	2	0.21	2.52	1.48	82.69 ^{ns}	8.78 ^{ns}
Error (b)	6	4.06	5.62	2.56	298.05 ^{ns}	1675.13 ^{ns}
Light (L)	1	0.61	13.32	12.72	434.02 ^{ns}	318.02 ^{ns}
WL	2	0.73	2.30	0.86	15.36 ^{ns}	264.11 ^{ns}
SL	1	1.56	3.42	5.13	61.36 ^{ns}	17.36 ^{ns}
WSL	2	0.77	0.02	0.02	67.86 ^{ns}	32.44 ^{ns}
Error(c)	12	6.40	19.67	10.96	153.80 ^{ns}	166.83 ^{ns}
% cv (a)		18.45	8.23	10.82	17.78	10.33
% cv (b)		25.37	15.17	15.36	22.52	16.55

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของจำนวนรากต่อต้น

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	2.19	10.19	15.19	11.36 ^{ns}	4.78 ^{ns}
Water (W)	2	2.03	1.69	0.19	12.86 **	14.78 **
Error(a)	4	0.69	6.86	1.74	1.11 ^{ns}	0.49 ^{ns}
Space (S)	1	0.11	2.25	0.00	0.44 ^{ns}	0.25 ^{ns}
WS	2	0.19	0.08	1.08	0.86 ^{ns}	1.00 ^{ns}
Error (b)	6	1.92	3.31	4.72	4.47 ^{ns}	3.42 ^{ns}
Light (L)	1	0.11	1.36	0.00	1.78 ^{ns}	1.36 ^{ns}
WL	2	0.53	0.69	1.08	0.53 ^{ns}	0.78 ^{ns}
SL	1	1.00	0.03	0.11	1.00 ^{ns}	0.25 ^{ns}
WSL	2	0.25	1.19	0.86	0.08 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Error(c)	12	1.44	4.03	2.92	3.50 ^{ns}	1.78 ^{ns}
% cv (a)		17.18	13.65	16.38	8.96	11.72
% cv (b)		14.14	17.88	21.66	9.45	15.56

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของความยาวรากต่อต้น

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	7.44	29.03	7.58	61.19 ns	78.08 ns
Water (W)	2	43.03	101.48	59.08	207.86**	1900.08**
Error(a)	4	74.69	109.71	32.29	26.69 ns	104.54 ns
Space (S)	1	42.25	56.05	14.69	4.69 ns	69.44 ns
WS	2	15.25	40.06	59.69	16.03 ns	35.36 ns
Error (b)	6	50.50	69.50	50.94	49.58 ns	80.56 ns
Light (L)	1	2.25	34.58	3.36	8.03 ns	9.00 ns
WL	2	15.08	0.00	15.36	9.69 ns	25.58 ns
SL	1	0.03	219.70	110.25	26.69 ns	2.78 ns
WSL	2	15.53	0.00	25.08	21.19 ns	182.19 ns
Error(c)	12	8.00	20.59	107.50	70.33 ns	241.64 ns
% cv (a)		16.08	17.66	19.72	20.75	18.40
% cv (b)		19.74	20.99	22.61	14.37	15.53

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของเส้นผ่าศูนย์กลางของราก

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	3.25	1341.10	4.86	14.11 ^{ns}	2.53 ^{ns}
Water (W)	2	1.08	11.13	4.53	455.44**	1815.44**
Error(a)	4	15.83	14.25	7.94	29.57 ^{ns}	10.94 ^{ns}
Space (S)	1	1.00	4.62	18.78	4.69 ^{ns}	1.36 ^{ns}
WS	2	3.08	0.80	32.53	2.11 ^{ns}	0.11 ^{ns}
Error (b)	6	28.31	22.06	9.53	18.64 ^{ns}	11.03 ^{ns}
Light (L)	1	21.78	14.11	1.78	2.25 ^{ns}	4.69 ^{ns}
WL	2	1.19	6.64	4.69	3.00 ^{ns}	14.78 ^{ns}
SL	1	13.44	23.86	0.00	12.25 ^{ns}	4.69 ^{ns}
WSL	2	15.86	0.00	16.58	26.33 ^{ns}	18.11 ^{ns}
Error(c)	12	27.64	38.31	26.89	10.69 ^{ns}	12.03 ^{ns}
% cv (a)		9.99	16.71	12.06	14.46	22.73
% cv (b)		15.44	8.91	9.70	13.15	18.53

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักสดของราก

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	384.57	383.33	5264.87	9332.20 ^{ns}	5139.02 ^{ns}
Water (W)	2	28.91	133.37	308.91	8792.63 **	12563.046 **
Error(a)	4	71.82	829.48	1679.47	1249.26 ^{ns}	1740.53 ^{ns}
Space (S)	1	155.38	9.74	310.76	2099.62 ^{ns}	88.17 ^{ns}
WS	2	48.74	21.66	159.83	1105.65 ^{ns}	727.80 ^{ns}
Error (b)	6	73.53	579.14	5320.83	3170.16 ^{ns}	2864.69 ^{ns}
Light (L)	1	12.33	179.96	1743.48	266.17 ^{ns}	230.33 ^{ns}
WL	2	42.88	45.20	1593.49	238.22 ^{ns}	599.97 ^{ns}
SL	1	12.45	248.85	167.06	240.92 ^{ns}	1373.20 ^{ns}
WSL	2	4.93	47.14	586.27	230.68 ^{ns}	219.68 ^{ns}
Error(c)	12	176.60	348.93	2490.87	2008.48 ^{ns}	4830.12 ^{ns}
% cv (a)		19.05	26.63	22.53	26.55	22.36
% cv (b)		7.88	21.12	14.29	21.67	18.45

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักแห้งของราก

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	57.74	0.78	21.47	1.20 ^{ns}	1.39 ^{ns}
Water (W)	2	9.55	0.18	1.66	120.69 **	90.54 **
Error(a)	4	4.51	3.79	2.33	1.24 ^{ns}	0.75 ^{ns}
Space (S)	1	0.65	3.53	0.18	0.21 ^{ns}	0.86 ^{ns}
WS	2	0.70	0.03	16.88	0.22 ^{ns}	1.16 ^{ns}
Error (b)	6	1.59	0.77	1.53	2.37 ^{ns}	0.95 ^{ns}
Light (L)	1	0.27	0.07	3.87	5.46 ^{ns}	0.45 ^{ns}
WL	2	5.51	0.50	0.01	1.98 ^{ns}	0.36 ^{ns}
SL	1	0.53	0.84	4.10	2.77 ^{ns}	1.53 ^{ns}
WSL	2	4.04	3.83	3.29	0.82 ^{ns}	1.29 ^{ns}
Error(c)	12	4.30	1.10	4.93	1.04 ^{ns}	1.45 ^{ns}
% cv (a)		30.78	15.23	19.34	22.02	15.55
% cv (b)		15.33	10.75	12.56	14.14	20.37

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของราก

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	57.74	0.77	21.47	1.20 ns	1.39 ns
Water (W)	2	9.55	0.17	1.66	120.69 **	90.53 **
Error(a)	4	4.51	3.78	2.33	1.24 ns	0.75 ns
Space (S)	1	0.65	3.52	0.18	0.21 ns	0.86 ns
WS	2	0.70	0.03	16.88	0.22 ns	1.16 ns
Error (b)	6	1.59	0.76	1.53	2.37 ns	0.95 ns
Light (L)	1	0.27	0.07	3.87	5.46 ns	0.45 ns
WL	2	5.50	0.49	0.01	1.98 ns	0.36 ns
SL	1	0.52	0.83	4.10	2.77 ns	1.53 ns
WSL	2	4.03	3.82	3.29	0.82 ns	1.29 ns
Error(c)	12	4.29	1.10	2.88	1.04 ns	1.45 ns
% cv (a)		19.33	26.45	16.77	15.12	19.23
% cv (b)		14.14	20.77	25.35	10.25	12.75

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของความหนาแน่นของราก

Source of variation	df	MS				
		6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	14 เดือน
Block	2	0.00130	0.0003	0.0003	0.0011 ns	0.0009 ns
Water (W)	2	0.00052	0.0006	0.0002	0.0170 *	0.013*
Error(a)	4	0.00038	0.0006	0.0013	0.0019 ns	0.0014 ns
Space (S)	1	0.00010	0.0005	0.0012	0.0003 ns	0.0004 ns
WS	2	0.00000	0.0001	0.0004	0.0013 ns	0.0003 ns
Error (b)	6	0.00034	0.0002	0.0007	0.0010 ns	0.0016 ns
Light (L)	1	0.00001	0.0001	0.0000	0.0005 ns	0.0002 ns
WL	2	0.00005	0.0001	0.0000	0.0001 ns	0.0000 ns
SL	1	0.00000	0.0003	0.0003	0.0009 ns	0.0001 ns
WSL	2	0.00055	0.0001	0.0016	0.0001 ns	0.0006 ns
Error(c)	12	0.00048	0.0004	0.0005	0.0011 ns	0.0017 ns
% cv (a)		8.33	12.15	15.34	11.66	20.22
% cv (b)		9.75	11.38	14.76	16.07	16.06

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 %

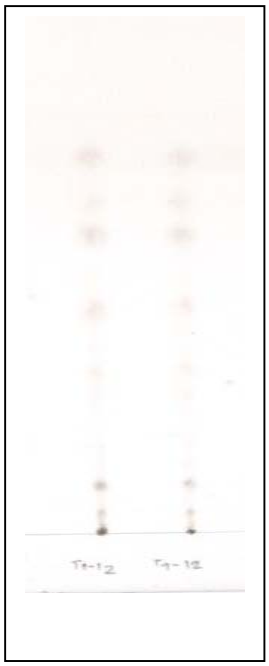
** = แตกต่างอย่างมีนัยวำคัญทางสถิติที่ระดับ 1 %

ตารางผนวกที่ 13 แสดงแถบการดูดกลืนแสงที่สำคัญจากอินฟราเรดสเปกตรัมของสาร 3,7,3'–trihydroxy-4'–methoxyflavone

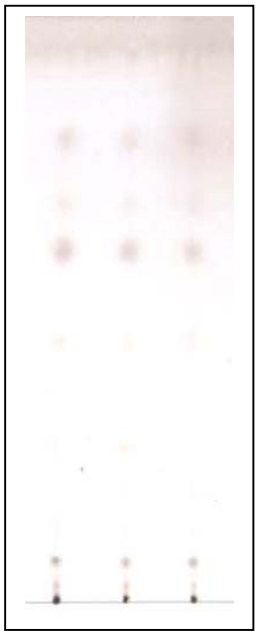
แถบการดูดกลืนแสง (cm^{-1})	ความเข้ม	การแปลความหมาย
3340-3000	สูง (กว้าง)	O-H สั่นแบบยืด
2940	สูง	C=H การสั่นแบบยืดของ
1650	สูง	C=O การสั่นแบบยืดของคาร์บอนิล conjugated ketone
1594,1575,1500	สูง	C=C การสั่นแบบยืดของแอโรมาติก
1450,1380	สูง,ปานกลาง	C-H การสั่นแบบยืดของ $–CH_3$-CH_2-
1260	สูง	C-O การสั่นแบบยืดไม่สมมาตรของ C-O-C
1090,1020	ปานกลาง	C-O การสั่นแบบยืดแบบสมมาตรของ C-O-C
790	ปานกลาง	=C-H การสั่นแบบงอนอกระนาบของแอโรมาติก

หมายเหตุ จาก ธนาธิป รักษ์ศิลป์ (2537)

ภาพผนวกที่ 1 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานปริมาณ 1 ไมโครลิตร ที่ความเข้มข้น 0 ppm 100ppm 250 ppm 500 ppm 750 ppm และ 1000



ภาพผนวกที่ 2 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของ treatment ของการให้น้ำที่อายุ 12 เดือน



ภาพผนวกที่ 3 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของบาง treatment ให้น้ำที่อายุ 14 เดือน

ประวัติผู้เขียน

นายบุญร่วม คิดค้า เกิดวันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2520 ที่ บ้านแก้งกะอาม ตำบลผาเสวย อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช จากสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2542 เข้าทำงานในตำแหน่งนักวิชาการเกษตร ประจำอาคารพืช ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2542-2543 ลาศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ด้วยทุนพัฒนาอาจารย์วิทยาเขตสารสนเทศของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2543 สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 25 หมู่ 6 ตำบลผาเสวย อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46150 โทร. 09-7109564