

**การออกดอก การติดฝักและการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหาร
ของกวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*)**

นางสาวพรทิพย์ จันทร์ราช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-533-385-9

**FLOWERING FRUIT SETTING AND THE
ACCUMULATION OF COUMESTROL IN THE
TUBEROUS ROOTS OF WHITE KWAO KRUA
(*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*)**

Ms. Porntip Chanrat

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

Suranaree University of Technology

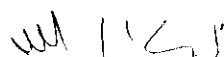
Academic Year 2004

ISBN 974-533-385-9

การออกดอก การติดฝักและการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหารของ
กวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*)

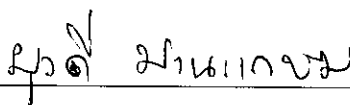
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



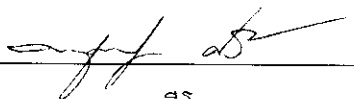
(อ. ดร.โสภณ วงศ์แก้ว)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร.ยวดี มานะเกษม)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



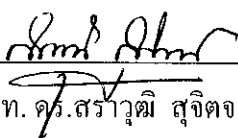
(รศ. ดร.พูนสุข ศรีโยธา)

กรรมการ



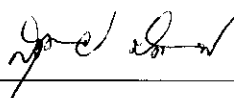
(ผศ. ดร.หัสไชย บุญจง)

กรรมการ



(รศ. น.ท. ดร.สรารุติ สฤติจรรย์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ



(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

พรทิพย์ จันทรรักษ์: การออกดอก การติดฝักและการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสม
อาหารของกวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Grah var *mirifica*) (FLOWERING
FRUIT SETTING AND THE ACCUMULATION OF COUMESTROL IN THE
TUBEROUS ROOTS OF WHITE KWAO KRUA [*Pueraria candollei* Grah var.
mirifica]) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี มานะเกษม, 110 หน้า.
ISBN 974-533-385-9

ได้ทำการทดลอง 2 การทดลองในปี 2545-2547 ที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
การทดลองที่ 1 ศึกษาการออกดอก ติดฝักและเมล็ดของกวาวเครือขาว วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล
กลุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 4 ซ้ำ การทดลองที่ 2 ศึกษาการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหาร
ของกวาวเครือขาว วางแผนการทดลองแบบกลุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 4 ซ้ำ พบว่า กวาวเครือขาวออกดอก
ในเดือนพฤศจิกายน ติดฝักและพัฒนาเป็นฝักแก่ในเดือนเมษายนและการให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา
35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้กวาวเครือขาว มี
ความยาวช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด
มากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียม
โบรอน และไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) และการให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่
ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ทำให้กวาวเครือขาวมีความยาวฝักยาวที่สุด การพัฒนาของดอก
กวาวเครือขาว สามารถแบ่งออกเป็น 10 ระยะ กวาวเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัม
ต่อไร่ มีการพัฒนาของดอกเร็วที่สุดและการพัฒนาดอกช้าที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวกลุ่มควบคุม การทดลองที่ 2 พบว่าการฉีดพ่นด้วย
 CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ทำให้กวาวเครือขาวมีปริมาณ Coumestrol
มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm มี
ปริมาณ Coumestrol มากที่สุด การฉีดพ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ทำให้น้ำหนักหัว
น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของหัว ดังนั้นปุ๋ย 12-
24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm เป็นปัจจัยที่มีนัย
สำคัญในการเพิ่มการพัฒนาในระยะออกดอกของกวาวเครือขาวและการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm
 MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm สามารถชักนำการสะสมสาร Coumestrol ในกวาวเครือขาว
เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm ให้ปริมาณ Coumestrol สูงสุด

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

PORNTIP CHANRAT : FLOWERING FRUIT SETTING AND THE
ACCUMULATION OF COUMESTROL IN THE TUBEROUS ROOTS OF
WHITE KWAO KRUA (*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*)
THESIS ADVISOR : ASST. PROF. YUVADEE MANAKASEM, Ph.D.
110 PP. ISBN 974-533-385-9

Pueraria candollei Grah var. *mirifica*/ FLOWERING AND FRUIT SETTING/
COUMESTROL

Two experiments were conducted during the year 2002-2004 at Suranaree University of Technology Farm. The first experiment was the study of flowering and fruit setting of the White Kwao Krua using the factorial in RCBD with 4 replications. The second experiment was the study of the accumulation of coumestrol in the tuberous root of the White Kwao Krua using the randomized complete block with 4 replications. The flowering of the White Kwao Krua started in November and then set pods; the pods matured in April. Fertilizer 12-24-12 at the rate of 35 kg/rai together with calcium-boron 10 ppm and NAA 100 ppm gave the highest length of inflorescence, the number of inflorescences/plant, the number of pods/inflorescence, the number of seeds/pod and 100 seeds weight. The treatment of fertilizer 12-24-12 at the rate of 35 kg/rai in combination with calcium-boron 10 ppm showed the longest pod length which significantly different from control. There were 10 stages of the White Kwao Krua for flower development. The treatment with fertilizer 12-24-12 at the rate of 35 kg/rai showed the earliest the flower development while the treatment with calcium-boron 10 ppm showed the latest the flower development in comparison with control. The treated of CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm and FeCl_2 1,000 ppm

gave the higher level of coumestrol when compared with control. The treatment of CuCl_2 1,000 ppm showed the highest amount of coumestrol. However, the treatment of MnCl_2 1,000 ppm and FeCl_2 1,000 ppm had the negative effect on the tuber size, fresh weight and dry weight when compared with control. However, the tuber firmness was not effected. Therefore, fertilizer 12-24-12 at the rate of 35 kg/rai in combination with calcium-boron 10 ppm and NAA 100 ppm were significantly factors increasing the reproductive growth of the White Kwao Krua. CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm and FeCl_2 1,000 ppm can stimulate the coumestrol accumulation. The highest coumestrol content was from CuCl_2 1,000 ppm.

School of Crop Production Technology

Academic Year 2004

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ที่ได้ช่วยเหลือและสนับสนุนให้การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผศ. ดร.ยุวดี มานะเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร.พูนสุข ศรีโยธา และ ผศ. ดร.หัสไชย บุญจง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้โอกาสและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการและการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ

ผศ. ดร.กฤตติ รังษิวัฒนานนท์ ผศ. ดร. สันติ ศักดารัตน์ ดร.รจนา โอภาศิริ และ คุณชัยวัฒน์ คงมันกลาง กรุณาให้คำปรึกษาในด้านการใช้เครื่องมือวิเคราะห์และการแปลผลทางเคมี

คุณราชนัย สือกลาง ที่ได้ช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

เจ้าหน้าที่จากฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการผลิตพืชมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

เจ้าหน้าที่ห้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและ ห้องเคมีวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

คุณบุญร่วม คิคคำ คุณเกษร เมืองทิพย์ และ เพื่อนนักศึกษาร่วมห้องปฏิบัติการ และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกคนที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ ให้การปฏิบัติงานเป็นไปด้วยดี

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

ทบวงมหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับมหาบัณฑิตแก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวจันทรราชที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อพร้อมทั้งช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา และการดำเนินชีวิตตลอดมา

พรทิพย์ จันทรราช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้.....	3
รายการอ้างอิง.....	4
บทที่ 2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
บทที่ 3 การศึกษาการออกดอก การติดฝักของกวางเครือขาว	
บทคัดย่อ.....	27
บทนำ.....	28
วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....	31
สรุปผลการวิจัย.....	39
รายการอ้างอิง.....	63
บทที่ 4 ศึกษาการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหารของกวางเครือขาว	
บทคัดย่อ.....	66
บทนำ.....	67
วิธีดำเนินการวิจัย.....	69
ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....	74

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สรุปผลการวิจัย.....	83
รายการอ้างอิง.....	84
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	87
ภาคผนวก.....	89
ประวัติผู้เขียน.....	110

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2

ตารางที่ 1	ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญและพัฒนาของกวางเครือขาว ในระยะต่างๆ กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน.....	11
------------	---	----

บทที่ 3

ตารางที่ 1	การจัดทรีตเมนต์ทดลองแบบ Factorial in RCBD ศึกษาการออกดอกติดฝัก และติดเมล็ดของกวางเครือขาว.....	40
ตารางที่ 2	แสดงวันออกดอกของกวางเครือขาวในแต่ละทรีตเมนต์.....	40

บทที่ 4

ตารางที่ 1	ขนาดหัว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกวางเครือขาวในกลุ่มทรีตเมนต์ต่างๆ...	76
ตารางที่ 2	เปอร์เซ็นต์ความชื้น ความแน่นเนื้อและปริมาณสาร Coumestrol ของ กวางเครือขาวในกลุ่มทรีตเมนต์ต่างๆ.....	76
ตารางที่ 3	ความถี่ของรังสีอินฟราเรดที่ดูดกลืนโดยหมู่ฟังก์ชันน้ำตาลต่างๆ.....	77

ภาคผนวก

ตารางที่ 1	ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ ความยาวช่อดอก จำนวนช่อดอก ต่อต้นและจำนวนฝักต่อช่อดอกของกวางเครือขาว.....	90
ตารางที่ 1.1	ความยาวช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้นและจำนวนฝักต่อช่อดอกของ กวางเครือขาวที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....	91
ตารางที่ 1.2	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับธาตุอาหารทางใบ แคลเซียมโบรอนต่อความยาวช่อดอกกวางเครือขาว.....	91
ตารางที่ 1.3	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารพืชกับสารควบคุมการเจริญต่อ ความยาวช่อดอกของกวางเครือขาว.....	92
ตารางที่ 1.4	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอน กับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวช่อดอกกวางเครือขาว.....	94
ตารางที่ 1.5	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอนกับ สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวช่อดอกกวางเครือขาว.....	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 1.6	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับสารควบคุมการเจริญเติบโต ต่อจำนวนช่อดอกต่อต้นของกวางเครือขาว.....	95
ตารางที่ 2	ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว.....	96
ตารางที่ 2.1	ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว ที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....	97
ตารางที่ 2.2	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับธาตุอาหารทางใบ แคลเซียมโบรอนต่อความยาวฝักของกวางเครือขาว.....	97
ตารางที่ 2.3	เปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอนกับ สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวฝักกวางเครือขาว.....	98
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับทางใบแคลเซียมโบรอน ต่อจำนวนเมล็ดต่อฝักของกวางเครือขาว.....	98
ตารางที่ 2.5	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับธาตุอาหารทางใบแคลเซียม โบรอนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อจำนวนเมล็ดต่อฝักของกวางเครือขาว.....	99
ตารางที่ 2.6	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับสารควบคุมการเจริญเติบโต ต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว.....	100
ตารางที่ 2.7	เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารของพืชกับธาตุอาหารทางใบแคลเซียม โบรอน กับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว.....	100
ตารางที่ 3	ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ ของจำนวนวันออกดอก ของกวางเครือขาวในแปลงทดลอง.....	101
ตารางที่ 4	ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ ของขนาดหัว น้ำหนักสดและ น้ำหนักแห้งของกวางเครือขาว.....	106
ตารางที่ 5	ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของเปอร์เซ็นต์ความชื้นในหัว ความแน่นเนื้อและ ปริมาณสาร Coumestrol ของหัวกวางเครือขาว.....	106

สารบัญภาพ

หน้า

บทที่ 2

ภาพที่ 1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส่วนต่างๆของกวางเครือขาว.....	7
ภาพที่ 2	การเจริญเติบโตและการพัฒนาในรอบปีของกวางเครือขาว ที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา.....	10
ภาพที่ 3	สูตรโครงสร้างของ Coumestrol, Daidzin, Mirificoumestan, Genistein, Daidzein และ Genistin.....	17
ภาพที่ 4	สูตรโครงสร้างของ Kwakhurin, Miroestrol, Mirificin, β -Sitosterol, Puerarin และ Stigmatosterol.....	18

บทที่ 3

ภาพที่ 1	แผนผังแปลงปลูกกวางเครือขาว ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....	41
ภาพที่ 2	ความยาวช่อดอกและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวในที่ได้รับ การปฏิบัติในทรีตเมนต์ต่างๆ.....	42
ภาพที่ 3	จำนวนช่อดอกต่อต้นและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวในที่ได้รับ การปฏิบัติในทรีตเมนต์ต่างๆ.....	42
ภาพที่ 4	จำนวนฝักต่อช่อดอกและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวในที่ได้รับ การปฏิบัติในทรีตเมนต์ต่างๆ.....	43
ภาพที่ 5	ความยาวฝักและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวในที่ได้รับการปฏิบัติ ในทรีตเมนต์ต่างๆ.....	43
ภาพที่ 6	จำนวนเมล็ดต่อฝักและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวในที่ได้รับ การปฏิบัติในทรีตเมนต์ต่างๆ.....	44
ภาพที่ 7	น้ำหนัก 100 เมล็ดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวในที่ได้รับ การปฏิบัติในทรีตเมนต์ต่างๆ.....	44
ภาพที่ 8	ระยะต่างๆของการเกิดดอกของกวางเครือขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM).....	46
ภาพที่ 9	ลักษณะฝักกวางเครือขาว เมล็ดกวางเครือขาว 100 เมล็ดและลักษณะเมล็ด กวางเครือขาวดิบและเมล็ดสมบูรณ์.....	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 10 ต้นกวางเครือขาวระยะออกดอก ลักษณะช่อดอกกวางเครือขาวและ ลักษณะดอกกวางเครือขาว.....	62
บทที่ 4	
ภาพที่ 1 แผนผังแปลงปลูกกวางเครือขาว ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....	70
ภาพที่ 2 แผนผังขั้นตอนการสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณสาร Coumestrol.....	73
ภาพที่ 3 โครมาโตแกรมของสาร Coumestrol มาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	78
ภาพที่ 4 โครมาโตแกรมของสาร Coumestrol มาตรฐานเทียบกับสารสกัดกวางเครือขาว.....	78
ภาพที่ 5 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร Coumestrol มาตรฐาน.....	79
ภาพที่ 6 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารสกัดกวางเครือขาว.....	79
ภาพที่ 7 โครมาโตแกรมของสารสกัดกวางเครือขาวในทริตเมนต์ควบคุม.....	81
ภาพที่ 8 โครมาโตแกรมของสารสกัดกวางเครือขาวในทริตเมนต์ที่พ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm.....	82
ภาพที่ 9 โครมาโตแกรมของสารสกัดกวางเครือขาวในทริตเมนต์ที่พ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm....	82
ภาพที่ 10 โครมาโตแกรมของสารสกัดกวางเครือขาวในทริตเมนต์ที่พ่นด้วย FeCl_2 1,000 ppm....	83
ภาคผนวก	
ภาพที่ 1 จำนวนชั่วโมงแสงแดดต่อวัน ตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม พ.ศ. 2545-2547.....	102
ภาพที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด ตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม พ.ศ. 2545-2547.....	102
ภาพที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด ตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม พ.ศ. 2545-2547.....	103
ภาพที่ 4 อุณหภูมิสูงสุด ตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม พ.ศ. 2545-2547.....	103
ภาพที่ 5 อุณหภูมิต่ำสุด ตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม พ.ศ. 2545-2547.....	104
ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม พ.ศ. 2545-2547.....	104
ภาพที่ 7 แปลงทดลองกวางเครือขาวระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและ ออกดอก.....	105
ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของสาร Coumestrol.....	107
ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับปริมาณสาร.....	107
ภาพที่ 10 ขั้นตอนการชีวสังเคราะห์สาร Coumestrol.....	108
ภาพที่ 11 เครื่อง Ultraviolet cabinet.....	109
ภาพที่ 12 เครื่อง Fluor-S- Multi Imager.....	109

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กวาวเครือขาว [*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica* (Airy Shaw & Suvatabandhu Niyomdham)] เป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับความนิยมจากประชาชนทั่วไป และเป็นพืชที่คนไทยนำมาใช้เป็นเวลานาน สรรพคุณที่สำคัญใช้เป็นยาอายุวัฒนะ บำรุงกำลัง มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง บำรุงโลหิต ฟันฟูสมรรถภาพทางเพศ (อนุสารสุนทร, 2474) เป็นสมุนไพรที่ช่วยบำรุงร่างกายและผิวพรรณให้น้ำมีนวล ผิวหนังเต่งตึง (เพ็ญภา ทรัพย์เจริญ, 2541) จากตำรายาหัวกวาวเครือได้ระบุว่า กวาวเครือขาวเป็นหนึ่งในสี่ประเภทของชนิดกวาวเครือ คือ กวาวเครือขาว กวาวเครือแดง กวาวเครือดำ และกวาวเครือมอ (อนุสารสุนทร, 2474) ได้มีการระบุขนาดในการรับประทาน โดยในกวาวเครือขาวรับประทานวันละ 1 เมล็ดพริกไทย (อนุสารสุนทร, 2474 ; มัสยัสถ์ คาโรจน์, 2526 ; เพ็ญภา ทรัพย์เจริญ, 2541 ; สุทธาภา สันยาสิ, 2542) การศึกษาวิจัยในระยะเริ่มแรก ชระ สุขวัจน์ (2484) พบว่าหัวกวาวเครือขาวมีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงได้มีความพยายามที่จะศึกษาเกี่ยวกับพืชชนิดนี้เพื่อนำมาใช้แทนฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ราคาแพง ปัจจุบันพบว่ามีสารสำคัญหลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบในหัวกวาวเครือขาวที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (Ingham et al., 1986; Igham et al., 1989) และสารสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่พบในหัวกวาวเครือขาวคือ Coumestrol ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Isoflavone ที่มีคุณสมบัติคล้ายเอสโตรเจน เมื่อนำมาทดสอบกับหนูเพศเมียที่ถูกตัดรังไข่ พบว่า ช่วยลดการเกิดภาวะกระดูกพรุนที่มีสาเหตุจากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนได้ (Whitten et al., 2001) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดกวาวเครือขาวทำให้นกกระทาญี่ปุ่นมีแคลเซียมโปรตีนรวม และ คลอเรสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น (สมบูรณ์ อนันตลาโกชัยและสุวิทย์ เจริญชัย, 2528) เช่นเดียวกับการใช้สารสกัดกวาวเครือขาวทดลองกับหนูขาวจะทำให้โปรตีนรวมและคลอเรสเตอรอลของหนูขาวเพิ่มขึ้น และเมื่อนำมาทดลองกับหนูเพศผู้พบว่า กวาวเครือขาวที่ใช้ในปริมาณสูงจะมีผลทำให้อ้วนทะ ค่อมลูกหมาก เซมินอลเวซิกิล (Seminal vesicle) เล็กลง รวมทั้งทำให้การสร้างและการเคลื่อนที่ของสเปิร์มลดลง และลดความรู้สึกลึกทางเพศของหนูเพศผู้ลงได้ (ยุพดี ลางคลิ จันทร , 2527) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดกวาวเครือขาวมีผลต่อร่างกายหลายประการ เช่น ลดการเกิดภาวะกระดูกพรุน (Osteoporosis) ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน (สมภพ ประชนธรรักษ์ , 2542 ; Knight and Eden , 1996) และเป็นสารยับยั้งกระบวนการเกิดมะเร็งหลายประการ เช่น ยับยั้งการกลายลักษณะของเซลล์และยังจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเช่นกัน (Frank et al., 1994)

ปัจจุบันคณะกรรมการอาหารและยา ได้อนุญาตให้ขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ที่มีกวาวเครือขาวเป็นส่วนประกอบเป็นยาแผนโบราณ ประมาณ 50 คำรับ (กระทรวงสาธารณสุข, 2542) และนอกจากใช้เป็นยาแผนโบราณแล้วยังใช้ผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆใช้เป็นอาหารบำรุงสุขภาพและเครื่องสำอางอีกด้วย อรดี สหวัชรินทร์, 2542 ; นิสากร ปานประสงค์, 2542 ; วิชัย เชิดชีวิตศาสตร์, 2541 และ เพ็ญภา ททรัพย์เจริญ, 2541 รายงานว่าได้มีการขุดหัวกวาวเครือขาวจากป่าในพื้นที่หลายจังหวัด ได้แก่ สระบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี แพร่ น่าน เชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น และเริ่มมีการศึกษาวิจัยเพื่อนำกวาวเครือขาวไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ กองบรรณาธิการ (2542) รายงานว่ามีการส่งหัวกวาวเครือขาวจากประเทศไทยไปยังประเทศอื่นๆหลายประเทศทั้งในเอเชีย อเมริกาและยุโรป จากความต้องการดังกล่าวทำให้กวาวเครือขาวในธรรมชาติถูกนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้นและลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการประกาศในพระราชกฤษฎีกาให้กวาวเครือขาวเป็นพืชสงวนห้ามจำหน่ายหรือนำออกนอกป่ายกเว้นเมื่อได้รับอนุญาตเท่านั้น (กองบรรณาธิการ, 2542) นอกจากนี้กวาวเครือขาวเป็นพืชที่มีปัญหามากในการแพร่พันธุ์ตามธรรมชาติเนื่องจากกวาวเครือขาวติดเมล็ดได้น้อยและเมล็ดส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ กวาวเครือขาวที่เจริญเติบโตในธรรมชาติ มีการหลอรวงของดอกสูง ทำให้ติดฝักและเมล็ดน้อย (ยุทธนา สมิตะสิริ และชรินทร์ วังใจ, 2529) ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผลเกี่ยวข้องกับการออกดอก การติดฝักและการติดเมล็ดของกวาวเครือขาว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการขยายพันธุ์และการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป ซึ่งการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวในปัจจุบันยังมีน้อย

ปัญหาเรื่องคุณภาพของหัวกวาวเครือขาว ที่นำมาใช้ประโยชน์นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่ง ยังไม่มีรายงานว่าการขุดหัวกวาวเครือขาวในฤดูใดที่จะทำให้ได้หัวกวาวเครือขาวมีสารสำคัญในปริมาณสูงและมีคุณภาพที่ดี เนื่องจากคุณภาพของสมุนไพรนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณสารสำคัญที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของพืชสมุนไพรเป็นหลัก (วันดี กฤษณพันธ์, 2539) จากความต้องการปริมาณและคุณภาพของกวาวเครือขาวที่เพิ่มสูงขึ้น การศึกษาและการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับการสร้างและการสะสมสารสำคัญในหัวกวาวเครือขาวจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จำเป็นต้องศึกษาอย่างยิ่ง

การศึกษาวิจัยทั้งความรู้พื้นฐานและความรู้ประยุกต์ เช่น การออกดอก การติดฝักและการติดเมล็ด ศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหาการออกดอกและความสมบูรณ์ของเมล็ดกวาวเครือขาวและการศึกษาปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง และการสะสมสารสำคัญในหัวกวาวเครือขาวนั้นจะทำให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตหัวกวาวเครือขาวเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณสูงและมีคุณภาพที่ดี นำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการออกดอก การติดฝักและการติดเมล็ดของกวาวเครือขาว
2. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของโครงสร้างดอก ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด
3. ศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิด ต่อการติดฝักและเมล็ดของกวาวเครือขาว
4. ศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารพืชต่อการสะสมสาร Coumestrol ในหัวกวาวเครือขาว

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ คือ การศึกษาการออกดอก การติดฝักและการติดเมล็ด ศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการติดฝักและการติดเมล็ด ศึกษาทางกายวิภาคของโครงสร้างดอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน โดยเทคนิค SEM(Scanning Electron Microscopy) และศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารพืชต่อการสะสมสาร Coumestrol ในหัวกวาวเครือขาว

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ด้านพื้นฐาน

- 1.1 ได้ข้อมูล การออกดอก การติดฝักและติดเมล็ดของกวาวเครือขาวและสารเคมีที่ช่วยให้การติดเมล็ดมากขึ้น
- 1.2 ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิด ต่อการติดฝักและเมล็ด และลักษณะทางกายวิภาคของดอกและเมล็ด
- 1.3 ทราบถึงอิทธิพลของธาตุอาหารพืชต่อการสะสมสาร Coumestrol ในหัวกวาวเครือขาว

2. ด้านประยุกต์

- 2.1 เป็นแนวทางในการผลิตเมล็ดพันธุ์กวาวเครือขาวเพื่อการขยายพันธุ์
- 2.2 เป็นแนวทางในการผลิตหัวกวาวเครือขาวที่มีปริมาณสาร Coumestrol สูง
- 2.3 เป็นแนวทางในการผลิตหัวกวาวเครือขาวให้เพียงพอแก่ความต้องการในอนาคต

หน่วยงานที่นำการวิจัยไปใช้

1. เกษตรกรผู้สนใจปลูกกวาวเครือขาว
2. หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกวาวเครือขาว
3. สถาบันการศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับกวาวเครือขาว
4. บริษัทเอกชนที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับกวาวเครือ
5. ประชาชนผู้สนใจทั่วไป

รายการอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2542). สาธารณสุขย้าจัดขึ้นต่อการพัฒนาแพทย์แผนไทยและสมุนไพร:
กรณีศึกษากวาวเครือขาว. เอกสารแถลงข่าวกระทรวงสาธารณสุข. 7 ตุลาคม 2542.
- กองบรรณาธิการ. (2542). เป็ดใจ รศ.ดร. วิชัย เชิดชูศาสตร์ ผู้เปิดประเด็นกวาวเครือขาวสู่
สังคมไทย. วารสาร UPDATE. กันยายน-ตุลาคม. หน้า 47-51.
- ธระ สุจวันน์. (2484). รายงานเบื้องต้นส่วนของกวาวเครือขาวที่แสดงฤทธิ์ในเชิง Oestrogenic:
จดหมายเหตุฯแพทย์สมาคม. 24(2): 83-91.
- นิสากร ปานประสงค์. (2542). กวาวเครือขาวความหวังสมุนไพรไทย. บทความพิเศษวารสาร
UPDATE. กันยายน-ตุลาคม. หน้า 40-45.
- เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ . (2541). การใช้กวาวเครือในแพทย์แผนไทยและแพทย์พื้นบ้าน. ในเอกสาร
ประกอบการสัมมนาเรื่องกวาวเครือ. กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์.
- มัลลย์สัดดาโรจน์. (2526). แนวทางการสอบเวชเภสัชกรรมแผนโบราณ. กรุงเทพฯ: เทพรัตน์การ
พิมพ์.
- ยุทธนา สมิตะศิริและชรินทร์ วัจใจ. (2529). ชีวิตวิทยาบางประการของกวาวเครือขาว: ดอก ฝักและ
เมล็ด. ในเอกสารการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ยุพดี ลางคลจันทร์. (2527). การศึกษาผลของกวาวเครือขาว(*Pueraria mirifica*) ที่มีต่ออวัยวะ
สืบพันธุ์และการสืบพันธุ์ในหนูเพศผู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิชัย เชิดชูศาสตร์. (2541). ข้อเสนอแนะและทิศทางการวิจัยกวาวเครือในอนาคต. ในเอกสารประกอบ
การสัมมนาเรื่องกวาวเครือ. (หน้า 36-38). กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย
กรมการแพทย์.
- สมบุรณ์ อนันตลาโภชัยและสุวิทย์ เจริญชัย. (2528). ผลของสมุนไพรกวาวเครือขาวปริมาณสูง
ต่ออัตราการตั้งครรภ์ในหนู. ในเอกสารการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่
11. กรุงเทพฯ.
- สมภพ ประธานธรรักษ์. (2542). กวาวเครือและไฟโตเอสโตรเจน. การประชุมวิชาการเภสัชกรรม
ประจำปี 2542: เภสัชกรพัฒนาเพื่อการพึ่งพาตัวเอง.(หน้า 25-41). กรุงเทพฯ: เภสัชกรรม
สมาคมแห่งประเทศไทย.

- อรดี สหวัชรินทร์. (2541). แนวทางการคัดเลือกพันธุ์ ขยายพันธุ์และการปลูกกวาวเครือ. ในเอกสาร
 ประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่องกวาวเครือ. (หน้า 37-43). กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์
 แผนไทย กรมการแพทย์.
- อนุสารสุนทร. (2474). ตำราหัวกวาวเครือ. เชียงใหม่. โรงพิมพ์อุบัติพงษ์.
- Frank, A. A., Custer, L. J., Cerna, C. M. And Narala, K.K. (1994). Quantitation of
 phytoestrogen in legume by HPLC. **J. Agri. Food Chem.** **42**: 1905-1913.
- Knight, D. C and Eden, J. A. (1996). A Review of the clinical effect of phytoestrogen.
Obstetrics and Gynecology. 87(5): 897-904.
- Ingham, J. L., Tahara, S. and Dziedzic, S. Z. (1986). A chemical investigation of
Pueraria mirifica root. **Z. Natureforsch.** 41(c): 403-408.
- Ingham, J. L., Tahara, S. and Dziedzic, S. Z. (1989). Minor isoflavone from root of
Pueraria mirifica. **Z. Natureforsch.** 44(c): 742-762.
- Whitten, P. L., Patisual, H. B. And Young, L. J. (2002). Neurobehavioral actions of
 coumestrol and related isoflavonoids in rodents. **Neurotoxicology and
 Teratology.** 24 : 47-54.

บทที่ 2

ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กวาวเครือขาว เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Leguminosae อนุวงศ์ Papilionoideae เดิม กิติน-สุวตะพันธุ์ (2495) ได้ให้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pueraria mirifica* Airy Shaw & Suvatabandhu แต่ต่อมาชวลิต นิยมธรรม (2538) ได้กำหนดชื่อวิทยาศาสตร์ของกวาวเครือใหม่ คือ *Pueraria candollei* Grah var *mirifica* (Airy Shaw & Suvatabandhu) Niyomdhum จัดให้อยู่ในกลุ่มของ *Pueraria candollei* Grah (เครือเขาปู่) โดยมีชื่อเป็น *Pueraria candollei* Grah ex. Benth. var. *mirifica* เนื่องจากมีลักษณะคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันหลายประการ ชื่อท้องถิ่นของพืชชนิดนี้ที่ใช้เรียกในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน เช่น กวาวหัว ตาลานเครือ จอมทอง กวาวเครือ (พ่ายัพ) จานเครือ (อีสาน) ตานจอมทอง (ชุมพร) โพ้ตะกู หรือ โพะตะกู (กะเหรี่ยง กาญจนบุรี) โพ่มือ (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน) (เต็ม สมิตินันท์, 2523; ชวลิต นิยมธรรม, 2538)

ชวลิต นิยมธรรม (2538) กล่าวถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ส่วนต่างๆของกวาวเครือขาวไว้ดังนี้

ลำต้น	จัดเป็นไม้พุ่มรอเลื้อย ผลัดใบ ลำต้นเกลี้ยงยาวถึง 5 เมตร กิ่งอ่อนยอดอ่อนมีขนสั้นๆ
ใบ	เป็นใบประกอบแบบขนนก มีใบย่อยสามใบ (Trifoliate leaf) เรียงสลับ ก้านใบยาวประมาณ 10-28 เซนติเมตร ใบบนเป็นรูปไข่ โคนมนหรือเป็นติ่ง ยื่นลงมา ทางด้านล่างกว้าง 3-5 เซนติเมตร ยาว 0.5-1.0 เซนติเมตร ใบย่อยด้านบนเกลี้ยง ด้านล่างมีขนสั้นๆ ประปราย ใบย่อยใบกลางรูปไข่กว้าง 9-25 เซนติเมตร ยาว 15-30 เซนติเมตร ปลายมนถึงเรียวแหลม โคนสอบถึงมน เส้นแขนงใบข้างละ 5-7 เส้น คู่แรกออกจากโคนใบ ใบย่อยคู่ข้างขนาดใกล้เคียงกับใบกลางปลายในถึงเรียวแหลม โคนเบี้ยว ก้านใบย่อยยาว 5-7 มิลลิเมตร ใบบ่อยเรียวแคบกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร
ช่อดอก	เป็นดอกช่อเดี่ยวชนิดราเข็ม (Raceme) และช่อแยกแขนงออกตามปลายกิ่ง ยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร ดอกที่อยู่ส่วนล่างสุดจะบานและแก่ก่อน ดอกที่อยู่เหนือขึ้นไป ดอกรูปดอกถั่ว ออกเป็นกระจุกในระยะผลัดใบ กระจุกละประมาณ 3-5 ดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect flower)

ก้านช่อดอกมีขนสั้นๆ ก้านดอกยาวประมาณ 1-5 มิลลิเมตร ใบประดับมีลักษณะเป็นเกล็ด ขนาดเล็กมาก ใบประดับย่อยเล็กรูปไข่ติดที่ปลายก้านดอก กลีบเลี้ยงยาวประมาณ 6-7 มิลลิเมตร โคนติดกันเป็นรูปถ้วย ปลายแยกเป็น 4 แฉก แฉกบนสุดใหญ่กว่าแฉกอื่นๆ กลีบเลี้ยงมีขนสั้น กลีบดอกมี 5 กลีบ มีสีน้ำเงินอ่อน กลีบค่อนข้างกลม กลีบคู่ล่างติดกัน เป็นรูปผีเสื้อ ก้านสั้น เส้นผ่าศูนย์กลาง 7-8 เซนติเมตร เกสรตัวผู้สีส้ม ก้านชูอับเรณูเชื่อมติดกัน

ฝักและเมล็ด ลักษณะเป็นฝักแบนรูปขอบขนาน ผิวมีขนสั้นๆประปรายถึงเกลี้ยง กว้างประมาณ 7 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มี 3-4 เมล็ดต่อฝักเมล็ดค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร

หัว หัวใต้ดินค่อนข้างกลม มีลักษณะเป็นรากสะสมอาหาร (Tuberous roots) มีขนาดใหญ่และทอดยาวเป็นตอนๆต่อเนื่องกันส่วนที่กลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 20 เซนติเมตร ส่วนที่ทอดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร



ก



ข



ค



ง



จ

ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส่วนต่างๆของกวาวเครือขาว

ภาพที่ ก ใบ ที่มา www.thaipueraria.com

ภาพที่ ข ดอก ที่มา www.thaipueraria.com

ภาพที่ ค ฝัก ที่มา www.thaipueraria.com

ภาพที่ ง เมล็ด ที่มา รัตนา ปานเรียนแสน (2543)

ภาพที่ จ หัวกวาวเครือขาว ที่มา www.airissophia.com

นิเวศวิทยาของกวางเครือขาว

ชวลิต นิยมธรรม (2538) รายงานว่า กวางเครือขาวเป็นพืชเฉพาะถิ่นของไทย มีเขตการกระจายพันธุ์ภาคเหนือของประเทศไทย เช่น แพร่ เชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง เป็นพืชที่ขึ้นในป่าเบญจพรรณ บนพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 300-800 เมตร อดิ สหวัชรินทร์ (2542) รายงานว่าสามารถพบพืชชนิดนี้เจริญเติบโตอยู่ทั่วไปตามป่าไผ่ได้เช่นกัน กองบรรณาธิการ (2542) กล่าวถึงการขุดหัวกวางเครือขาวจากป่าในพื้นที่หลายจังหวัดเช่น กาญจนบุรี สระบุรี น่าน แพร่ เชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ซึ่งจังหวัดต่างๆเหล่านี้เป็นแหล่งที่มีกวางเครือขาวอยู่ตามธรรมชาติมาก และนอกจากนี้ยังพบกวางเครือขาวในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และจังหวัดนครราชสีมาด้วยเช่นกัน

อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของกวางเครือขาว

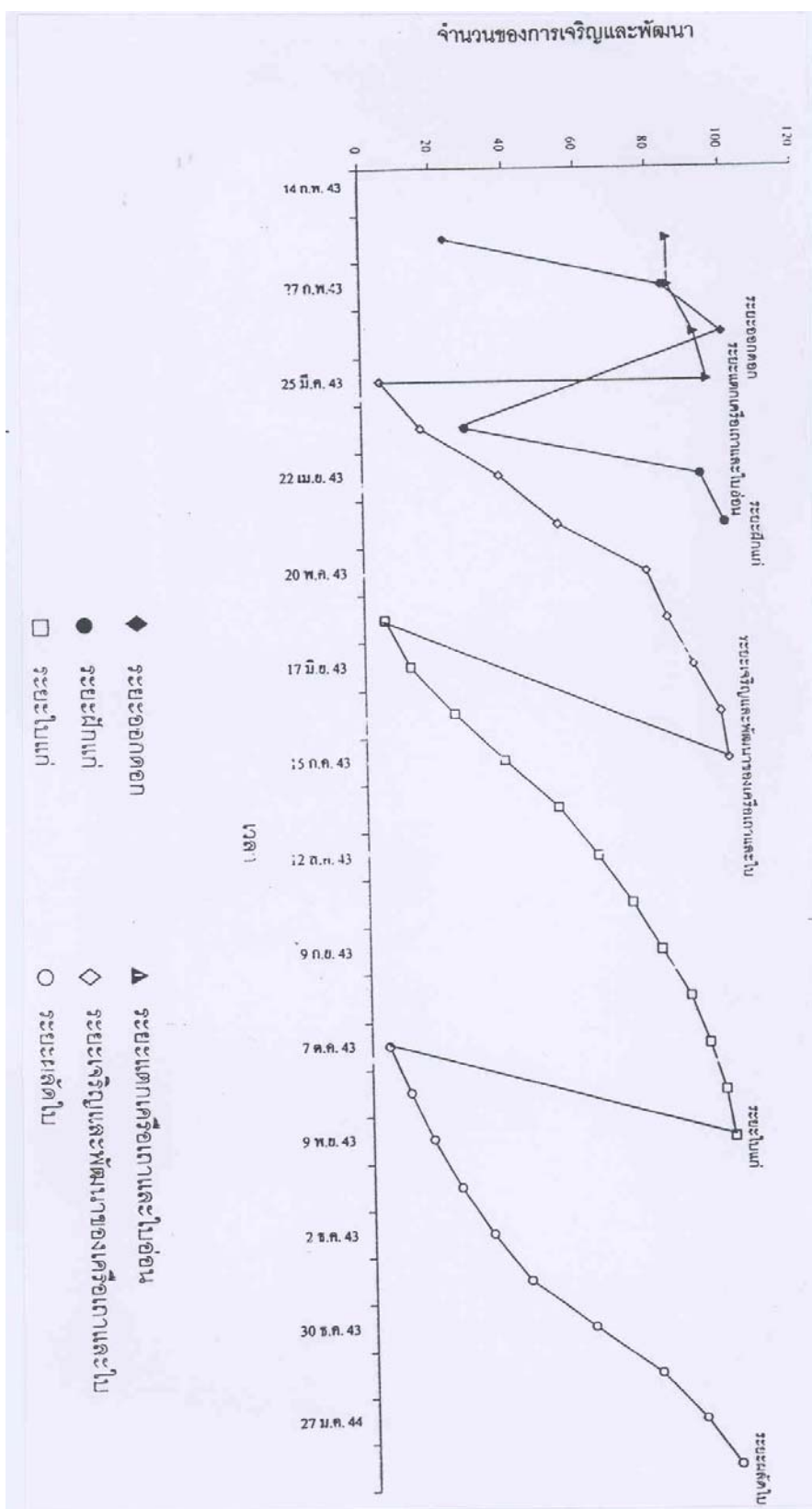
จากการติดตามการเจริญเติบโตของกวางเครือขาวในธรรมชาติที่บริเวณคอกสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ โดย ชรินทร์ วังใจ และยุทธนา สมิตะศิริ (2530) พบว่า ในสภาพแห้งแล้ง น้ำน้อย อุณหภูมิในตอนกลางวันระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส ลำต้นของกวางเครือขาวจะยึดตัวตามความยาวอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเดือน มีนาคม- พฤษภาคม และในช่วงเวลาที่มีฝนตกติดต่อกันและอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ลำต้นกวางเครือขาวจะขงักการเจริญเติบโตแต่จะมีการเพิ่มขนาดของใบและก้านใบอย่างรวดเร็ว เมื่อความยาวลำต้นอยู่ในช่วง 10-30 ซม. จะมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว วรรณลักษณ์ จันทรเงินและยุทธนา สมิตะศิริ (2530) พบว่า ใบกวางเครือขาวจะเจริญเติบโตเต็มที่ในเดือน พฤษภาคม-กันยายน จากนั้นใบจะร่วงในเดือนตุลาคมและทิ้งใบหมดในเดือนธันวาคม จากนั้นช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนจะเริ่มแตกใบใหม่ การเจริญเติบโตของใบเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนเมษายน หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของใบจะช้าลง

ประสาร ฉลาดคิด (2544) ศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาในรอบปีของกวางเครือขาวที่ อำเภอลำน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า กวางเครือขาวมีการแตกเครือเถาในเดือนกุมภาพันธ์ โดยที่เครือเถาใหม่จะเกิดจากเครือเถาเดิมที่ระดับผิวดิน ในระยะที่กวางเครือขาวผลัดใบหมดทั้งต้น ลักษณะของเครือเถาจะมีสีเขียวเข้มและมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เลื้อยพันต้นไม้อื่นๆที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ข้อทุกข้อของเครือเถาจะแตกใหม่ยกเว้นข้อที่อยู่บริเวณด้านล่างของเครือเถา และมีใบอยู่เป็นจำนวนน้อยกว่าส่วนปลายของเครือเถา ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนจะมีการเกิดใบอ่อนและเครือเถาอย่างรวดเร็ว มีการเจริญและพัฒนาของใบและเครือเถาเต็มที่ในเดือนกรกฎาคม ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงจากใบอ่อนจนกระทั่งถึงระยะเจริญและพัฒนาเต็มที่ประมาณ 4 เดือน และใบกวางเครือขาวจะแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ในเดือนพฤศจิกายนเริ่มผลัดใบในเดือนตุลาคมจากนั้นการผลัดใบจะเพิ่มถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในเดือนธันวาคม หลังจากนั้นกวางเครือขาวจะผลัดใบอย่างรวดเร็ว

เร็วและผลิตใบ 100 เปอร์เซ็นต์ในเดือนกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 2) นอกจากนี้ประสาร ฉลาดคิด(2546) พบว่ามีสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญและพัฒนาของกาวเครือขาวระยะต่างๆกับ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน ที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดยได้รายงานไว้ว่าอุณหภูมิสูงสุดมีสหสัมพันธ์กับการเจริญและพัฒนาของใบ ความชื้นสัมพัทธ์มีสหสัมพันธ์กับการผลิตใบและปริมาณน้ำฝนสัมพันธ์กับการแก่ของฝัก (ตารางที่ 1)

การออกดอก ติดเมล็ดและการขยายพันธุ์กาวเครือขาว

ยุทธนา สมิตะสิริและชรินทร์ วังใจ (2529) พบว่ากาวเครือขาวที่สามารถออกดอกได้ มีขนาดเส้นรอบวงของดอกระหว่าง 4-16 เซนติเมตร ดอกมีลักษณะเป็นช่อโปร่ง ความยาวช่อดอก ระหว่าง 15.0-40.3 เซนติเมตร ระยะเวลาจากดอกตูมจนกระทั่งบานประมาณ 10 วัน การบานของดอกเริ่มจากดอกย่อยที่อยู่ด้านล่างส่วนโคนช่อดอกเรียวไป จนกระทั่งถึงบริเวณปลายช่อดอก ดอกจะหลุดร่วงง่ายภายหลังการบาน เมื่อดอกบานจะมีสีม่วงและมีกลีบดอกเป็นสีเหลืองหนึ่งกลีบที่กลีบเลี้ยงมีขนาดเล็กอยู่ด้วย ดอกที่ติดฝักในระยะแรก ฝักมีลักษณะเรียวยาว ปลายแหลมมีขน ความยาวของฝักแรกๆประมาณ 0.8-1.1 เซนติเมตร ความยาวของฝักส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1.0-7.5 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีสีเขียวเมื่อแก่ฝักจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ภายในฝักมีเมล็ด 1-9 เมล็ด เมล็ดแก่มีสีน้ำตาลอ่อน เมล็ดยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร เมล็ดไม่กลม ปลายแบน น้ำหนักเมล็ดอยู่ระหว่าง 10-34 มิลลิกรัม ประสาร ฉลาดคิด (2546) รายงานว่ากาวเครือขาวจะเริ่มออกดอกในเดือนกุมภาพันธ์ ดอกเริ่มบานและติดฝักในเดือนมีนาคม หลังจากนั้นฝักจะเจริญและพัฒนาจนถึงระยะฝักแก่ในเดือนเมษายน รวมระยะเวลาดังแต่อดอกจนถึงฝักแก่ประมาณ 3 เดือน และพบว่าการออกดอก ติดฝัก และเมล็ดของกาวเครือขาวที่เจริญในธรรมชาติแตกต่างจากกาวเครือขาวที่ปลูกในแปลงทดลอง โดยกาวเครือขาวที่ปลูกในแปลงปลูกมีเปอร์เซ็นต์การออกดอก จำนวนช่อดอกต่อต้นสูงกว่ากาวเครือขาวในธรรมชาติ เป็นผลจากการควบคุมอิทธิพลของแสง การให้น้ำอย่างเพียงพอ การใส่ปุ๋ยบำรุงดินและการกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตและการพัฒนาในรอบปีของกวางเครือขาว ที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ประสาร ฉลาดคิด, 2544)

ตารางที่ 1 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญและพัฒนาของกวางเครือขาวในระยะต่าง ๆ กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน

ลักษณะภูมิอากาศ (เฉลี่ยทุก 15 วัน)	เปอร์เซ็นต์การเจริญของกวางเครือขาวในระยะต่าง ๆ					
	การออกดอก	การแก่ของฝัก	การแตกใบอ่อน	การเจริญและพัฒนาของใบ	การแก่ของใบ	การผลัดใบ
อุณหภูมิสูงสุด (°C)	0.8223 ^{ns}	0.4028 ^{ns}	0.8731 ^{ns}	0.6829*	0.3492 ^{ns}	0.3169 ^{ns}
อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	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 นลาดคิด (2546)

อิทธิพลของสารควบคุมการเจริญของพืชต่อการติดผลและเมล็ด

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการออกดอกติดผลและเมล็ดของพืช ความสมดุลของสารควบคุมการเจริญของพืชในระดับที่เหมาะสมในขณะที่พืชออกดอก จะทำให้การติดผลและเมล็ดเป็นไปอย่างปกติ (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2537) โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณออกซิน (Auxin) ถ้าอยู่ในปริมาณต่ำหรือมีปริมาณเอทิลีน (Ethylene) และ ABA (Abscissic acid) ในระดับสูงจะทำให้เกิดการหลุดร่วงของดอกผลได้ ถ้าพืชขาดออกซินหรือมีปริมาณต่ำจะทำให้ Ethylene และ ABA แสดงบทบาทในการกระตุ้นให้เกิดรอยแยกของเนื้อเยื่อมากขึ้นมีผลทำให้เกิดการหลุดร่วงในบริเวณที่สารทั้งสองนี้ถูกสร้างขึ้น และจะทำให้เกิดการหลุดร่วงของอวัยวะที่ขาด Auxin (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2542) ซึ่ง Bangert (1989) รายงานว่าการให้ IAA (indole-3-acetic acid) ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Auxin จะช่วยยับยั้งการเกิดรอยแยกและป้องกันการหลุดร่วงของอวัยวะต่างๆของพืชได้นอกจากนี้ยังพบว่ามิสอร์โมนพืชอีกหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการร่วงของดอก เช่น การฉีดพ่นด้วย GA (Gibberellic acid) ทำให้ดอกที่มูมใบของถั่วเหลืองหลุดร่วงมากขึ้น (Birnberg and brenner, 1987) หรือการฉีดพ่นด้วย Cytokinin กับช่อดอกถั่วเหลืองทำให้ติดฝักมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชนั้นต้องคำนึงถึงความเข้มข้นที่เหมาะสม ช่วงเวลาและระยะการเจริญเติบโตของพืชที่ทำการฉีดพ่นด้วย นอกจากนี้การให้สาร TIBA (2,3,5-Triiodobenzoic acid) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแก่ถั่วเหลืองสามารถช่วยเพิ่มการติดฝักของถั่วเหลืองได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารนี้มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายออกซินที่บริเวณ

ดอกของพืชไปยังส่วนอื่นๆของพืช ทำให้เกิดการสะสมออกซินที่ดอกเพิ่มขึ้นจึงเกิดการติดผลมากขึ้น (พีรเดช ทองอำไพ, 2537)

อิทธิพลของ NAA ต่อการติดผลและเมล็ด

สาร NAA (1- Naphthylacetic acid) เป็นสารสังเคราะห์ในกลุ่ม Auxin ซึ่งเป็นสารที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ (Cell enlargement) การแบ่งตัวของเซลล์ การขยายขนาดของใบ การเกิดราก การขยายขนาดของผล ป้องกันการหลุดร่วงของใบ ดอกและผล และเพิ่มการติดผลและการติดเมล็ด โดยการติดผลหรือเมล็ดของพืชและการเจริญของผลเกิดจากรังไข่มีการสร้าง Auxin ขึ้น เมื่อพืชสร้าง Auxin ขึ้นจะมีการเคลื่อนที่ของ Auxin ไปยังส่วนต่างๆและทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อไป โดย NAA สามารถลดการหลุดร่วงของผลและกระตุ้นการพัฒนาได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งนิยมใช้ในไม้ผลหลายชนิด นอกจากนี้ NAA ยังสามารถกระตุ้นการงอกของละอองเกสรตัวผู้ของพืชบางชนิด ช่วยให้พืชมีโอกาสติดผลได้มากขึ้น ดังนั้นสารชนิดนี้จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มการติดผล (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2534) จริญญา ไชยวงศ์ และคณะ (2540) ได้ศึกษาระดับการให้สาร NAA ในการปรับปรุงการติดเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนพบว่า การให้สาร NAA อัตรา 10 ppm พ่นต้นผักบุ้งในระยะออกดอก มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น 35.67 เปอร์เซ็นต์ วัลลภ อาริรบและกนกอร รวีทอง (2540) รายงานว่า การฉีดพ่นสาร NAA ความเข้มข้น 100-300 ppm ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 เพิ่มขึ้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่า การพ่น Daminozide ความเข้มข้น 3,000 ppm ให้กับถั่วเหลืองพันธุ์ นครสวรรค์1 ทำให้ความหนาของชั้น Palisade parenchyma และองค์ประกอบเมล็ดเพิ่มขึ้นและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์ (2534) พบว่าเมื่อให้ NAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตรแก่มะม่วงเขียวเสวยในระยะออกดอก ทำให้มะม่วงมีจำนวนดอกสมบูรณ์เพศเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลและจำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อเพิ่มขึ้น นพดล จรัสสัมฤทธิ์ (2537) รายงานว่า การใช้ NAA ความเข้มข้น 100-200 ppm ฉีดพ่นช่อดอกมะม่วงน้ำดอกไม้ทวาย จะทำให้มะม่วงติดผลเพิ่มขึ้น และ การใช้ NAA 100-400 ppm ฉีดพ่นกลางสาดในระยะที่ผลเริ่มเป็นสีเหลือง สามารถช่วยลดการร่วงของผลได้ นอกจากนี้มีรายงานว่า มีการใช้ NAA เพื่อเพิ่มความยาวก้านผล ความยาวช่อดอก และความยาวผลในไม้ผลชนิดอื่นๆได้อีก เช่น องุ่น ลองกอง ขนุน เงาะและสับปะรด (สุนทร สุขสมัย และ กวีศรี-วานิชกุล, 2536 ; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) และใช้ส่งเสริมการติดผลของพืช Multiovule เช่น สตรอเบอร์รี่ มะเขือเทศ มะเขือ ยาสูบและกุหลาบ (Richard , 1996)

ธาตุโบรอนกับการออกดอกของพืช

โบรอนที่พบในดินทั่วไปอยู่ในรูปทัวร์มาลีน (Tourmalin) ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในโบรโรซิลิเกต (Bororosilicate) มีคุณสมบัติละลายน้ำยากและทนทานต่อการกัดกร่อน ดังนั้นการปลดปล่อยโบรอนจากวัตถุดิบกำเนิดดินจึงค่อนข้างช้า (จักรพงษ์ เจริญศิริและคณะ, 2539) จึงเป็นสาเหตุให้ดินขาดธาตุโบรอนได้ง่าย มีรายงานว่าดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักจะขาดธาตุโบรอน พบว่าเมื่อให้โบรอนให้แก่ถั่วลิสงสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 28-92 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกับในถั่วเขียวเมื่อให้โบรอนจะเพิ่มผลผลิตได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ (เพิ่มพูน กิริติกสิกร, 2531) และพบการขาดธาตุดังกล่าวแพร่หลายในภาคเหนือตอนบนและบางจังหวัดในภาคเหนือตอนล่าง (เบญจวรรณ- ฤกษ์เกษม, 2530) ชงยุทธ โอสดสภา (2543) รายงานว่า การขาดธาตุโบรอนของพืชมีผลกระทบต่อระยะการเจริญพันธุ์ (Reproductive stage) มากกว่าระยะพัฒนาภาค (Vegetative stage) ทำให้ผลผลิตลดลง แต่การขาดธาตุโบรอนไม่มีผลกระทบต่อพืชในระยะเจริญเติบโตทางลำต้น จะมีผลต่อพืชเฉพาะในช่วงออกดอก ติดผลและการพัฒนาของเมล็ดเท่านั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Marschner (1995) พบว่าธาตุโบรอนเป็นธาตุที่มีผลกระทบต่อระยะเจริญพันธุ์ของพืช เมื่อขาดธาตุโบรอนจะทำให้ดอกไม่สมบูรณ์ ละอองเรณูเป็นหมัน ยอดเกสรตัวเมีย (Stigma) ไม่พร้อมที่จะรับละอองเกสร ละอองเรณู (Pollen) ไม่งอกหรืองอกไม่สมบูรณ์ เมล็ดไม่พัฒนา และทำให้เมล็ดไม่สมบูรณ์ มีความงอกต่ำ และได้ต้นกล้าที่อ่อนแอ นอกจากนี้ธาตุโบรอนมีผลช่วยเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานและปรับชนิดของน้ำตาลให้เหมาะแก่การล่อแมลงเข้ามาถ่ายละอองเรณูของพืชด้วย (ชงยุทธ โอสดสภา, 2543) และจากรายงานของ Sthapit (1998) พบว่าการขาดโบรอนในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ ทำให้รวงลีบและไม่ติดเมล็ด ผลผลิตจึงลดลง เช่นเดียวกับการขาดธาตุโบรอนในถั่วลิสง ทานตะวัน ถั่วเขียว และถั่วเขียวพืดำ (เบญจวรรณและคณะ, 2531; เบญจวรรณ, 2530; Rerkasem et al., 1998 และ Noppakoonwong et al., 1997) Srivastava et al. (1996) พบว่าปัจจัยที่ทำให้การขาดโบรอนมีผลกระทบต่อระยะการเจริญของดอกและการผสมพันธุ์ของพืช คือ 1) ความสามารถของรากพืชในการดูดโบรอนมาจากดิน 2) สภาพเคลื่อนย้ายได้ของโบรอนในโฟลเอ็ม 3) ความสามารถในการเคลื่อนย้ายโบรอนจากใบไปยังดอก 4) ความสามารถในการรับโบรอนของดอก 5) อัตราการคายน้ำของดอก 6) ปริมาณโบรอนที่ดอกต้องการและ 7) การกระจายและปริมาณของโบรอนในสารประกอบบริเวณปลายสุดของท่อลำเลียงกับเนื้อเยื่อของดอกที่อยู่ไกลที่สุด ด้วยเหตุนี้ผลกระทบจากการขาดโบรอนในระยะเจริญพันธุ์ของพืชแต่ละชนิดและแต่ละสายพันธุ์จึงต่างกัน

แคลเซียมกับการออกดอกของพืช

แคลเซียมในดินมาจากการสลายตัวของหินและแร่ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น เฟลด์สปาร์ อะพาไทต์ แคลไซต์และยิปซัม (ยงยุทธ โอสดสภา, 2543) Evans et al. (2001) รายงานว่าปริมาณแคลเซียมในไซโตพลาสซึมมีความสัมพันธ์กับอัตราการยืดตัวของหลอดเรณู (Pollen tube) ซึ่งแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการงอกของหลอดเรณู สอดคล้องกับการศึกษาของ ยงยุทธ โอสดสภา (2543) พบว่าการเจริญและการยืดตัวของหลอดเรณู (Pollen tube) จะเกิดขึ้นได้เฉพาะเมื่อมีแคลเซียมและทิศทางการยืดของหลอดเรณูถูกควบคุมด้วยความแตกต่างด้านความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ หลอดเรณูยืดตัวไปยังทิศทางที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงขึ้นเป็นลำดับตามระยะทาง ในขณะที่หลอดเรณูยืดตัวออกไปก็จะมีการหลั่งสารที่ใช้สร้างผนังเซลล์ (Cell wall) จาก ไซโทซอล (Cytocol) ออกมาสู่อะพลาสต์ (Apoplast) ของปลายหลอดเรณูตลอดเวลา

ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมกับการออกดอกของพืช

ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากจึงจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามปกติ ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่รากพืชดูดใช้ในรูปไนเตรตและแอมโมเนียมไอออน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในพืชแตกต่างกันตามชนิดพืช อวัยวะของพืชและระยะการเจริญเติบโต โดยทั่วไปในพืชจะมีไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 2-5% โดยน้ำหนัก เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าปกติ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง หากได้รับในปริมาณที่เพียงพอ จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านลำต้นและทางด้านการเจริญพันธุ์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงที่ดี (ยงยุทธ โอสดสภา, 2538)

ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญโดยเฉพาะในพืชตระกูลถั่ว เรียงชัยและคณะ (2536) พบว่า การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอแก่ถั่วเหลืองทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ และหากมีการให้ปุ๋ยคอกร่วมด้วยจะช่วยให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้อีก Barry and Miller (1989) พบว่าการขาดฟอสฟอรัสมีผลกระทบต่อการเจริญพันธุ์ของพืชอย่างมาก เช่นทำให้พืชออกดอกช้ากว่าปกติ จำนวนดอก ผลและเมล็ดน้อยลง เป็นสาเหตุให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ Smith et al. (1990) รายงานว่าการขาดฟอสฟอรัสเป็นสาเหตุทำให้การกระจายตัวของคาร์โบไฮเดรตลงมารากมากขึ้น สำหรับถั่วที่ขาดฟอสฟอรัสมีคาร์โบไฮเดรตในราก 27 เปอร์เซ็นต์ของทั้งต้น ในขณะที่พืชปกติมี 15.7 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้รากพืชที่ขาดฟอสฟอรัสยังสามารถยืดตัวได้แต่ในขณะเดียวกันส่วนที่อยู่เหนือดินจะหยุดการเจริญเติบโต ในกรณีพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่ต้องการธาตุฟอสฟอรัสในการสร้างดอกสูตรปุ๋ย ที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้กับพืชตระกูลถั่ว ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ สูตร 12-24-12 ($N-P_2O_5-K_2O$) ในอัตรา 25-35 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร

10-30-20 ในอัตรา 25-35 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

ธาตุโปแตสเซียมมีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช คือควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ส่งเสริมการสังเคราะห์พลังงาน(ATP)ในกระบวนการโฟโตฟอสฟอรีเลชัน (Photophosphorelation)ในพืชและรักษาการคงสภาพของโครงสร้างคลอโรพลาสต์(Chloroplast) และโพรพลาสต์ติด (Proplastid) พืชโดยทั่วไปจะมีปริมาณโปแตสเซียมประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่เพียงพอ หากเกิดภาวะขาดธาตุโปแตสเซียมจะทำให้มีการเจริญเติบโตลดลง (Marschner , 1986)

กระบวนการเกิดและพัฒนาการของดอก

การเกิดดอกของพืชโดยทั่วไปต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาหลายอย่าง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ได้แก่ แสง อุณหภูมิ อาหาร ฮอร์โมน และอิทธิพลภายในของต้นพืชเข้ามาเกี่ยวข้องในการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญจากระยะvegetative-growth) ไปเป็นระยะเจริญพันธุ์ (Reproductive growth) (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) พืชดอกเมื่อมีการเจริญเต็มวัย (Mature) ต้องมีความพร้อมของอายุนอกเหนือจากปริมาณของอาหารสะสมในต้นและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงจะสามารถตอบสนองต่อปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดดอกได้ (ลิลลี่ กาวิทัះ, 2546) ก่อนการเกิดการสร้างดอกของพืชเนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดของพืชจะอยู่ในสภาพเป็นตาใบ (Vegetative bud) หากนำมาตัดตามขวาง จะเห็นรูปร่างของเนื้อเยื่อ (Meristem) เป็นรูปกลม (Dome shape) หรือรูปแบน (Flat shape) ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ซึ่งพืชส่วนใหญ่จะมีเนื้อเยื่อเป็นรูปกลม (มาณี วิวัฒน์วงสวน, 2533) จากรายงานของ Sprague and Dudle (1988) พบว่าการออกดอกของข้าวโพดนั้นจะมีการสร้างดอกก็ต่อเมื่อลำต้นสร้างข้อปล้องไปแล้วอย่างน้อย 16-17 ข้อปล้อง ซึ่งเกิดจากข้าวโพดจำเป็นต้องมีจำนวนใบวิกฤตที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารกระตุ้นการออกดอกและ Atherton (1987) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื้อเยื่อของ Snapdragon (*Antirrhinum* sp.) พบว่าเนื้อเยื่อปลายยอดในระยะเริ่มแรกมีลักษณะเป็นโดมเดี่ยวๆ เมื่อเริ่มเกิดดอกปลายยอดจะเริ่มขยายเกิดเป็นปุ่มปมของจุดกำเนิดกลีบเลี้ยงขึ้นรอบๆปลายยอด จากนั้นปลายยอดจะเริ่มโค้งแบนและขยายด้านกว้าง และเกิดปุ่มกำเนิดกลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียตามลำดับ ซึ่งการพัฒนาจะเริ่มจากด้านนอกสู่ด้านใน นอกจากนี้ มาณี วิวัฒน์วงสวน (2533) รายงานว่า เมื่อพืชมีการพัฒนาเป็นตาดอกแล้วไม่สามารถเปลี่ยนกลับเป็นตาใบได้อีก

องค์ประกอบทางเคมีในหัวกวาวเครือขาว

องค์ประกอบทางเคมีที่สะสมในหัวกวาวเครือขาว จัดแบ่งเป็นหลายกลุ่ม ดังการศึกษาของ Cain, 1960; Jones and Pope, 1960; Ingham et al., 1986; Ingham et al., 1989; Harborne, 1994;

Chansakaew et al., 2000; วิชัย เชิดชูวิทยาศาสตร์, 2541; สมภพ ประธานธูรารักษ์, 2542 และนิสากร ปานประสงค์, 2542 ได้รายงานไว้ดังนี้

1. Coumarin เช่น

- Coumestrol
- Mirificoumestan
- Mirificoumestrol glycol
- Mirificoumestrol hydrate

2. Isoflavone เช่น

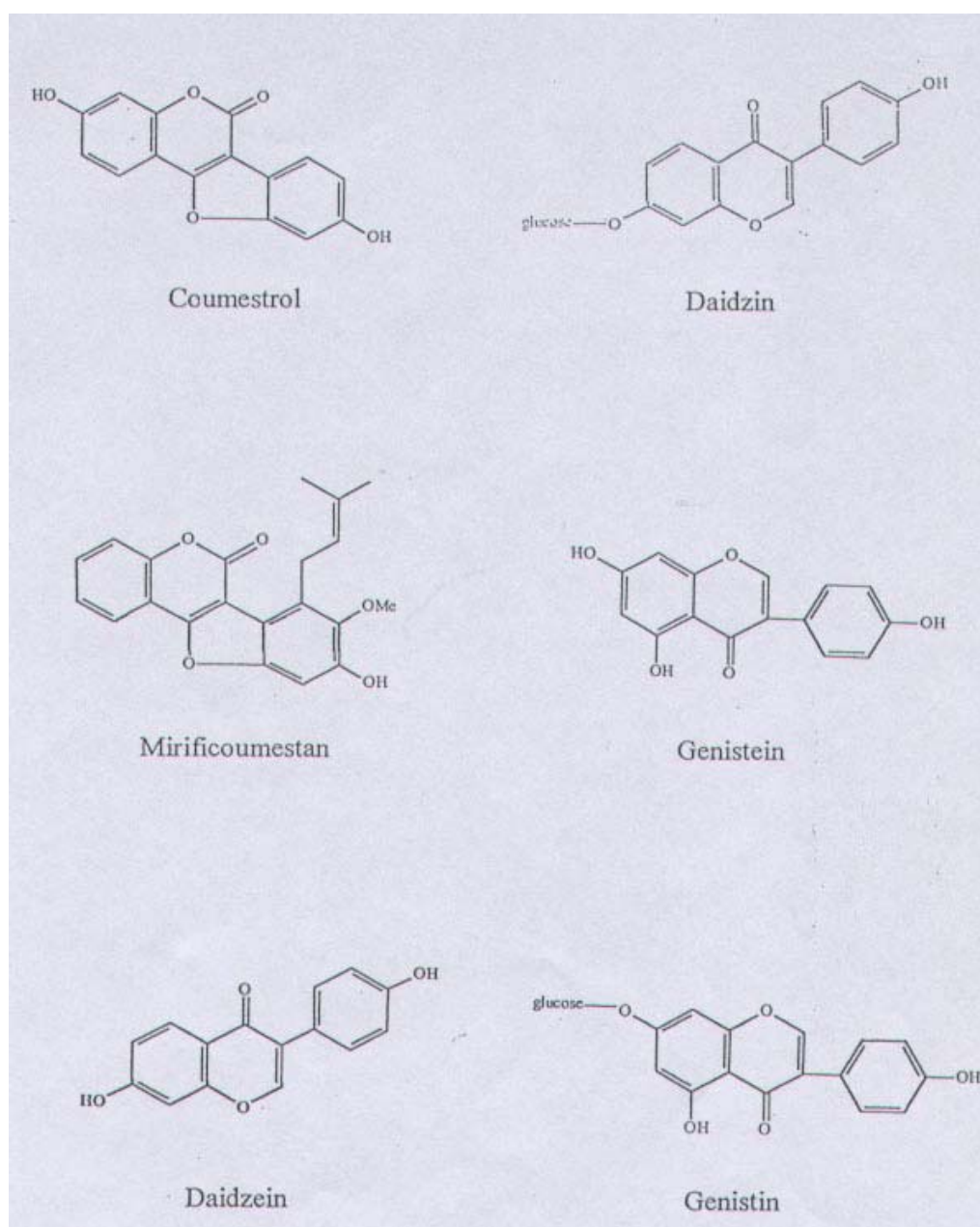
- Daidzein
- Daidzin (Daidzein-7-O- glucoside)
- Genistein
- Genistin (Genistein -7-O- glucoside)
- Kwakhurin
- Kwakhurin hydrate
- Mirificin
- Puerarin (Daidzein-8- glucoside)

3. Chromene เช่น

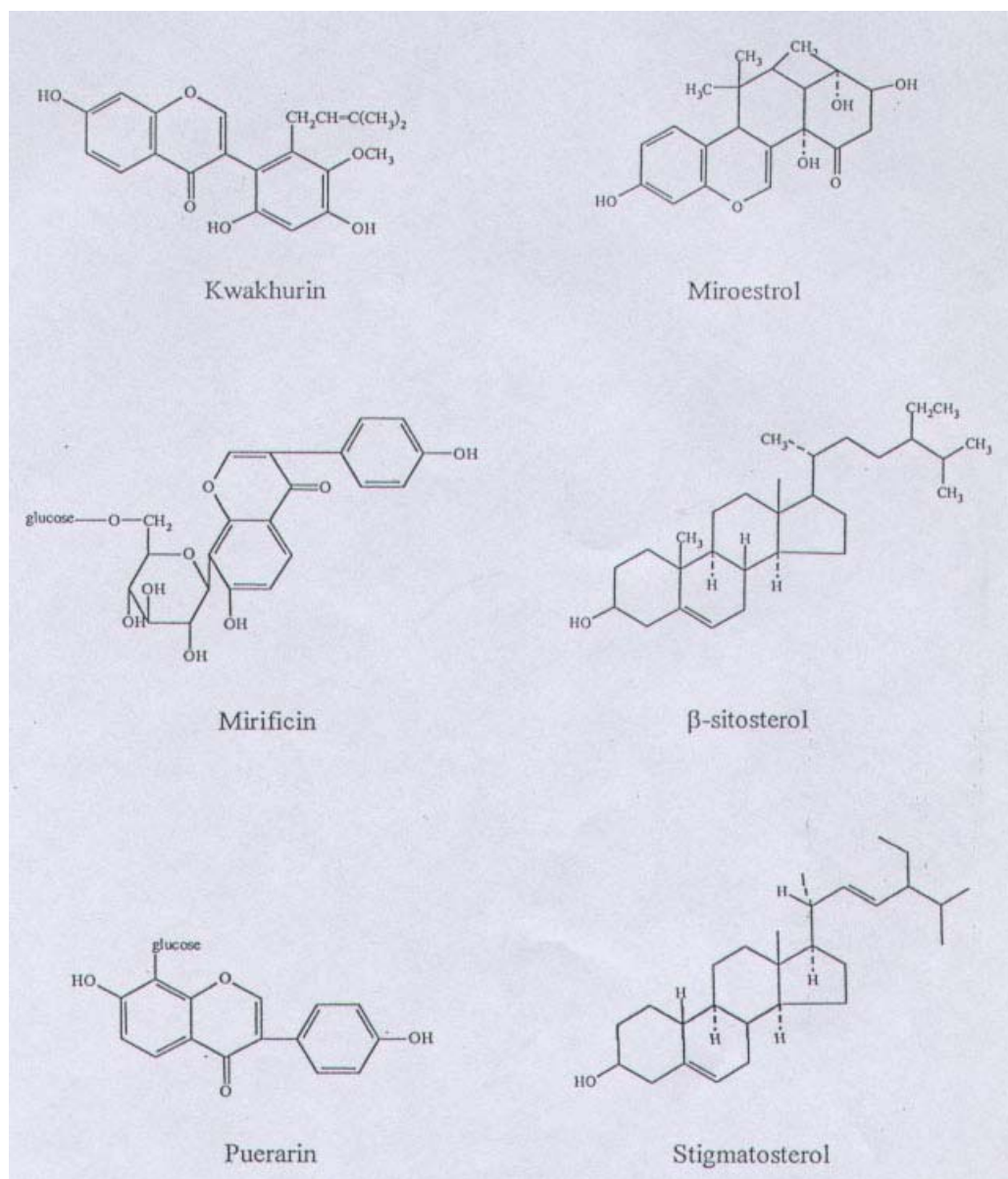
- Miroestrol
- Deoxymiroestrol

4. Sterol เช่น

- β -Sitosterol
- Stigmatosterol



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของ Coumestrol, Daidzin, Mirificoumestan, Genistein, Daidzein และ Genistin



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของ Kwakhurin, Miroestrol, Mirificin, β-Sitosterol, Puerarin และ Stigmatosterol

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของกวาวเครือขาว

จากรายงานของ อารี ช่วยชูและคณะ (2527) พบว่า เมื่อให้ผงกวาวเครือขาวผสมในอาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารแก่หนูกระต่าย ทำให้หนูกระต่ายเกิดอาการบวมมีฝองหนองตามร่างกาย ต่อมา พิพิธ ตระกูลบุญและคณะ (2530) ได้รายงานว่า กวาวเครือขาวทำให้ระดับภูมิคุ้มกันของหนูกระต่ายลดลง ทำให้ติดเชื้อได้ง่ายและตายในที่สุด ส่วนในกรณีหนูขาวที่ได้รับผงกวาวเครือขาว ปริมาณ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เป็นเวลา 14 วัน พบว่าทำให้เซลล์ตับ

ของหนูเกิดอักเสบ มีเลือดคั่งและชั้น Cortex ของต่อมหมวกไตหนาตัวขึ้น(วราภรณ์ พงษ์ดำและคณะ, 2530) ยุทธนา สมิตะสิริและ เสรี แสงจิตต์ (2530) รายงานว่า เมื่อให้สารสกัดกวางเครือขาวแก่หนูถีบจักรในปริมาณสูงพบว่า หนูถีบจักรเกิดอาการชักกระตุกตาย หลังจากให้สารสกัด 2-3 นาที นอกจากนี้ยังพบรายงานผลของกวางเครือขาวต่อระบบต่างๆในสัตว์ทดลองดังนี้

1. ผลต่อระบบเลือด

สมบุญ อนนตลาโกชัยและ สุวิทย์ เจริญชัย (2528) พบว่า การให้กวางเครือขาวแก่นกกระทาในปริมาณสูง ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดของนกกระทาเพิ่มขึ้น เนื่องจากกวางเครือขาวมีฤทธิ์กระตุ้นให้ตับสร้างโปรตีนที่สามารถจับกับแคลเซียมได้ ทำให้ระบบทางเดินอาหารของนกกระทาสามารถดูดซึมแคลเซียมเพิ่มขึ้น และยังพบว่ากวางเครือขาวมีผลทำให้ Total protein และ Chlorestrol ในเลือดนกกระทาสูงขึ้นด้วย คล้ายกับการศึกษาของอนุสรณ์ วนาสันต์ (2532) พบว่า สารสกัดจากกวางเครือขาวทำให้ปริมาณ Chlorestrol ในเลือดของหนูทดลองเพิ่มขึ้นและทำให้จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด Neutrophil ลดลง Mill and Stoke (1969) รายงานว่า ยาคุมกำเนิดหลายชนิดที่มีอนุพันธ์ของเอสโตรเจนเป็นองค์ประกอบสามารถกระตุ้นระดับ Chlorestrol ในสัตว์ทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ให้ยาคุมกำเนิด

2. ผลต่อต่อมหมวกไตและตับ

ยุพดี กลางกลจันทร์ (2527) รายงานว่า เมื่อให้กวางเครือขาวแก่หนูเพศผู้ทำให้ขนาดและน้ำหนักของต่อมหมวกไตของหนูเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารออกฤทธิ์ในหัวกวางเครือขาวมีผลการหลั่ง FSH และ LH จากต่อมใต้สมองจึงทำให้มีการสร้างฮอร์โมนเพศจากต่อมใต้สมองลดลง ต่อมหมวกไตซึ่งเป็นอวัยวะสร้างฮอร์โมนเพศจึงทำหน้าที่แทน ดังนั้นต่อมหมวกไตจึงมีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น วราภรณ์ พงษ์ดำและคณะ(2530) รายงานว่า การให้สารสกัดกวางเครือขาวในปริมาณสูงแก่หนูขาวทำให้เซลล์ตับเกิดการอักเสบและมีเลือดคั่งในหลอดเลือดดำ

3. ผลต่อระบบสืบพันธุ์

นันทวัน บุญยะประภัสสร และอรนุช โชคชัยเจริญพร (2530) รายงานว่า สารสำคัญในหัวกวางเครือขาวมีฤทธิ์เหมือนเอสโตรเจน มีผลใช้คุมกำเนิด ยับยั้งการฝังตัวของตัวอ่อน ยับยั้งการสร้างอสุจิ ยับยั้งการหลั่งน้ำนม ยับยั้งการออกไข่ของสัตว์ทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของรุจน์ สุทธิศรี (2542) พบว่าเมื่อให้ผลกวางเครือขาวผสมในอาหารแก่นกกระทาตัวเมียสามารถยับยั้งการออกไข่ ยับยั้งการเจริญของ Follicle ยับยั้งการสร้างไข่และการตกไข่ของนกกระทาได้ ส่วนในกรณีนกกระทาเพศผู้ มีผลยับยั้งการเจริญของอัณฑะ ยับยั้งการสร้างสเปิร์ม และจากรายงานของยุทธนา สมิตะสิริและสันติ สักการรัตน์(2538) พบว่าเมื่อให้ผงกวางเครือขาว 100 มิลลิกรัมต่อวันแก่หนูทดลองที่ตั้งท้องในระยะแรก โดยให้ติดต่อกัน 7 วัน ทำให้หนูทดลองเกิดการแท้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์และเมื่อให้หนูทดลองกินผงกวางเครือขาวติดต่อกันเป็นเวลา 14 วัน ทำให้ยับยั้งการเจริญ

ของต่อมน้ำนม ส่วนกรณีให้ผงกาวเครือขาวคลุกข้าวสุกแก่นกพิราบ พบว่าสามารถคุมกำเนิดนกพิราบได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ยุทธนา สมิตะสิริและสันติ สักการรัตน์, 2538) เช่นเดียวกับรายงานของ รุจน์ สุทธิศรี (2542) ที่พบว่า การให้ผงกาวเครือขาวผสมในอาหารปริมาณ 300 มิลลิกรัมต่อวันแก่หนูถีบจักรเพศเมีย สามารถคุมกำเนิดหนูถีบจักรได้ และการให้ผงกาวเครือขาวปนแห้งในปริมาณ 1 กรัมต่อสัปดาห์ มีประสิทธิภาพในการคุมกำเนิดหนูถีบจักรได้ดีที่สุด

คุณสมบัติทางชีววิทยาของสาร Coumestrol

Coumestrol เป็นสารที่มีคุณสมบัติคล้าย Phytoestrogen คือ เป็นสารที่พืชสร้างขึ้นและมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (Ingham et al., 1989) Beverly et al. (1999) รายงานว่า สาร Coumestrol มีฤทธิ์ต่อต้านกระบวนการเกิดและพัฒนาของเซลล์มะเร็ง เมื่อให้สาร Coumestrol ปริมาณ 1 mM แก่เซลล์เนื้อเยื่อมะเร็งในผู้หญิงและเซลล์เนื้อเยื่อมะเร็งในผู้ชาย พบว่าสามารถช่วยลดการเจริญของเซลล์มะเร็งในเพศหญิงได้มากกว่าเพศชาย และได้มีการศึกษาฤทธิ์ของ Coumestrol ที่ช่วยป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุน (Osteoporosis) ซึ่งเป็นอาการที่พบในหญิงวัยหมดประจำเดือน พบว่า การให้สารสกัด Coumestrol จากถั่วเหลืองแก่หนูเพศเมียที่ถูกตัดรังไข่สามารถป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุนได้ (She-Fang Ye et al., 2003) Julie et al. (1998) รายงานว่า Coumestrol มีฤทธิ์เป็นสาร Antioxidant ที่ช่วยยับยั้งการเกิดกระบวนการ Lipid peroxidation ที่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อและเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งและหลอดเลือดหัวใจตีบได้ และ Coumestrol เป็นสาร Antioxidant ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า Genistein นอกจากนี้ยังมีรายงานฤทธิ์ของ Coumestrol ในด้านอื่นๆ เช่น มีผลต่อกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตและไขมัน (Nogowski Leszek, 1999) มีผลต่อระบบประสาทที่ควบคุมพฤติกรรมทางเพศของสัตว์ทดลอง เป็นต้น (Whitten et al., 2002) Andrew et al. (1994) รายงานว่าการให้ CuCl_2 , MnCl_2 และ FeCl_2 ปริมาณ 1 mM แก่รากถั่ว Alfafa (*Medicago sativa* L.) ทำให้มีปริมาณสารกลุ่ม Isoflavone เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Takashi et al. (1990) พบว่า การให้ CuCl_2 แก่ถั่ว Kudzu (*Pueraria montana* var *lobata*) มีผลทำให้ปริมาณสาร Coumestrol Daidzein และ Genistein เพิ่มขึ้น 5-10 เท่า

รายการอ้างอิง

- กลิน สุวตะพันธุ์. (2495). กวาวเครือขาว อนุกรมวิธานอักษร ก. ราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2542). สาธารณสุขย้าจุดยืนต่อการพัฒนาแพทย์แผนไทยและสมุนไพร:
กรณีศึกษากวาวเครือขาว. เอกสารแถลงข่าวกระทรวงสาธารณสุข. 7 ตุลาคม 2542.
- กองบรรณาธิการ. (2542). เปิดใจ รศ.ดร. วิชัย เชิดชูวิศาสตร์ ผู้เปิดประเด็นกวาวเครือสู่สังคมไทย.
วารสาร UPDATE กันยายน-ตุลาคม. 47-51.
- กรมวิชาการเกษตร. (2543). การปลูกพืชตระกูลถั่ว. [ออนไลน์]. ได้จาก
<http://www.doae.go.th/library/html/detail/linn.htm>.
- จรัญ ดิษฐไชยวงศ์, นรินทร์ เพิ่มพูน, ชำนาญ ทองกลัด และ มาโนช ทองเจียม. (2540). ศึกษาาระดับ
สาร NAA ในการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดเงิน วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 15 (2):
121-126.
- จักรพงษ์ เจริญศิริ, Watanabe Hisao และ จารุพันธ์ ดันตวิวิทย์. (2539). การตอบสนองต่อการใช้
โบรอนอัตราต่างๆของทานตะวัน. วารสารดินและปุ๋ย 16 : 37-45.
- ชลิต นิยมธรรม. (2538). กวาวเครือขาว อนุกรมวิธานอักษร ก. ราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ.
- ชรินทร์ วัจใจ และยุทธนา สมิตะศิริ. (2530). ชีวิตวิทยาบางประการของกวาวเครือขาว : การ
เจริญของกวาวเครือขาวในธรรมชาติ. ในเอกสารประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ครั้งที่13. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- เต็ม มิตินันท์. (2523). ชื่อพรรณไม้ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ. ฟันนี้พับบลิชซิง.
- นันทวัน บุญยะประภัศรและอรนุช โชคชัยเจริญพร. (2530). สมุนไพรพื้นบ้าน. บริษัทประชาชน
จำกัด.
- นิสากร ปานประสงค์. (2542). กวาวเครือขาวความหวังสมุนไพรไทย. บทความพิเศษวารสาร
UPDATE. กันยายน-ตุลาคม. หน้า 40-45.
- นภคณ จรัสสัมฤทธิ์. (2537). ฮอว์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. กรุงเทพฯ.
- เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, รจเร เนตรแสงทิพย์, สิริชัย ลอดแก้ว, พิมลรัตน์ ทองรอด, สุพร ปรีดิศรี
พัฒน์, สาวิต มีจู๊และณรง ผลวงษ์. (2531). การสำรวจอาการเมล็ดกลวงในถั่วลิสงเพื่อ
เป็นการบ่งชี้การขาดโบรอนในภาคเหนือ. รายงานการสัมมนาถั่วลิสงครั้งที่ 7.
- เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. (2530). การขาดธาตุโบรอนในทานตะวันและถั่วเขียวที่จังหวัดเชียงใหม่.
วารสารเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2 : 163-172.

- ประสาร ฉลาดคิด. (2544). สิ่งแวดล้อมกับการเจริญเติบโตในรอบปีของกวาวเครือขาว.
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย ครั้งที่ 3 วันที่ 18-19
กรกฎาคม 2545. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ประสาร ฉลาดคิด. (2546). อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การออก
ดอก การติดผลและเมล็ดและการสะสมสาร Daidzein และ Genistein ในหัวกวาวเครือขาว
(*Pueraria candollei* Grah. var. *mirifica*). วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก สาขาวิชา
เทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
93 น.
- พิพิธ ตระกูลบุญ, ปกรณ์ ไทยานันท์ สมบูรณ์ อนันตลาโภชัย และยุทธนา สมิตะสิริ. (2530). ผล
ของกวาวเครือขาวต่อระบบภูมิคุ้มกันของนากะทาเพศผู้. การประชุมวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พีรเดช ทองอำไพ. (2537). **ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์**. แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศ
ไทย คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เพิ่มพูน กิริตติกร. (2531). ผลงานวิจัยธาตุอาหารเสริมกับพืชตระกูลถั่วที่เป็นอาหารในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารดินและปุ๋ย. 16:155-167.
- เพ็ญภา ทรัพย์เจริญ. (2541). การใช้กวาวเครือในแพทย์แผนไทยและแพทย์พื้นบ้าน. ในเอกสาร
ประกอบการสัมมนาเรื่องกวาวเครือ. กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์.
- มานี วิวัฒน์วงศวนา. (2533). **สรรพวิทยาของพืช**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุทธนา สมิตะสิริ และชรินทร์ วังใจ. (2529). ชีวิตวิทยาบางประการของกวาวเครือขาว : ดอก ผลและ
เมล็ด ในเอกสารประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 12.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ.
- ยุทธนา สมิตะสิริและเสรี แปงจิตต์. (2530). ฤทธิ์ในการคุมกำเนิดของกวาวเครือขาวในหนูขาว.
วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 14 : 75-85.
- ยุทธนา สมิตะสิริและ สันติ ศักดารัตน์. (2538). รูปแบบของสมุนไพรวงกวาวเครือขาวที่เหมาะสม
สำหรับใช้คุมกำเนิดคนพิราบ. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี** 2 (2): 89-96.
- ยุพดี ลางคลจันทร์. (2527). การศึกษาผลของกวาวเครือขาว(*Pueraria mirifica*) ที่มีต่ออวัยวะ
สืบพันธุ์และการสืบพันธุ์ในหนูเพศผู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยงยุทธ โอสดสภา. (2543). **ธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.

- รัตนา ปานเรียนแสน. (2543). ลักษณะของประชากรกวางเครือขาวจากแหล่งต่างๆของประเทศ
ไทย.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- รุจน์ สุทธิศรี. (2542). บทความกวางเครือขาว. ภาควิชาเกษตรวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ลิลลี่ กาวีตะ. (2546). การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนารูปของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย จันทน์ประเสริฐ. (2542). เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย จันทน์ประเสริฐ. (2537). สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณลักษณ์ จันทน์เงินและยุทธนา สมิตะศิริ. (2530). ชีววิทยาบางประการของกวางเครือขาว : ใบ
และการเจริญ. ในเอกสารประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- วัลลภ อาริพและกนกกร รุ่งทอง. (2540). ผลของ NAA และ Daminizide ต่อลักษณะทางกายวิภาค
ในระยะดอกบานและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและผลผลิตถั่วเหลือง.วารสารวิชาการเกษตร
ปีที่ 15 (3): 289-305.
- วราภรณ์ พงษ์คำ, ยุทธนา สมิตะศิริ, สุรพงษ์ อุดมพันธ์ และ วีระ วงศ์คำ. (2530). ผลของ
กวางเครือขาวต่อเมล็ดเลื้อยขาวของหนุขาวเพศผู้.การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วิชัย เชิดชูวิชา. (2541). ข้อเสนอแนะและทิศทางการวิจัยกวางเครือในอนาคต. ในเอกสาร
ประกอบการสัมมนาเรื่องกวางเครือ. (หน้า 36-38). กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย
กรมการแพทย์.
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. (2538). แร่ธาตุอาหารพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุนทร สุขสมัย และ กวิศร์ วานิชกุล. (2536). ผลของออกซินต่อการกระตุ้นช่อดอกสับประรดพันธุ์
ปัตตาเวีย. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมภาพ ประธานธูราษฎร์. (2542). บทความกวางเครือขาว. ภาควิชาเกษตรวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมบุญ อนันตลาโกชัยและ สุวิทย์ เจริญชัย. (2528). ผลของสมุนไพรพื้นบ้าน กวางเครือขาว
ปริมาณสูงต่ออัตราการงอกของเมล็ด. การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 11.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2544). สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุสารสุนทร. (2474). ตำราหัวกวางเครือ. เชียงใหม่. โรงพิมพ์อุปติพงศ์.

- อนุสรณ์ วณาสันต์. (2532). ผลของสารสกัดจากกวาวเครือขาวต่ออวัยวะสืบพันธุ์และสารบางอย่างในเลือดหนูขาว วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อรดี สหวัชรินทร์. (2541). แนวทางการคัดเลือกพันธุ์ ขยายพันธุ์และการปลูกกวาวเครือ. ในเอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่องกวาวเครือ. (หน้า 37-43). กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์.
- อารี ชูช่วย, อุดร จรรยาธรรม, สมบูรณ์ อนันตลาโภชัยและยุทธนา สมิตะสิริ. (2530). พืชของกวาวเครือขาวต่อผลกระทบพันธุ์ญี่ปุ่น. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 11: 46-55.
- Andrew, D. P., Sarah, A. T. and Robert Edward. (1994). The effect of heavy metal on isoflavone metabolism in alfafa (*Medicago sativa*). **PlantPhysiology**.106:195-202.
- Atherton, J. G. (1987). **Manipulation and flowering**. Butterworths. London.
- Barry , D. A. And Miller, M. H. (1986). Phosphorus nutirion requirement of mize seedling for maximum yield. **Agro. J.** 81:95-99.
- Cain, J.C. (1960). Miroestrol : An estrogen from the plant Pueraria mirifica. *Nature*. 3: 774-777.
- Chansakaow,S., Ishikawa, T., Seki, H., Sekine, K. Okada, M. And Chaichantipyuth, C.(2000).Identification of Deoxymiroestrol as the actual rejuvenating principle of *Pueraria mirifica*. The known miroestrol may be an artifact. **Journal of Natural Product**. 63: 173-175.
- Dell, B. and Huang, L. (1997). Physiological responce of plant to low boron. **Plant and soil**.193:103-120
- Evans, N. H., Mcainsh, M. R. And Hetherington, A. M. (2001). Calcium oscillation in higherplant. **Plant biology**. 4: 415-420.
- Harborne. (1994). **Phytochemistry of the leguminosae**. Phytochemistry Dictionary of the Leguminosae . Volume 1. Cambridge: University Press.
- Ingham, J. L., Tahara, S.and Dziedzic, S. Z. (1986).A chemical investigation of *Pueraria mirifica* **Z.Naturforsch.** 41:403-408.
- Ingham, J. L., Tahara, S., and Dziedzic, S. Z. (1989). Minor isoflavone from root of *Pueraria mirifica*. **Z.Naturforsch.** 44: 742-762.
- Jones, H. E. M. and Pope, G. S. (1960). A study of the action of miroestrol and other oestrogen on the reproductive tract of the immature female mouse. **Journal of endocrinology**. 20: 229-235.

- Julie, H. M., Garner, P. T., Mcphail, D. B., Morrice, P. C., Collin, A. R. And Duthei, G. G. (1998). Antioxidant efficiency of phytoestrogen in chemical and biological model system. **Biochemistry and biophysic**. 361: 142-148.
- Knight, D. C and Eden, J. A. (1996). A Review of the clinical effect of phytoestrogen. **Obstetrics and Gynecology**. 87(5): 897-904.
- Richard , N. A. (1996). **Plant growth substances principle and applications**. The Pennsylvania State University, New York. 47-57
- Marschner . (1986). **Mineral nutrition of higher plant**. Academic Press, New York.
- Marschner . (1995). **Mineral nutrition of higher plant**. Second edition . Academic Press, New York.
- Nogoski, L.(1999). Effect of phytoestrogen- coumestrol on lipid and carbohydrate Metabolism in young ovariectomized rat may be independent on its estrogenicity. **J. Nutr.Biochem**. 10: 664-669.
- Noopakoonwong, R. N., Rekasem, B., Bell, R. W., Dell, B., Loneragan, J. F. (1997). Diagnosis and pronosis of boron defficiency in black gram (*Vigna mungo* L.) in the field by using plant analysis. Academic publishers, Dordrecht. Netherland.
- Rerkasem, B. And Jamjod, S. (1998). Boron deficiency in wheat. **Field Crop Research**. 89: 173-186.
- Shelp, B. J. (1993). **Physiology and biochemistry of boron in plant**. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- She Fang Ye., Saga, I., Ichimura, K., Shinada, M., Matsuzaki, S. (2003). Coumestrol as well as isoflavone in soybean extract prevent bone resorption in ovariectomized rats. **Endocrine regulation**. 37: 145-152.
- Smith, D. L. and Krikorian, A. D. (1990). Somatic embryogenesis of carrot in hormone free medium : external pH control of morphogenesis. **Am. J. Bot**. 77: 1634-1645.
- Sprague, G. F. And Dudley, J. W. (1988). **Corn and Corn improvement**. 3rd ed. Medison, Wisconsin.
- Srivastava, S. P., Bhandari, T. M. S., Joshi, M., Erskine, W. (1996). Boron efficiency in lentil: yield loss and geographic distribution in germplasm collection. **Plant Soil**. 225: 147-151.

Sthapit , B. R. (1998). Study of wheat sterility problem in hill, tar and tera of Nepal.

Legume agricultural centre. Technical paper No. 16.

Takashi, H., Yutaka, E. and Ushio S. (1990). Induced isoflavonoid from copper chloride treated stem of *Pueraria lobata*. **Phytochemistry**. 30: 1481-1482.

Whitten, P.L., Patisual H.B. and Young L.J. (2001). Neurobehavioral action of coumestrol and related isoflavone in rodents. **Neurotoxicity and Teratology**. 24: 47-54.

Available: [http:// www.thaipueraria.com](http://www.thaipueraria.com)

Available: [http:// www.airissophia.com](http://www.airissophia.com)

บทที่ 3

การศึกษาการออกดอก การติดฝักของกวาวเครือขาว

บทคัดย่อ

กวาวเครือขาว(*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*) มีการออกดอก ติดฝักและติดเมล็ดน้อย เป็นอุปสรรคต่อการขยายพันธุ์และการพัฒนากวาวเครือขาวเพื่อนำมาเป็นพืชปลูกเช่นเดียวกับพืชเศรษฐกิจอื่นๆ วัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการออกดอก การติดฝักและติดเมล็ดของกวาวเครือขาว ทำการทดลองในปี 2546-2547 ที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วางแผนการทดลองแบบแฟกตอเรียล สุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 4 ซ้ำ โดยศึกษา 3 ปัจจัยทดลองคือ 1) ธาตุอาหารทางดิน(ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ให้ปุ๋ย) 2) ธาตุอาหารเสริมทางใบ (ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm และไม่ให้ปุ๋ย) 3) สารควบคุมการเจริญเติบโต (ให้ NAA 100 ppm และไม่ให้ NAA) และศึกษาระยะการพัฒนาของดอกกวาวเครือขาวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) พบว่า การให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับให้ NAA 100 ppm ทำให้กวาวเครือขาว มีความยาวช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอนและไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) และการให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ทำให้กวาวเครือขาวมีความยาวฝักยาวที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม การพัฒนาของดอกกวาวเครือขาว สามารถแบ่งออกเป็น 10 ระยะ กวาวเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ มีการพัฒนาของดอกเร็วที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) และกวาวเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีการพัฒนาดอกช้าที่สุด

บทนำ

กวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*) เป็นพืชสมุนไพรที่คนไทยนิยมนำมาใช้เพื่อเป็นยาอายุวัฒนะ ช่วยบำรุงกำลังทำให้ผิวพรรณมีน้ำมีนวลและเต่งตึง (อนุสารสุนทร, 2474; เพ็ญญา ทรัพย์เจริญ, 2541) ซึ่งในระยะแรก ธรรมชาติ (2484) พบว่าหัวกวาวเครือขาวมีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงมีการศึกษาเพื่อนำกวาวเครือขาวมาใช้แทนฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จึงมุ่งศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของกวาวเครือขาวที่ศึกษาในสัตว์ทดลอง จากการศึกษาอย่างต่อเนื่องทำให้ทราบผลของกวาวเครือขาวต่อร่างกายหลายประการเช่น ช่วยลดการเกิดภาวะกระดูกพรุน (Osteoporosis) ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน (สมภาพ-ประธานธรรักษ์, 2542; Knight and Eden, 1996) ลดการเกิดไขมันอุดตันในเส้นเลือด และมีผลยับยั้งกระบวนการเกิดมะเร็งหลายประการ เช่น ยับยั้งการกลายลักษณะของเซลล์ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ที่ผิดปกติ นอกจากนี้ในกวาวเครือขาวยังมีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเช่นกัน (Frank et al., 1994) ในปัจจุบันได้อนุญาตให้ขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ต่างๆที่มีกวาวเครือขาวเป็นส่วนประกอบเป็นยาแผนโบราณแล้วประมาณ 50 ตำรับ (กระทรวงสาธารณสุข, 2542) และได้นำกวาวเครือมาใช้เป็นอาหารบำรุงสุขภาพและเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางต่างๆด้วย (อรดี สหวัชรินทร์, 2542; นิสากร ปานประสงค์, 2542; วิชัย เชิดชูวิทยาศาสตร์, 2541) ประเทศไทยมีการส่งออกสารสกัดกวาวเครือขาวไปยังประเทศอื่นๆหลายประเทศ ทั้งในทวีปเอเชีย อเมริกา และยุโรป จากความต้องการดังกล่าวทำให้มีการขุดกวาวเครือขาวในธรรมชาติมาใช้มากขึ้น กวาวเครือขาวในธรรมชาติจึงมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ปัญหาที่สำคัญที่ทำให้กวาวเครือขาวในธรรมชาติมีจำนวนลดลงคือกวาวเครือขาวมีการแพร่พันธุ์ในธรรมชาติค่อนข้างช้า เนื่องจากการหลุดร่วงของดอกสูง มีการติดฝักและเมล็ดน้อยและเมล็ดส่วนใหญ่จะเป็นเมล็ดลีบไม่สมบูรณ์ เป็นปัญหาต่อการขยายพันธุ์ (ยุทธนา สมิตะศิริและชรินทร์ วัจโจ, 2529) ธาตุอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาของดอกและเมล็ดของพืช (สมบุญ-เดชะภิญญาวัฒน์, 2544) รวมทั้งธาตุโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในช่วงออกดอก ติดผลและพัฒนาเมล็ด ซึ่งโบรอนมีผลต่อการถ่ายละอองเรณู การงอกและการพัฒนาของละอองเรณู (ขงยุทธ โอสดสภา, 2543) การศึกษาถึงปัจจัยธาตุอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อการออกดอก ติดฝักและการติดเมล็ดของกวาวเครือขาวในปัจจุบันยังมีน้อย

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาถึงอิทธิพลของธาตุอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการออกดอกการติดฝักและเมล็ดของกวาวเครือขาว และศึกษาพัฒนาการของดอกกวาวเครือขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ภาพลักษณะ 3 มิติ และมีกำลังขยายสูง สามารถนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ถึง

ระยะการพัฒนาของดอกได้อย่างละเอียด มีการนำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาพัฒนาการของดอกในพืชหลายกลุ่มได้แก่ ไม้ผล (Moncur, 1988) เช่น สตรอเบอร์รี่ (Manakasem and Goodwin, 1998) ไม้ดอก (Sattler, 1973) ธัญพืช เช่น ข้าว (Moncur, 1988) และพืชตระกูลถั่ว (Tucker, 2003) เป็นต้น ผลที่ได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบความรู้พื้นฐานที่สำคัญเพื่อพัฒนาให้กวางเครือขาวเป็นพืชที่สามารถปลูกได้เช่นเดียวกับพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานทางด้านการขยายพันธุ์เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตกวางเครือขาวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในการทดลองใช้ต้นกวางเครือขาวอายุ 3 ปี ระยะปลูก 2x2 เมตร แหล่งพันธุ์จากจังหวัดกาญจนบุรี ก่อนการทดลองทำการตัดแต่งเครือเถาและเตรียมต้นกวางเครือขาวในแปลงปลูก โดยใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 3 เดือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก จัดทรีตเมนต์แบบแฟคตอเรียลสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Factorial in RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ศึกษา 3 ปัจจัยทดลอง ปัจจัยละ 2 ระดับ คือ 1) ปัจจัยธาตุอาหารทางดิน (ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ให้ปุ๋ย 2) ปัจจัยธาตุอาหารทางใบ (ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm และไม่ให้ปุ๋ย 3) ปัจจัยสารควบคุมการเจริญเติบโต (ให้ NAA 100 ppm และไม่ให้ NAA) จัดเป็น 8 ทรีตเมนต์ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 การให้ปุ๋ยและการฉีดพ่นสารตามทรีตเมนต์ให้ 3 ระยะการเจริญเติบโตของกวางเครือขาว คือ ระยะใบอ่อน ระยะใบเฟสลาด และระยะออกดอก โดยฉีดพ่นครั้งแรกเมื่อวันที่ 5 เมษายน 2546 ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 15 กันยายน 2546 และครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2546 เว้นระยะเวลาลงฉีดพ่น 3 สัปดาห์ก่อนเก็บข้อมูล กวางเครือขาวในระยะเจริญเติบโตทางลำต้นจนถึงก่อนออกดอกให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ 2 วัน/ครั้ง ส่วนในระยะออกดอกจนถึงฝักสุกแก่ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ทุกวัน การฉีดพ่นยาฆ่าแมลงดำเนินการตามชนิดของแมลงศัตรูที่พบการเข้าทำลาย

เก็บข้อมูลแบบตัวอย่างย่อย (Sub sampling) จำนวน 4 บล็อก ในแต่ละบล็อกเก็บตัวอย่างทรีตเมนต์ละ 2 ต้นและหาค่าเฉลี่ยของแต่ละบล็อก โดยเก็บข้อมูลดังนี้

- (1) จำนวนวันออกดอก นับจากวันที่ฉีดพ่นสารครั้งแรกจนถึงวันที่พบระยะการพัฒนา Inflorescence primordia induction phase ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Stereo microscopy)
- (2) จำนวนช่อดอกต่อต้น ตรวจนับในช่วงที่กวางเครือขาวเริ่มติดฝัก
- (3) จำนวนฝักต่อช่อดอก สุ่มนับจำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวน 30 ช่อดอกต่อต้น
- (4) ความยาวช่อดอก สุ่มวัดความยาวช่อดอกจำนวน 30 ช่อดอกต่อต้น

- (5) ความยาวฝัก สุ่มวัดความยาวฝักจำนวน 30 ฝักต่อต้น
- (6) จำนวนเมล็ดต่อฝัก สุ่มนับจำนวนเมล็ดต่อฝักจำนวน 30 ฝักต่อต้น
- (7) น้ำหนัก 100 เมล็ด สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ด 100 เมล็ดจากแต่ละต้นมาชั่งน้ำหนัก

วิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT Version 3/93 วิเคราะห์แผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD ของจำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนฝักต่อช่อดอก ความยาวช่อดอก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's New Multiple Rang Test)

ศึกษากระบวนการเกิดและการพัฒนาของดอกกวาวเครือขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM) โดยสุ่มเก็บตาดอกกวาวเครือขาวจากการทดลองข้างต้นในระยะก่อนออกดอกประมาณ 1 เดือน เก็บตัวอย่างทุกๆสัปดาห์จนกระทั่งกวาวเครือขาวถึงระยะดอกบาน นำชิ้นส่วนตาดอกมาลอกเนื้อเยื่อเพื่อหาระยะต่างๆของการพัฒนาตาดอกโดยเตรียมตัวอย่างดังนี้

- (1) นำตัวอย่างตาดอกกวาวเครือขาวที่ได้ลอกเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Stereo-microscopy แล้วไป Fixed ในสารละลาย 1% Glutaraldehyde ใน 0.1 M Phosphate buffer, pH 6.8 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

- (2) ล้างด้วยสารละลาย 0.1M PO_4 , pH 6.8 จำนวน 3 ครั้งทิ้งไว้ครั้งละ 15 นาที

- (3) ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นจำนวน 3 ครั้ง

- (4) ดึงน้ำออกจากเซลล์ (Dehydration) ของตายอด โดยใช้ Ethanol จากความเข้มข้นต่ำไปสูงตามขั้นตอนดังนี้

ที่ความเข้มข้น 30 % Alcohol 15 นาที

ที่ความเข้มข้น 50 % Alcohol 15 นาที

ที่ความเข้มข้น 70 % Alcohol 15 นาที

ที่ความเข้มข้น 80 % Alcohol 15 นาที

ที่ความเข้มข้น 90 % Alcohol 15 นาที

ที่ความเข้มข้น 100 % Alcohol 15 นาที

- (5) นำตัวอย่างไปทำให้แห้งที่ Critical Point Drying (CPD) ด้วย CO_2

- (6) เก็บตัวอย่างไว้ในตู้ดูดความชื้น

- (7) นำตัวอย่างติดบน Stub ที่ติดเทปกาว 2 หน้าไว้ด้านบน

- (8) ฉาบผิวตัวอย่างด้วยทอง (Au) เพื่อป้องกันการ Charge up

- (9) ถ่ายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JEOL JSM-6400 และนำภาพที่ได้เปรียบเทียบระยะการเจริญและพัฒนาของดอกในแต่ละทริตเมนต์

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

จากการศึกษาการออกดอก ติดฝักและติดเมล็ดของกวางเครือขาว พบว่า กวางเครือขาวออกดอกในเดือนพฤศจิกายน 2546 ถึงเดือนมกราคม 2547 และเริ่มติดฝักในเดือนกุมภาพันธ์ พัฒนาจนถึงฝักแก่ในเดือนเมษายน สอดคล้องกับการศึกษาของประสาร ฉลาดคิด(2546) ที่พบว่ากวางเครือขาวที่ปลูกในแปลงทดลองจะเริ่มออกดอกในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเร็วกว่ากวางเครือขาวในธรรมชาติประมาณ 2 เดือน และการศึกษาอิทธิพลของ 3 ปัจจัยต่อการออกดอก ติดฝักและติดเมล็ด คือ ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm และสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA 100 ppm ที่มีต่อความยาวช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนฝักต่อช่อดอก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ได้ผลการทดลองดังนี้

ความยาวช่อดอก

ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ NAA 100 ppm ทำให้ความยาวช่อดอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) กวางเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีความยาวช่อดอกยาวที่สุด 39.66 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวางเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีความยาวช่อดอกสั้นที่สุด 27.86 เซนติเมตร กวางเครือขาวที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีความยาวช่อดอก 31.48 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 1.1 และ ภาพที่ 2) ประสาร ฉลาดคิด (2546) พบว่า กวางเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 15 กรัมต่อต้นทุกๆ 2 เดือน มีความยาวช่อดอกเฉลี่ยเท่ากับ 36.80 เซนติเมตร แต่จากการทดลองให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีความยาวช่อดอกยาวขึ้น ทั้งนี้เพราะการให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนฟอสฟอรัสสูงแก่พืชตระกูลถั่วจะช่วยให้การสร้างดอกและการเจริญของดอก ซึ่งฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืชหลายชนิด ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) และโคเอนไซม์ต่างๆ ดังนั้นเมื่อพืชได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอการเจริญเติบโตของ ดอก ผล และรากจะลดลง (Barry and Miller, 1986) สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์(2544) พบว่า การให้ NAA มีผลช่วยเพิ่มความยาวก้านผล ความยาวช่อดอกและความยาวผลในพืชหลายชนิด ซึ่งสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินมีผลกระทบต่อการแบ่งเซลล์(Cell division) การเจริญเติบโตของเซลล์และการยืดยาวของเซลล์ (Cell elongation) (Hopkin, 1999) ดังนั้นเมื่อพืชได้รับสาร NAA จึงมีการยืดยาวของเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้มีความยาวช่อดอกเพิ่มขึ้นได้ ส่วนธาตุโบรอนพืชจะต้องการในช่วงการออกดอก เพื่อช่วยการติดผลและพัฒนาของเมล็ด (Marschner, 1995)

จำนวนช่อดอกต่อต้น

ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm และปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้จำนวนช่อดอกต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และกวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับให้ NAA 100 ppm มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากที่สุด 170.50 และ 170.25 ช่อดอกต่อต้นตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีจำนวนช่อดอกต่อต้นน้อยที่สุด 54.75 ช่อดอกต่อต้น (ตารางภาคผนวกที่ 1.1 และภาพที่ 3) ซึ่งเป็นผลจากการให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนของฟอสฟอรัสสูง มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของดอก (Barry and Miller, 1986) และเมื่อได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญของดอกได้ดี (ยงยุทธ โอสดสภา, 2543) การให้สาร NAA แก่พืชจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของดอกและสร้างตาดอกมากขึ้น (Maxie and Crane, 1967) ส่วนธาตุโบรอนเมื่อได้รับในปริมาณต่ำมีผลทำให้ดอกไม่สมบูรณ์ ละอองเรณูไม่ออก และเมล็ดพัฒนาไม่สมบูรณ์ (Marschner, 1995)

จำนวนฝักต่อช่อดอก

ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ทำให้จำนวนฝักต่อช่อดอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีจำนวนฝักต่อช่อดอกมากที่สุด 36.72 ฝักต่อช่อดอก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีจำนวนฝักต่อช่อดอกน้อยที่สุด 22.30 ฝักต่อช่อดอก กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีจำนวนฝักต่อช่อดอก 26.93 ฝักต่อช่อดอกไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 1.1 และภาพที่ 4) สอดคล้องกับการศึกษาของ เชียรชัยและคณะ (2536) ที่พบว่า การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอสามารถทำให้ถั่วเหลืองเพิ่มการติดฝักและเมล็ด มีผลผลิตเพิ่มขึ้น พิรเดชทองอำไพ (2537) รายงานไว้ว่า หากพืชสะสมสารกลุ่มออกซินในระยะออกดอก จะทำให้ลดการหลุดร่วงของดอกและติดผลมากขึ้นได้ เนื่องจากสารกลุ่มออกซินมีผลยับยั้งการสร้างชั้นแอบซิสชัน (Abscission layer) จึงช่วยป้องกันการหลุดร่วงของ ใบ กิ่ง ดอกและผล ทำให้มีการออกดอก ติดฝักเพิ่มขึ้นได้ และยงยุทธ โอสดสภา (2543) รายงานว่า เมื่อพืชขาดธาตุโบรอนจะทำให้ดอกไม่สมบูรณ์ ละอองเรณูเป็นหมัน ขอดเกสรตัวเมีย (Stigma) ไม่พร้อมที่จะรับละอองเกสร ละอองเรณู (Pollen) ไม่ออกหรือออกไม่สมบูรณ์ เมล็ดไม่พัฒนา และทำให้เมล็ดไม่สมบูรณ์ มีความงอกต่ำและได้ต้นกล้า

ที่อ่อนแอ นอกจากนี้ธาตุโบรอนยังช่วยเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานและปรับชนิดของน้ำตาลให้เหมาะสมแก่การล่อแมลงเข้ามาถ่ายละอองเรณู ทำให้พืชมีการติดผลมากขึ้นได้

ความยาวฝัก

ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ NAA 100 ppm และปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ทำให้ความยาวฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2) กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm และกาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีความยาวฝักยาวที่สุด 6.76 และ 6.37 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ใช้ NAA (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีความยาวฝักสั้นที่สุด 3.97 เซนติเมตร กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีความยาวฝัก 4.21 เซนติเมตรไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 2.1 และ ภาพที่ 5) สอดคล้องกับรายงานการใช้ NAA เพื่อเพิ่มความยาวก้านผล ความยาวช่อดอก และความยาวผลในไม้ผลชนิดต่างๆ เช่น องุ่น ลองกอง ขนุน เงาะและสับปะรด (สุนทร สุขสมัยและกวิศร์ วานิชกุล, 2536; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) ซึ่งสารกลุ่มออกซินมีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การยืดยาวและขยายขนาดของเซลล์ (Hopkin, 1999) ดังนั้นเมื่อพืชได้รับออกซินจึงมีการยืดยาวของส่วนต่างๆ เพิ่มขึ้นได้ และในพืชตระกูลถั่วเช่น ถั่วฝักยาวการให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนธาตุฟอสฟอรัสสูงในระยะออกดอก ทำให้มีการสร้างดอกและฝักที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

จำนวนเมล็ดต่อฝัก

ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ NAA 100 ppm ทำให้จำนวนเมล็ดต่อฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm และปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้จำนวนเมล็ดต่อฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2) กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด 5.48 เมล็ดต่อฝัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ใช้ NAA (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุด 3.26 เมล็ดต่อฝัก (ตารางภาคผนวกที่ 2.1 และ ภาพที่ 6) สอดคล้องกับรายงานของเชียรชัย อารยางค์กูรและคณะ (2536) พบว่าการให้ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 36 กิโลกรัมต่อไร่มีผลทำให้ถั่วเหลืองมีจำนวนเมล็ดต่อฝักและผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืชหลายชนิด ได้แก่

ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) และโคเอนไซม์ต่างๆ ดังนั้นเมื่อพืชได้รับ ฟอสฟอรัสเพียงพอการเจริญเติบโตของ ดอก ผล และรากจะเพิ่มขึ้น (Barry and Miller, 1986) จึงทำให้มีติดเมล็ดที่ดีขึ้นได้ เช่นเดียวกับ สัมฤทธิ์ เพ็ญจันทร์ (2538) รายงานว่า การให้ NAA แก่มะม่วง ในระยะออกดอกพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ช่อดอกติดผลและจำนวนผลต่อช่อดอกเพิ่มขึ้น และรายงานของ Sthapit (1998) พบว่าการขาดธาตุโบรอนในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ ทำให้รวงลีบ มีเมล็ดต่อรวงลดลง ซึ่งธาตุโบรอนมีผลส่งเสริมการงอกและพัฒนาของละอองเรณู ทำให้มีการสร้างและการพัฒนา เมล็ดของพืชเพิ่มขึ้นได้ (Shelp, 1993)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ NAA 100 ppm ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm
 ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับ NAA 100 ppm และปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2) กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด 3.11 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้ NAA (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุด 2.24 กรัม กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 2.39 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 2.1 และภาพที่ 7) ประสาร- ฉลาดคิด (2546) พบว่า เมื่อฉีดพ่นกาวเครือขาวด้วย NAA ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 ppm และฉีดพ่นด้วย Daminozide ที่ความเข้มข้น 500, 1,000 และ 2,000 ppm โดยฉีดพ่นครั้งเดียวในระยะออกดอก ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.45-2.54 กรัม แต่จากการทดลองให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับ NAA 100 ppm ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ทำให้กาวเครือขาวมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของธีรชัย อารยางค์กูรและคณะ (2536) รายงานไว้ว่าการให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 36 กิโลกรัมต่อไร่ แก้วเหลืองทำให้มีขนาดเมล็ดใหญ่ขึ้น และมีผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ ส่วน NAA มีผลช่วยการติดผล ขยายขนาดของผลและเมล็ดของพืช เช่น ในมะเขือเทศ พริก เป็นต้น Richard (1996) รายงานว่า พืชจะใช้สารกลุ่มออกซินหลังจากผสมเกสรเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของผล เช่นเดียวกันกับธาตุโบรอนที่มีผลต่อการติดเมล็ดและการพัฒนาของเมล็ด เพิ่มพูน กิรติกลีกร (2531) พบว่า เมื่อให้โบรอนแก่ถั่วเขียวจะเพิ่มผลผลิตได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโบรอนส่งเสริมการงอกและพัฒนาของละอองเรณู ทำให้การสร้างและพัฒนาของเมล็ดดีขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าการออกดอก การติดฝักและเมล็ดของกาวเครือขาวอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ ได้อีก ได้แก่ แสงแดด อุณหภูมิและความชื้น จากการทดลองพบว่าช่วงที่

กาวเครือขาวออกดอก ในเดือนพฤศจิกายนนั้นมีจำนวนชั่วโมงแสงแดดต่อวันเฉลี่ยเท่ากับ 8.98 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงวันสั้น (ภาพผนวกที่ 1) ซึ่งอาจส่งผลต่อการออกดอกของกาวเครือขาวได้ พบว่าในถั่วเหลืองหากได้รับแสงไม่เกิน 10 ชั่วโมงต่อวันจะออกดอกเร็ว หากได้รับแสงยาวกว่านี้จะเปลี่ยนไปเป็นการเจริญเติบโตทางลำต้น (วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ, 2540) และมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18.70-31.80 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36.9-90.6 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 70.9 มิลลิเมตร (ภาพผนวกที่ 2, 3, 4, 5 และ 6) ยุทธนา สมิตะสิริและชรินทร์วังใจ (2529) รายงานไว้ว่า กาวเครือขาวมีการติดฝักน้อยและมีการหลุดร่วงของดอกมากในช่วงที่แห้งแล้งและมีฝนตกน้อย นั่นคือปริมาณความชื้นในดินมีผลต่อการติดฝักและเมล็ดของกาวเครือขาว ซึ่งการขาดน้ำในช่วงออกดอกและติดฝักจะทำให้อัตราการร่วงของดอกและฝักเพิ่มขึ้น (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2542) สอดคล้องกับ ทรงเขว๋ อินสมพันธ์และคณะ(2531) รายงานไว้ว่า การขาดน้ำของถั่วเหลืองมีผลทำให้ผลผลิตลดลงถึง 58-65 เปอร์เซ็นต์และผลผลิตจะลดลงมากที่สุดถ้าขาดน้ำในระยะสร้างฝัก เนื่องจากเกิดการหลุดร่วงของฝักและเมล็ดดิบไม่สมบูรณ์

กระบวนการเกิดและพัฒนาของดอกกาวเครือขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM)

จากผลการทดลองสามารถแบ่งระยะการพัฒนาดอกกาวเครือขาวออกเป็น 10 ระยะ คือ

1. ระยะ Vegetative phase

เป็นระยะที่มีการพัฒนาทางด้านกิ่งก้านสาขา ก่อนที่จะเจริญและพัฒนาเป็นดอก มีการพัฒนาของปุ่มกำเนิดใบ(Leaf primordia: LP) และเซลล์เนื้อเยื่อเจริญตาดอกตรงกลาง (Inflorescence primordia: IP) มีลักษณะแบน ยังไม่มีการนูนขึ้นมา (ภาพที่ 8 A และ B) สอดคล้องกับมานี วิวัฒน์วงศานา (2533) ที่พบว่าพืชตระกูลถั่วมีรูปร่างลักษณะของตาดอกเป็นรูปกลม (Dome shape) และจะมีลักษณะแบนเมื่อยังไม่สร้างตาดอก

2. ระยะ Inflorescence primordia induction phase

เป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงในระยะแรกของการเกิดดอก โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของปุ่มตาช่อดอก (Inflorescence primordia : IP) โดยเนื้อเยื่อตรงกลางจะเริ่มมีการขยายตัวและนูนขึ้นมา และมีการพัฒนาของปุ่มใบที่ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งต่อไปจะพัฒนาเป็นใบประกอบ แบบ 3 ใบย่อยโดยสมบูรณ์ (ภาพที่ 8 C) ลิลลี่ กาวีตะ (2546) รายงานว่าเปลี่ยนแปลงของพืชจากระยะเติบโตทางลำต้นเปลี่ยนเป็นดอก ปลายยอดในระยะแรกจะมีลักษณะเป็น โคมเตี้ยๆ และต่อมาปลายยอดจะเริ่มขยายตัวเกิดปุ่มอวัยวะต่างๆ

3. ระยะ Inflorescence primordia initiation phase

ในระยะนี้มีการเจริญของปุ่มตาช่อดอก (Inflorescence primordia: IP) เพิ่มขึ้น มีลักษณะโค้งงอ ซึ่งจะมีการพัฒนาเป็นช่อดอกต่อไป และยังมีการพัฒนาของปุ่มริ้วประดับ (Bract primordia: BP) บริเวณโดยรอบตาช่อดอก (ภาพที่ 8 D) Tucker (1984) รายงานว่าพืชในอนุวงศ์ Papilionoideae ที่มีดอกเป็นแบบ Raceme จะมีการพัฒนาของริ้วประดับ (Bract) บริเวณด้านข้างปลายช่อดอก

4. ระยะ Inflorescence primordia and bract primordia development phase

เป็นระยะที่มีการเจริญและขยายตัวของปุ่มตาช่อดอก (Inflorescence primordia: IP) เพิ่มขึ้น และมีการเจริญของปุ่มริ้วประดับ (Bract primordia: BP) ในช่อดอกเพิ่มขึ้น ซึ่งเจริญอยู่โดยรอบช่อดอก (ภาพที่ 8 E และ F) นอกจากนี้ตรงซอกด้านในของริ้วประดับ (Axil of bract) จะมีการเจริญของปุ่มตาดอกย่อย (Floral primordia: FP) ในแต่ละช่อดอกจะมีตาดอกย่อยที่มีระยะแตกต่างกันคือ ดอกย่อยที่อยู่ด้านล่างของช่อดอกจะเกิดและพัฒนา ก่อนดอกย่อยที่อยู่ด้านบนของช่อดอกและจำนวนของดอกย่อยในแต่ละช่อดอกจะขึ้นอยู่กับความยาวของช่อดอก (ภาพที่ 8 G และ H) สอดคล้องกับรายงานของ Tucker (1984) พบว่าพืชตระกูลถั่วจะมีการเจริญของดอกในช่อดอกจากด้านล่างสู่ด้านบนของช่อดอก

5. ระยะ Floral primordia induction phase

เป็นระยะที่เริ่มมีการพัฒนาของปุ่มดอกย่อย (Floral primordia: FP) โดยตาดอกย่อยจะมีลักษณะแบนเรียบ ไม่มีการนูนขึ้นมา (ภาพที่ 8 I) สอดคล้องกับมานี วิวัฒนวงศ์ (2533) ที่พบว่าพืชตระกูลถั่วมีรูปร่างลักษณะของตาดอกเป็นรูปกลม (Dome shape) และจะมีลักษณะแบนเมื่อยังไม่สร้างตาดอก

6. ระยะ Floral primordia and Sepal initiation phase

ระยะนี้ปุ่มตาดอกย่อย (Floral primordia: FP) เริ่มขยายตัว มีลักษณะนูนขึ้นมา และเริ่มมีการเจริญและพัฒนาของปุ่มก้านกลีบเลี้ยง (Sepal primordia: S) บริเวณด้านข้างของตาดอกย่อย (ภาพที่ 8 J และ K) Tucker (2000) รายงานว่าพืชในอนุวงศ์ Papilionoideae ที่มีดอกเป็นแบบ Raceme เมื่อมีการเจริญของช่อดอก (Inflorescence) แล้วนั้นจะเริ่มพัฒนาตาดอกย่อย (Floral) ที่บริเวณซอกด้านในของริ้วประดับ

7. ระยะ Carpel and Petal induction phase

เป็นระยะที่เริ่มมีการพัฒนาของปุ่มก้านเกสรตัวเมีย (Carpel primordia: CP) โดยเกิดการขยายตัวและนูนขึ้นมา และเริ่มมีการพัฒนาของปุ่มกลีบดอก (Petal primordia: PP) (ภาพที่ 8 L) Tucker (1987) รายงานว่าพืชในอนุวงศ์ Papilionoideae ส่วนใหญ่มีดอกที่มีอวัยวะต่างๆเป็นแบบสมมาตร (Zygomorphic symmetry)

8. ระยะ Petal and Stamen initiation phase

ในระยะนี้มีการพัฒนาของปมกลีบดอก (Petal primordia : PP) มองเห็นเป็นรูปร่างที่ชัดเจนขึ้น โดยกาวเครือขาวมีกลีบดอก จำนวน 5 กลีบ คือ กลีบดอกใหญ่ (Standard petal หรือ Vexillum petal : V) จำนวน 1 อัน กลีบดอกข้าง (Wing petal : W) จำนวน 2 อัน และกลีบดอกใน (Keel petal : K) จำนวน 2 อัน และมีการพัฒนาของปมกำเนิดเกสรตัวผู้ (Stamen primordia) ซึ่งจะเกิดเป็นวงรอบปมกำเนิดเกสรตัวเมีย (Carpel primordia : CP) ปมกำเนิดอับเกสรตัวผู้ (Anther: A) วงนอกจะเกิดก่อนวงใน สอดคล้องกับการศึกษาของ Tucker (1987) ที่พบว่า การเจริญของดอกพืชในวงศ์ Papilionoideae นั้นจะมีการพัฒนาของ Petal, Stamen และ Carpel ในเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งการเกิด Petal และ Carpel จะเกิดในเวลาเดียวกัน ส่วน Stamen จะเจริญก่อนการพัฒนาของกลีบดอกสุดท้าย (ภาพที่ 8 M, N และ O)

9. ระยะ All organ development phase

เป็นระยะที่มีการเจริญของอวัยวะต่างๆของดอกจนครบถ้วน คือ กลีบดอก (Petal) จำนวน 5 กลีบ ได้แก่ กลีบดอกใหญ่ (Standard petal หรือ Vexillum petal: V) จำนวน 1 อัน กลีบดอกข้าง (Wing petal : W) จำนวน 2 อัน และกลีบดอกใน (Keel petal : K) จำนวน 2 อัน เกสรตัวผู้ (Stamen) ที่ประกอบด้วยอับเกสรตัวผู้ (Anther: A) 10 อัน แบ่งเป็นอับเกสรตัวผู้วงนอก(A) 5 อัน และอับเกสรตัวผู้วงใน (a) มี 5 อัน และ เกสรตัวเมีย (Carpel: C) ระยะนี้มีการเจริญและพัฒนาของทุกๆส่วนให้มีความใหญ่ขึ้น และเริ่มมีการเจริญของขน (Epidermal hairs: EH) ปกคลุมบริเวณปลายเกสรตัวเมีย (Carpel: C) (ภาพที่ 8 P, Q, R และ S) ลิลลี่ กาวีตะ (2546) พบว่าการเจริญเติบโตของอวัยวะต่างๆ ภายในดอกจะดำเนินต่อไปเพื่อสร้างโครงสร้างต่างๆ จนครบ และจะหยุดลงเมื่อมีการปฏิสนธิ (Fertilization)

10. ระยะ End of reproduction phase

ระยะนี้มีการพัฒนาของกลีบดอก (Petal) ขึ้นมาปิดอวัยวะต่างๆของดอกทั้งหมดและมีขนปกคลุมบริเวณเกสรตัวเมีย(Carpel: C) มากขึ้น และ ก้านชูอับเกสรตัวผู้(Filament) มีการยืดยาวขึ้น ทำให้เห็นอับเกสรตัวผู้(Anther: A) ชูขึ้นมาเหนือกลีบดอกอย่างชัดเจน(ภาพที่ 8 T, U และ V)

ลักษณะดอกของกาวเครือขาวสอดคล้องกับรายงานของชวลิต นิยมธรรม (2538) พบว่า มีลักษณะดอกเป็นดอกช่อ (ภาพที่ 10 A และ B) ดอกที่อยู่ส่วนล่างสุดจะบานและแก่ก่อนดอกที่อยู่เหนือขึ้นไป และลักษณะดอกเป็นแบบดอกถั่ว (ภาพที่ 10 C) ทิพย์วรรณ สดาก (2546) รายงานว่า กาวเครือขาวมีกลีบดอกจำนวน 5 กลีบ มีสีน้ำเงินอมม่วง ดอกมีลักษณะสมมาตรทางด้านข้าง และกลีบดอกแยกเป็นกลีบดอกใหญ่ (Standard petal) 1 อัน กลีบดอกข้าง (Wing petal) 2 อัน และกลีบดอกใน (Keel petal) 2 อัน และมีเกสรตัวผู้ 10 อัน

เปรียบเทียบการเจริญและการพัฒนาของดอกกวาวเครือขาวในแต่ละทริตเมนต์

กวาวเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ มีการพัฒนาของดอกเร็วที่สุด 226.75 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวาวเครือขาวที่ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้น้ำ (กลุ่มควบคุม) ที่ออกดอกเมื่อ 235.75 วัน และพบว่ากวาวเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีการพัฒนาดอกช้าที่สุด ออกดอกที่อายุ 238.25 วัน (ตารางที่ 2) เนื่องจากธาตุโบรอนช่วยส่งเสริมการงอกและพัฒนาของละอองเรณู ทำให้การสร้างและพัฒนาของเมล็ดสมบูรณ์ ไม่ได้กระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อดอก (ขงยุทธ โอสภสกา, 2543) ดังนั้นจึงไม่น่าจะมีผลเร่งการเจริญของเนื้อเยื่อดอก กวาวเครือขาวที่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ เริ่มการพัฒนาดอกเร็วที่สุด คือพบระยะ Inflorescence primordia induction phase ก่อนทริตเมนต์อื่น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมในปริมาณที่เพียงพอ จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านลำต้นและทางด้านการเจริญพันธุ์ที่ดี (ขงยุทธ โอสภสกา, 2543) Hopkin (1999) รายงานว่าเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบที่ดี ทำให้มีการสะสมอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเนื้อเยื่อต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการแบ่งส่วน (Partitioning) ไปยังอวัยวะต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง โดยเฉพาะในระยะออกดอก ดอกและเมล็ดเป็นอวัยวะที่มีอัตราการดึงดูดอาหารจากส่วนต่างๆ มาได้มาก ดังนั้นหากพืชที่มีการออกดอกก่อนจะมีการสะสมอาหารไว้ในดอกได้มากและส่งผลต่อการติดฝักและติดเมล็ดด้วย และกระบวนการเกิดดอกและการพัฒนาของดอกพืชในแต่ละระยะจะรวดเร็วและสมบูรณ์ ก็ต่อเมื่อได้รับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญที่ระดับเหมาะสม (Tucker, 2000) ซึ่งการได้รับธาตุฟอสฟอรัสสูงในช่วงออกดอกจะส่งเสริมให้มีการสร้างดอกได้ดี การพัฒนาแต่ละระยะการเจริญเป็นไปอย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับรายงานของประสาร ฉลาดคิด (2546) ที่พบว่ากวาวเครือขาวที่ปลูกในแปลงทดลองที่มีการให้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 15 กรัมต่อต้น ทุกๆ 2 เดือนและให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ จะออกดอกเร็วกว่ากวาวเครือขาวในธรรมชาติประมาณ 2 เดือน

สรุปผลการวิจัย

กวางเครือขาวที่ให้น้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีความยาวช่อดอก จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกวางเครือขาวที่ไม่ให้น้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้น้ำ NAA (กลุ่มควบคุม) และกวางเครือขาวที่ให้น้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีความยาวฝักยาวที่สุด การให้น้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และให้น้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัม ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้กวางเครือขาวมีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากที่สุด

ระยะการพัฒนาดอกกวางเครือขาวสามารถแบ่งได้เป็น 10 ระยะ ได้แก่ Vegetative phase, Inflorescence primordia induction phase, Inflorescence primordia initiation phase, Inflorescence primordia and bract primordia development phase, Floral primordia induction phase, Floral primordia and Sepal initiation phase, Carpel and Petal induction phase, Petal and Stamen initiation phase, All organ development phase, End of reproduction phase

กวางเครือขาวที่ได้รับน้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ มีการพัฒนาดอกเร็วที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกวางเครือขาวที่ไม่ให้น้ำปุ๋ยสูตร 12-24-12 ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน และไม่ให้น้ำ NAA และกวางเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีการพัฒนาดอกช้าที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงการจัดทรีตเมนต์ทดลองแบบ Factorial in RCBD ศึกษาการออกดอก ติดฝักและ
ติดเมล็ดของกวางเครือขาว

ทรีตเมนต์		วิธีทดลอง
ทรีตเมนต์ที่ 1	(T1)	กลุ่มควบคุม (ไม่ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 + ไม่ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน + ไม่ให้สาร NAA
ทรีตเมนต์ที่ 2	(T2)	ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่
ทรีตเมนต์ที่ 3	(T3)	ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm
ทรีตเมนต์ที่ 4	(T4)	ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ + ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm
ทรีตเมนต์ที่ 5	(T5)	ให้สาร NAA 100 ppm
ทรีตเมนต์ที่ 6	(T6)	ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ + ให้สาร NAA 100 ppm
ทรีตเมนต์ที่ 7	(T7)	ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm + ให้สาร NAA 100 ppm
ทรีตเมนต์ที่ 8	(T8)	ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ + ให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm + ให้สาร NAA 100 ppm

ตารางที่ 2 แสดงวันออกดอกของกวางเครือขาวในแต่ละทรีตเมนต์ โดยนับตั้งแต่วันฉีดพ่นสารครั้งแรก (ตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2546 - วันออกดอก)

ทรีตเมนต์	วันออกดอก (วัน)**
กลุ่มควบคุม	235.75 c ^{1/}
ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัม/ไร่	226.75 a
แคลเซียมโบรอน 10 ppm	238.25 d
ปุ๋ย 12-24-12 + แคลเซียมโบรอน 10 ppm	234.50 c
NAA 100 ppm	231.00 b
ปุ๋ย 12-24-12 + NAA 100 ppm	231.00 b
แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm	235.00 c
ปุ๋ย 12-24-12 + แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm	234.75 c

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

** วันออกดอก นับจากวันฉีดพ่นสารครั้งแรกจนถึงวันพบระยะ Inflorescence primordia induction phase ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Stereo microscopy)

ภาพที่ 1 แผนผังแปลงปลูกกวางเครือขาว ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

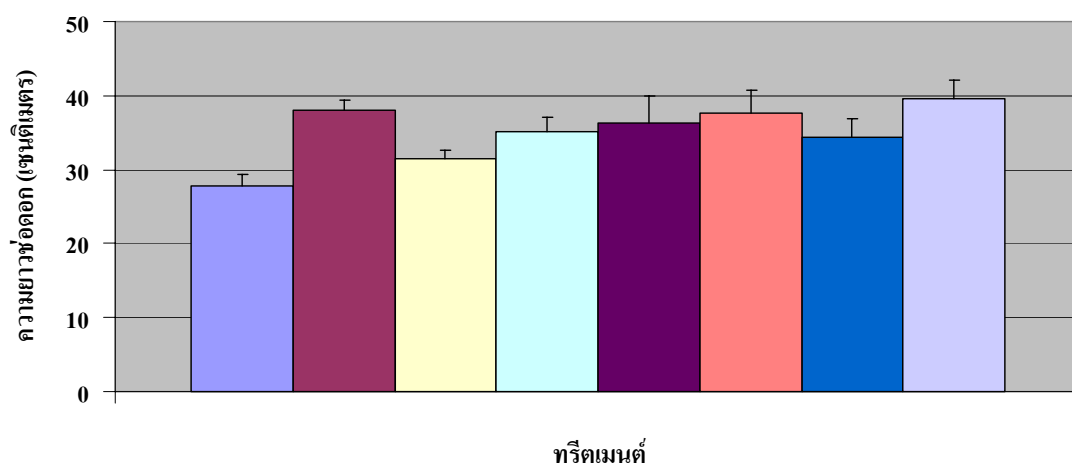
G แทน กวางเครือขาวที่ปลูกเป็น Guard row

T แทน ทรีตเมนต์ของการทดลอง

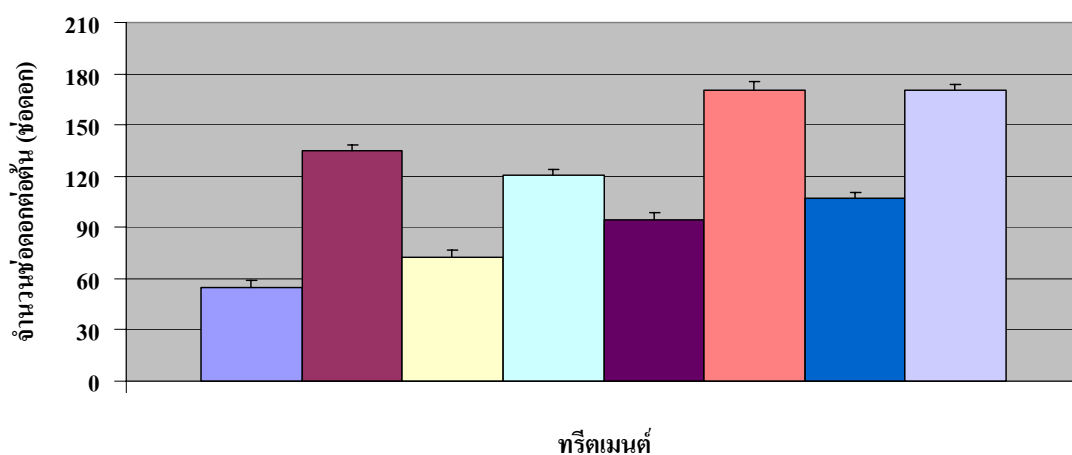
R แทน ซ้ำของการทดลอง

G	G	BLOCK I		G	BLOCK II		G	BLOCK III		G	BLOCK IV		G
		T5R1	T5R1		T6R2	T6R2		T7R3	T7R3		T2R4	T2R4	
		T3R1	T3R1		T8R2	T8R2		T4R3	T4R3		T3R4	T3R4	
		T1R1	T1R1		T1R2	T1R2		T3R3	T3R3		T8R4	T8R4	
		T8R1	T8R1		T3R2	T3R2		T5R3	T5R3		T5R4	T5R4	
		T4R1	T4R1		T7R2	T7R2		T1R3	T1R3		T4R4	T4R4	
		T2R1	T2R1		T5R2	T5R2		T6R3	T6R3		T7R4	T7R4	
		T6R1	T6R1		T2R2	T2R2		T2R3	T2R3		T1R4	T1R4	
		T7R1	T7R1		T4R2	T4R2		T8R3	T8R3		T6R4	T6R4	
	G			G			G			G			

ภาพที่ 2 แสดงความยาวช่อดอกและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวาวเครือขาวที่ได้รับการปฏิบัติในแต่ละทรีตเมนต์



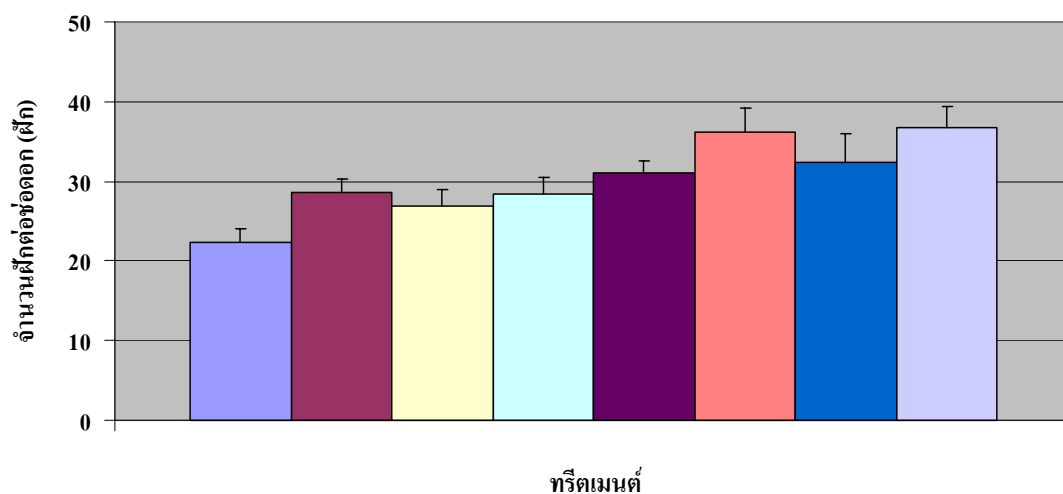
ภาพที่ 3 แสดงจำนวนช่อดอกต่อต้นและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวาวเครือขาวที่ได้รับการปฏิบัติในแต่ละทรีตเมนต์



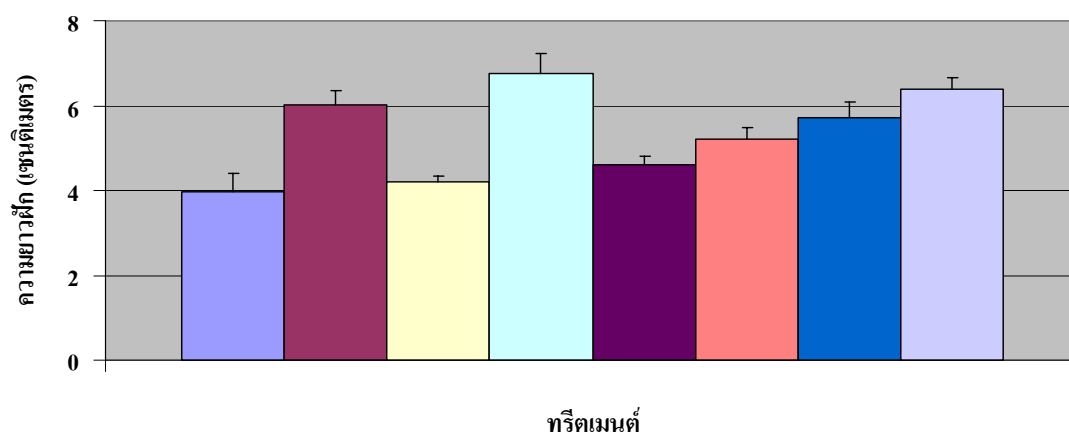
- กลุ่มควบคุม
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่
- แคลเซียมโบรอน 10 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + แคลเซียมโบรอน 10 ppm
- NAA 100 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + NAA 100 ppm
- แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + NAA 100 ppm + แคลเซียมโบรอน 10 ppm

I คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)

ภาพที่ 4 แสดงจำนวนฝักต่อช่อดอกและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวที่ได้รับการปฏิบัติในแต่ละทรีตเมนต์



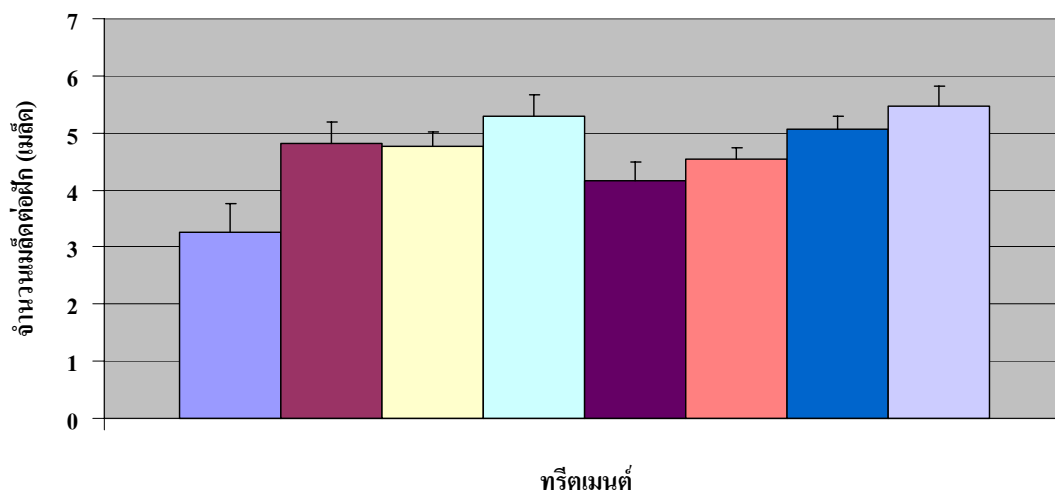
ภาพที่ 5 แสดงความยาวฝักและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวที่ได้รับการปฏิบัติในแต่ละทรีตเมนต์



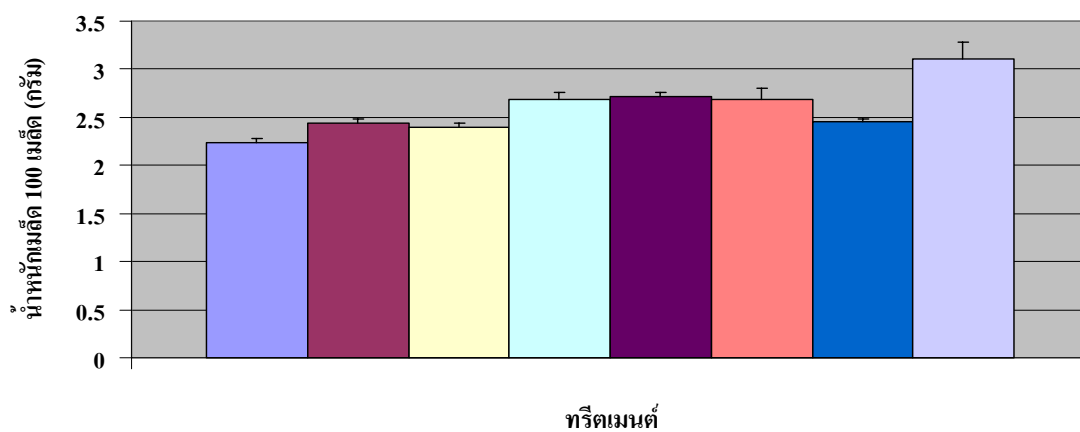
- กลุ่มควบคุม
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่
- แคลเซียมโบรอน 10 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + แคลเซียมโบรอน 10 ppm
- NAA 100 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + NAA 100 ppm
- แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + NAA 100 ppm + แคลเซียมโบรอน 10 ppm

I คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)

ภาพที่ 6 แสดงจำนวนเมล็ดต่อฝักและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวที่ได้รับการปฏิบัติในแต่ละทรีตเมนต์



ภาพที่ 7 แสดงน้ำหนัก 100 เมล็ดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกวางเครือขาวที่ได้รับการปฏิบัติในแต่ละทรีตเมนต์



- กลุ่มควบคุม
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่
- แคลเซียมโบรอน 10 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + แคลเซียมโบรอน 10 ppm
- NAA 100 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + NAA 100 ppm
- แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm
- ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัมต่อไร่ + NAA 100 ppm + แคลเซียมโบรอน 10 ppm

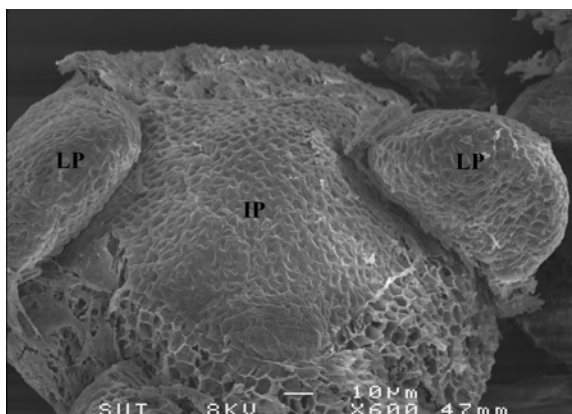
I คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)

ภาพที่ 8 แสดงระยะต่างๆ ของการเกิดดอกของกวาวเครือขาว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM)

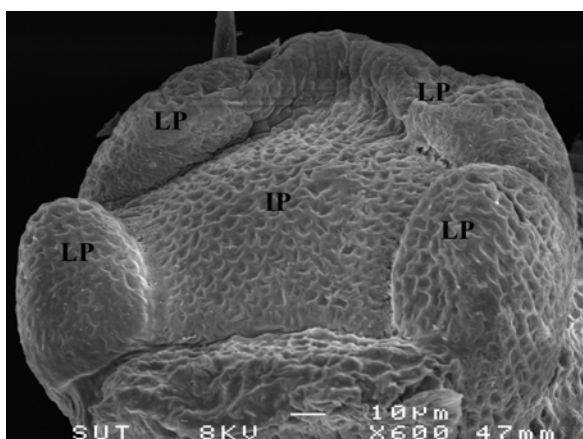
- A : Vegetative Phase** มีการพัฒนาทางด้านกิ่งก้านสาขา ก่อนที่จะเจริญและพัฒนาเป็นดอก มีการพัฒนาของปุ่มกำเนิดใบ (Leaf primordia: LP) และเซลล์เนื้อเยื่อเจริญตาดอกตรงกลาง (Inflorescence primordia : IP) มีลักษณะแบน ยังไม่มีการนูนขึ้นมา
- B :** เซลล์เนื้อเยื่อเจริญตรงกลาง (Inflorescence primordia: IP) เริ่มมีการขยายตัว เพื่อพัฒนาเป็นช่อดอก
- C : Inflorescence primordia induction phase** มีการเปลี่ยนแปลงในระยะแรกของการเกิดดอก โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของปุ่มตาช่อดอก (Inflorescence primordia: IP) โดยเนื้อเยื่อตรงกลางจะเริ่มมีการขยายตัวและนูนขึ้นมา และมีการพัฒนาของปุ่มใบ (Leaf primordia: LP) ที่ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งต่อไปจะพัฒนาเป็นใบประกอบ แบบ 3 ใบย่อยโดยสมบูรณ์

ภาพที่ 8 แสดงระยะต่างๆ ของการเกิดดอกของกวาวเครือขาว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM)

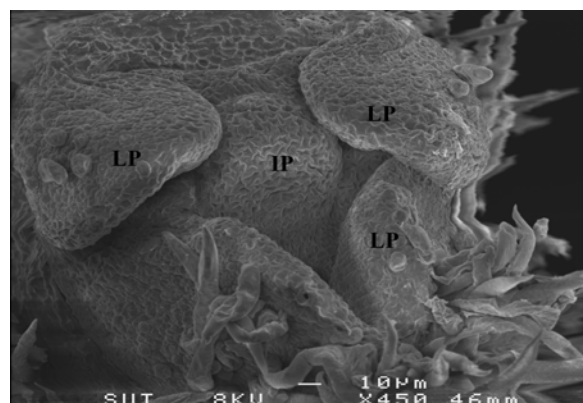
A



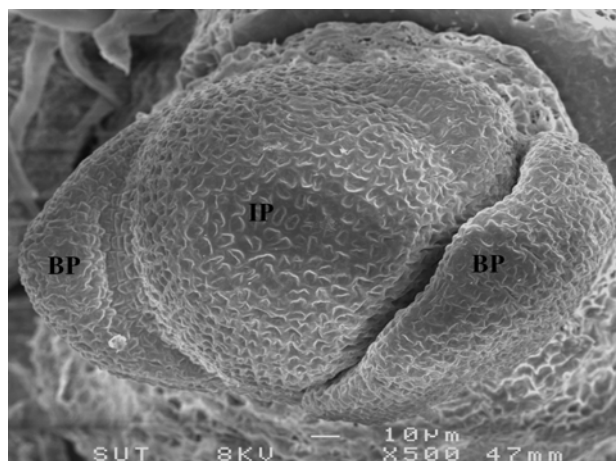
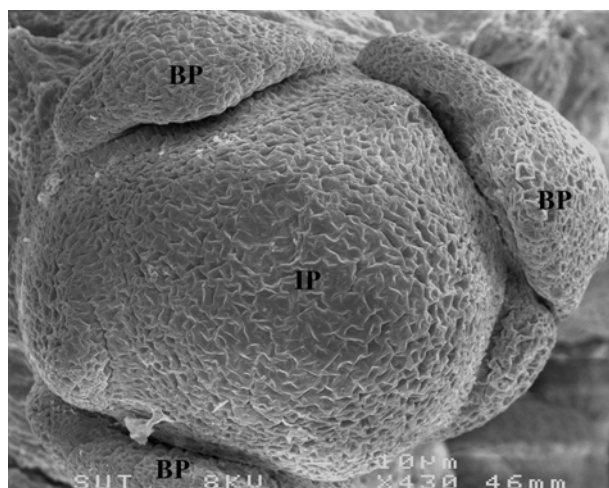
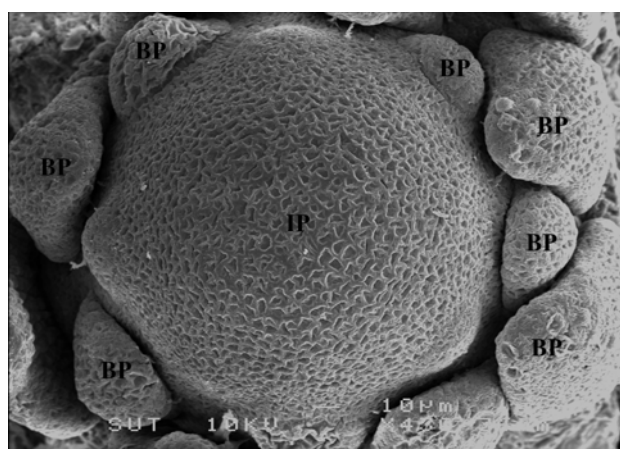
B



C



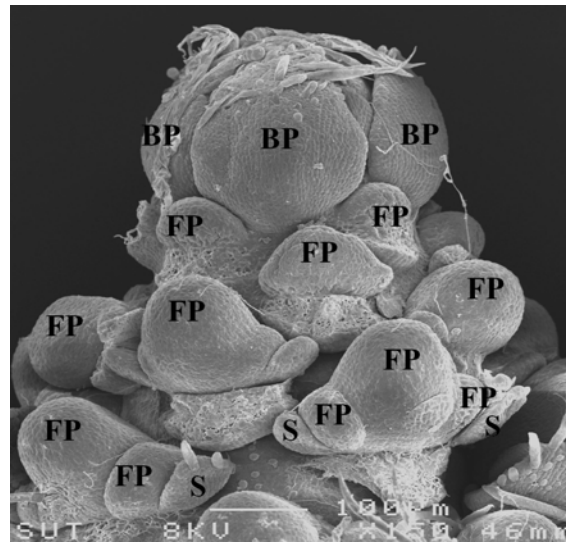
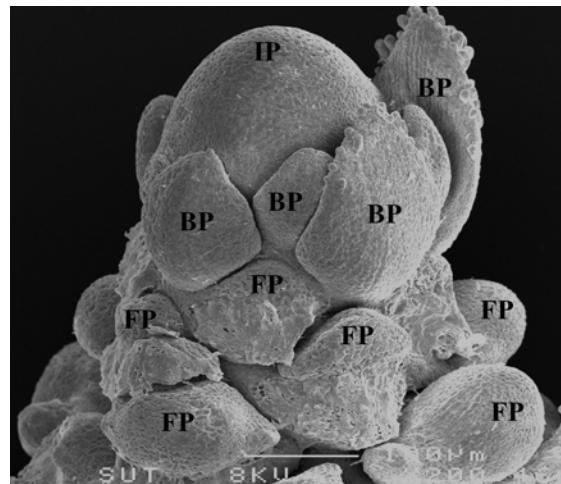
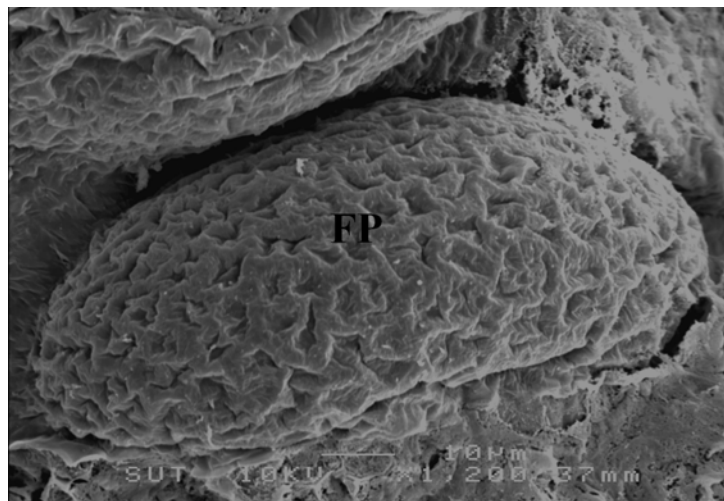
- D : Inflorescence primordia initiation phase** มีการเจริญของปุ่มตาช่อดอก (Inflorescence - primordia: IP) เพิ่มมากขึ้น มีลักษณะโค้งงอ ซึ่งจะมีการพัฒนาเป็นช่อดอกต่อไป และมีการพัฒนาของปุ่มรีวประดับ (Bract primordia: BP) บริเวณรอบตาช่อดอก
- E : Inflorescence primordia and bract primordia development phase** มีการเจริญและยืดยาวของปุ่มตาช่อดอก (Inflorescence primordia: IP) เพิ่มขึ้นมีปุ่มรีวประดับ (Bract primordia : BP) ในช่อดอกเพิ่มขึ้น
- F :** มีการเจริญและพัฒนาของช่อดอก (Inflorescence primordia: IP) ให้ยืดยาวมากขึ้น และมีปุ่มรีวประดับ (Bract primordia: BP) ที่อยู่โดยรอบช่อดอกมากขึ้น

D**E****F**

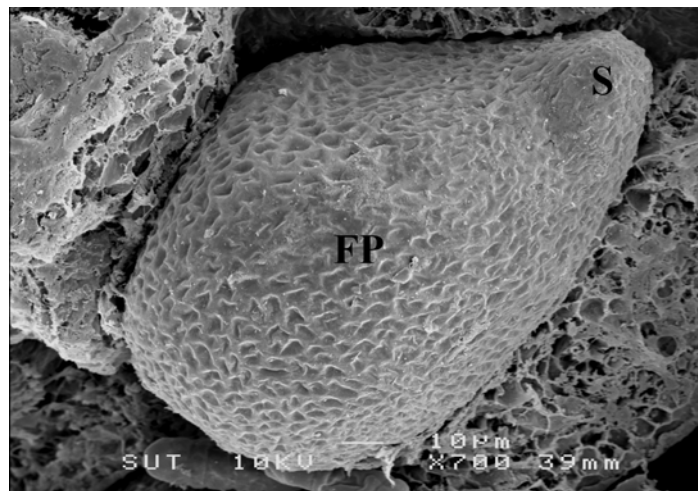
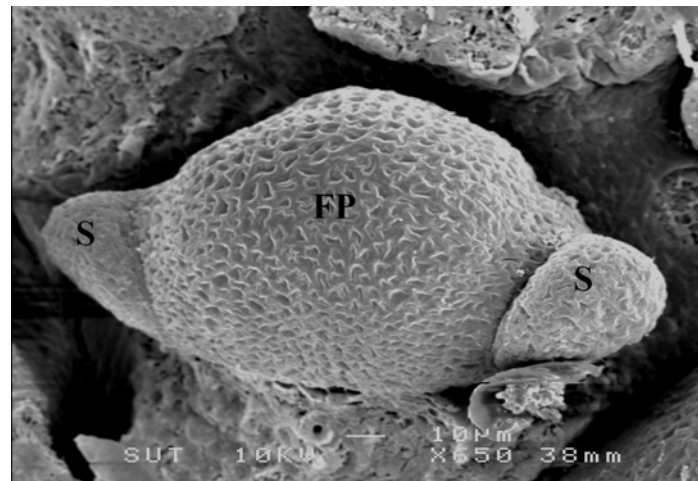
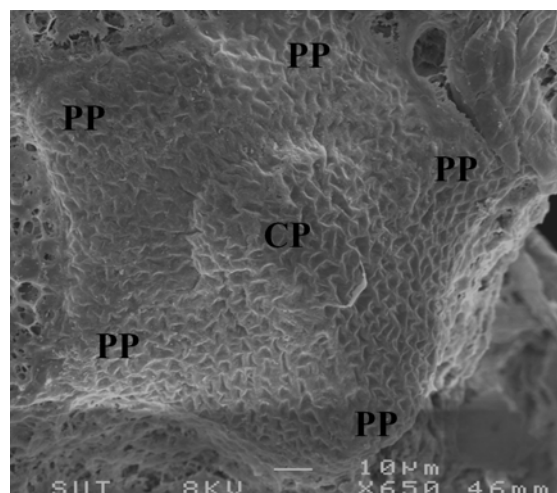
G : มีการพัฒนาของปุ่มตาดอกย่อย(Floral primordia: FP)ในช่อดอก ซึ่งมีการพัฒนาจากดอกย่อยที่อยู่ด้านล่างสุดของช่อดอกก่อนและพัฒนาต่อเนื่องจนถึงด้านบนของช่อดอก

H : มีการยืดยาวของช่อดอกเพิ่มขึ้นและการพัฒนาของปุ่มตาดอกย่อย(Floral primordia: FP)ในช่อดอกมากขึ้น

I : **Floral primordia induction phase** เริ่มมีการพัฒนาของปุ่มตาดอกย่อย (Floral primordia: FP) โดยปุ่มตาดอกย่อยจะมีลักษณะแบนเรียบ ไม่มีการนูนขึ้นมา

G**H****I**

- J : Floral primordia and Sepal initiation phase** ปุ่มตาดอกย่อย (Floral primordia: FP) เริ่มขยายตัว มีลักษณะนูนขึ้นมา และเริ่มมีการเจริญและพัฒนาของปุ่มกำเนิดกลีบเลี้ยง (Sepal primordia: S) บริเวณด้านข้างของตาดอกย่อย
- K :** มีการขยายตัวของปุ่มตาดอกย่อย (Floral primordia: FP) เพิ่มขึ้นและมีการพัฒนาของปุ่มกำเนิดกลีบเลี้ยง (Sepal primordia: S) เพิ่มขึ้นข้างปุ่มตาดอกย่อย
- L : Carpel and Petal induction phase** มีการพัฒนาของปุ่มกำเนิดเกสรตัวเมีย (Carpel-primordia: CP) โดยเกิดการขยายตัวและนูนขึ้นมา และเริ่มมีการพัฒนาของปุ่มกลีบดอก (Petal primordia: PP)

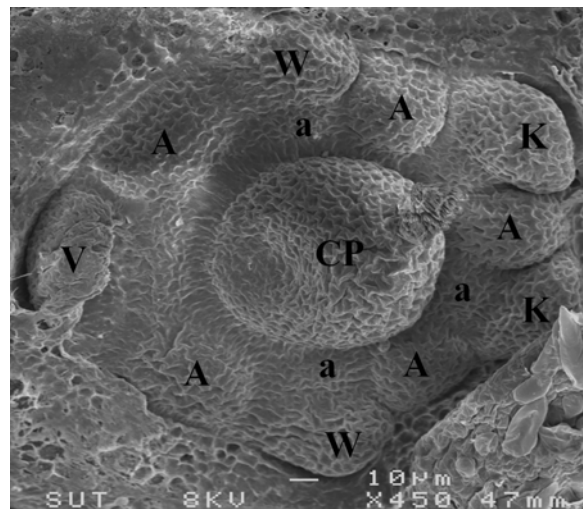
J**K****L**

M : **Petal and Stamen initiation phase** มีการพัฒนาของปุ่มกลีบดอก (Petal primordia: PP) มองเห็นเป็นรูปร่างที่ชัดเจนขึ้น โดยกาวาวเครือขาวมีกลีบดอก จำนวน 5 กลีบ คือ กลีบดอกใหญ่ (Standard petal หรือ Vexillum petal: V) จำนวน 1 อัน กลีบดอกข้าง (Wing petal : W)จำนวน 2 อัน และกลีบดอกใน (Keel petal: K) จำนวน 2 อัน

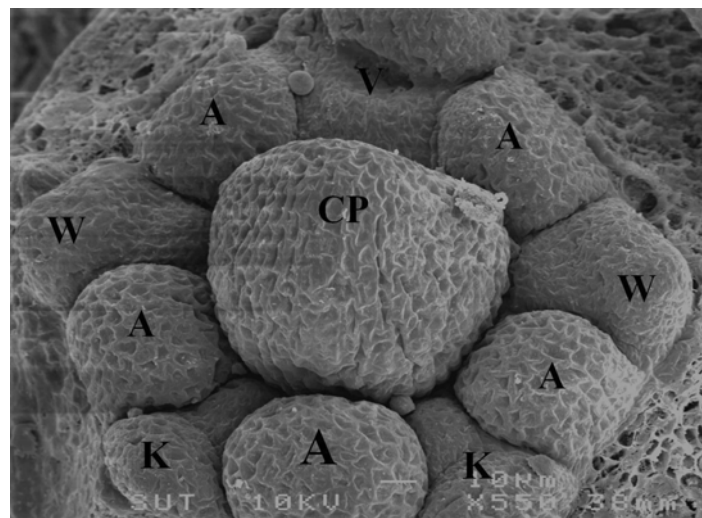
N : มีการพัฒนาของปุ่มกำเนิดเกสรตัวผู้ (Stamen primordia) ที่ประกอบด้วยอับเกสรตัวผู้(Anther:A) ซึ่งจะเกิดเป็นวงรอบปุ่มกำเนิดเกสรตัวเมีย(Carpel primordia: CP) ปุ่มกำเนิดอับเกสรตัวผู้วงนอกจะเกิดก่อนวงใน

O : มีการพัฒนาของปุ่มกลีบดอกใหญ่ (Standard petal หรือ Vexillum petal: V) จำนวน 1 อัน กลีบดอกข้าง (Wing petal: W) จำนวน 2 อัน และกลีบดอกใน (Keel petal: K) จำนวน 2 อัน และปุ่มอับเกสรตัวผู้(Anther: A) ขยายเพิ่มขึ้น

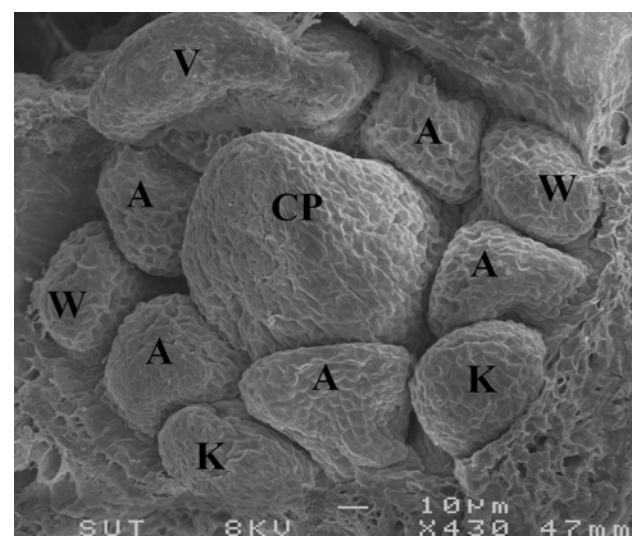
M



N



O

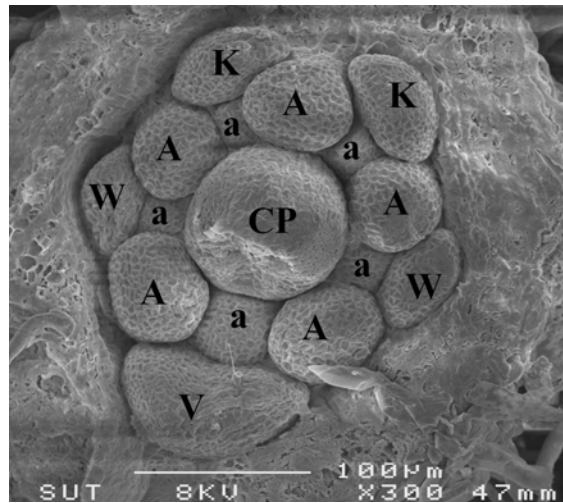


P : **All organ development phase** มีการเจริญของอวัยวะต่างๆของดอกจนครบถ้วน คือ กลีบดอก (Petal)จำนวน 5 กลีบ ได้แก่ กลีบดอกใหญ่ (Standard petal หรือ Vexillum petal: V) จำนวน 1 อัน กลีบดอกข้าง (Wing petal: W) จำนวน 2 อัน และกลีบดอกใน (Keel -petal :K) จำนวน 2 อัน เกสรตัวผู้ (Stamen) ที่ประกอบด้วยอับเกสรตัวผู้ (Anther: A) 10 อัน แบ่งเป็นเกสรตัวผู้วงนอก (A) 5 อัน และเกสรตัวผู้วงใน (a) มี 5 อัน และ เกสรตัวเมีย (Carpel: C)

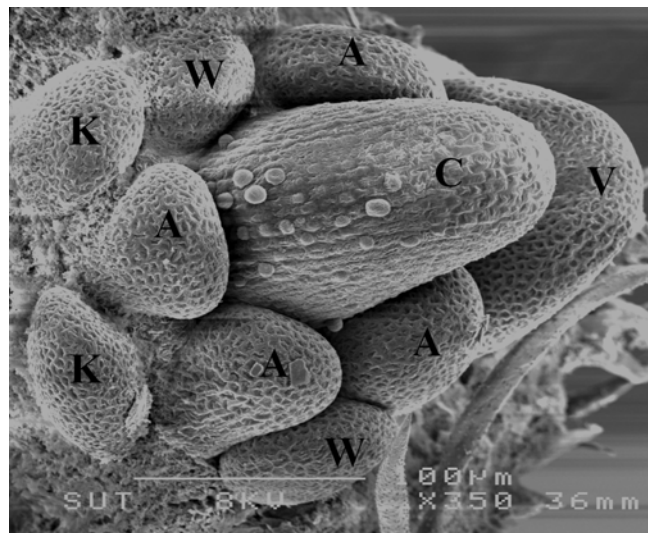
Q : มีการเจริญและพัฒนาของอวัยวะทุกส่วนใหญ่ขึ้น

R : ระยะนี้มีการพัฒนาของอวัยวะต่างๆให้มีขนาดใหญ่และยืดยาวขึ้นมา เริ่มมีจุดเจริญบนบนปลายเกสรตัวเมีย(Carpel: C)

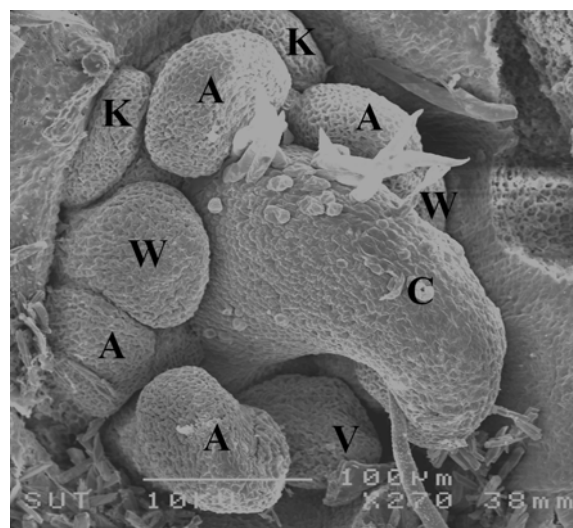
P



Q



R

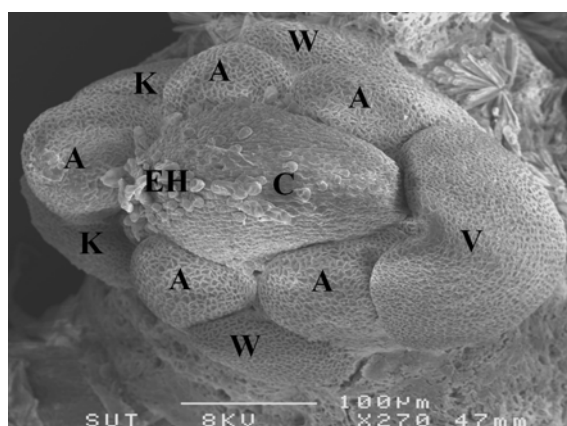


S : มีการพัฒนาของอวัยวะต่างๆและพัฒนาเป็นรูปร่างดอกที่ชัดเจนมากขึ้น มีขน(Epidermal-hairs: EH) ปกคลุมบริเวณปลายเกสรตัวเมีย (Carpel: C)

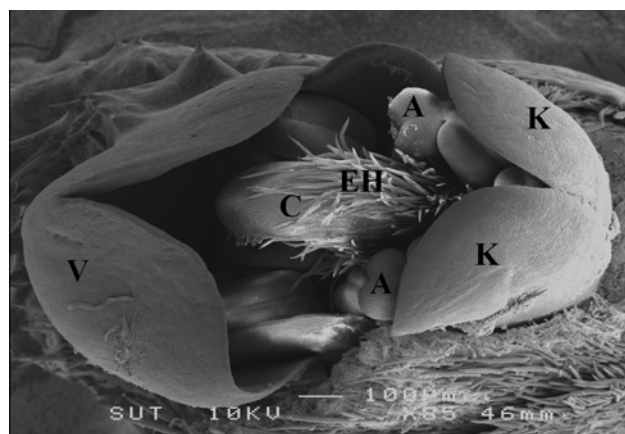
T : **End of reproduction phase** มีการพัฒนาของกลีบดอก (Petal) ขึ้นมาปิดอวัยวะต่างๆของดอกทั้งหมด และมีขนปกคลุมบริเวณเกสรตัวเมีย (Carpel: C) มากขึ้น

U : มีการยืดยาวของก้านอับเกสรตัวผู้ ทำให้เห็นอับเกสรตัวผู้ (Anther: A) ได้ชัดเจน

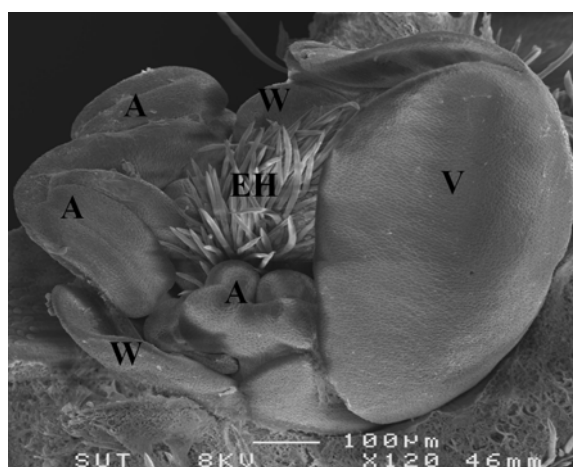
S



T

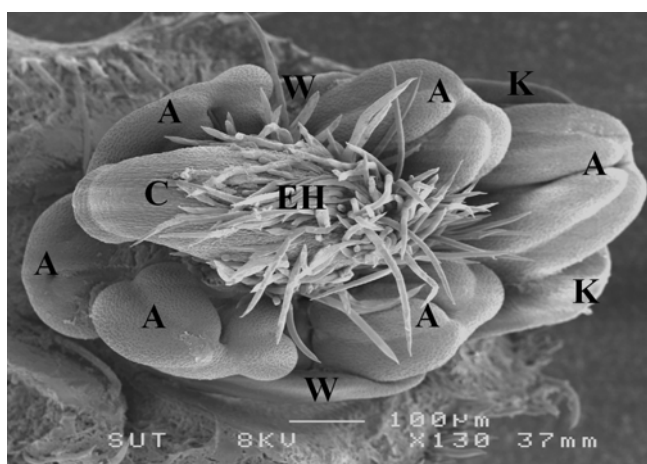


U



V : ก้านชูอับเกสรตัวผู้ (Filament) มีการยืดยาวขึ้นทำให้เห็นอับเกสรตัวผู้ (Anther: A) ชูขึ้นมาเหนือกลีบดอกอย่างชัดเจนและมีขนขึ้นปกคลุมบริเวณเกสรตัวผู้มากขึ้น

V





A



B



C

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะฝักกวาวเครือขาว (A) เมล็ดกวาวเครือขาว 100 เมล็ด (B) และลักษณะ
เมล็ดกวาวเครือขาวลีบและเมล็ดสมบูรณ์ (C)



A



B



C

ภาพที่ 10 แสดงต้นกวาวเครือขาวระยะออกดอก (A) ลักษณะช่อดอกกวาวเครือขาว (B) และ
ลักษณะดอกกวาวเครือขาว (C)

รายการอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2542). สาธารณสุขย้าจุดยืนต่อการพัฒนาแพทย์แผนไทยและสมุนไพร:
กรณีศึกษากวาวเครือขาว. เอกสารแถลงข่าวกระทรวงสาธารณสุข. 7 ตุลาคม 2542.
- กรมวิชาการเกษตร. (2543). การปลูกพืชตระกูลถั่ว. [ออนไลน์]. ได้จาก
<http://www.doae.go.th/library/html/detail/linn.htm>.
- ชวลิต นิยมธรรม. (2538). กวาวเครือขาว อนุกรมวิธานอักษร ก. ราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ.
- ทิพย์พรรณ สดากร. (2546). ถั่วสารพัดประโยชน์. กองคุ้มครองพันธุ์พืช สำนักวิจัยพัฒนา
เทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร.
- ทรงเขว๋ อินสมพันธ์, วีรชัย ศรีวัฒนาพงศ์, อรรถพร คณาเจริญพงศ์ และพฤกษ์ ยิบมันสิริ. (2531).
งานวิจัยการผลิตถั่วเหลืองในระบบการปลูกพืชในพื้นที่เกษตรกรรมเขตที่ดอนอาศัยน้ำฝน. ใน
เอกสารรายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วเหลืองครั้งที่ 3. วันที่ 21-23 กุมภาพันธ์
2531. สถาบันเทคโนโลยีเกษตรแม่โจ้.
- ธระ สุจวัน. (2484). รายงานเบื้องต้นส่วนของกาวเครือขาวที่แสดงฤทธิ์ในเชิง Oestrogenic:
จดหมายเหตุฯแพทย์สมาคม. 24(2): 83-91.
- เชียรชัย อารยางค์กูร, สมศักดิ์ โคตรพงศ์, นันทกร บุญเกิด และ ปรีชา วดีศิริศักดิ์. (2536). การศึกษา
ระดับปุ๋ยฟอสเฟตที่ช่วยให้ไรโซเบียมตรึงไนโตรเจนสูง. ในรายงานผลการวิจัยประจำปี
2536. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- นิสากร ปานประสงค์. (2542). กวาวเครือขาวความหวังสมุนไพรไทย. บทความพิเศษวารสาร
UPDATE. กันยายน-ตุลาคม. หน้า 40-45.
- ประสาร ฉลาดคิด. (2544). สิ่งแวดล้อมกับการเจริญเติบโตในรอบปีของกาวเครือขาว. การ
ประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย ครั้งที่ 3 วันที่ 18-19
กรกฎาคม 2544. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ประสาร ฉลาดคิด. (2546). อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การออก
ดอก การติดฝักและเมล็ดและการสะสมสาร Daidzein และ Genistein ในหัวกาวเครือขาว
(*Pueraria candollei* Grah. var. *mirifica*). วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก สาขาวิชา
เทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
93 น.
- พีรเดช ทองอำไพ. (2537). สอรั่มพืชและสารสังเคราะห์. แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- เพิ่มพูน กิรติกลีกร. (2531). ผลงานวิจัยชาตอาหารเสริมกับพืชตระกูลถั่วที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารดินและปุ๋ย. 16:155-167.
- เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ . (2541). การใช้กาวเครือในแพทย์แผนไทยและแพทย์พื้นบ้าน. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องกาวเครือ. กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์.
- ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2540). สถิติเพื่อการวิจัยและวางแผนการตลาด. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- มานี วิวัฒน์วงศานา. (2533). สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุษนา สมิตะสิริและชรินทร์ วัจใจ. (2529). ชีวิตวิทยาบางประการของกาวเครือขาว: ดอก ฝักและเมล็ด. ในเอกสารการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่12. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ขงยุทธ โอสดสภา. (2543). ชาตอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลิลลี่ กาวีตะ. (2546). การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนการของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. (2537). สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. (2542). เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิชัย เชิดชีวะศาสตร์. (2541). ข้อเสนอแนะและทิศทางการวิจัยกาวเครือในอนาคต. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องกาวเครือ. (หน้า 36-38). กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์.
- วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ . (2540). อุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.
- สุนทร สุขสมัย และ กวีศรี วานิชกุล. (2536). ผลของออกซินต่อการกระตุ้นช่อดอกสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ . (2544). สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมภพ ประธานธรรักษ์. (2542). กาวเครือและไฟโตเอสโตรเจน. การประชุมวิชาการเภสัชกรรมประจำปี 2542: เภสัชกรพัฒนาเพื่อการพึ่งพาตัวเอง.(หน้า 25-41). กรุงเทพฯ: เภสัชกรรมสมาคมแห่งประเทศไทย.
- อนุสารสุนทร. (2474). ตำราหัวกาวเครือ. เชียงใหม่. โรงพิมพ์อุปดิพงศ์.
- อรดี สหวัชรินทร์. (2541). แนวทางการคัดเลือกพันธุ์ ขยายพันธุ์และการปลูกกาวเครือ. ในเอกสาร

- ประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่องกวาวเครือ. (หน้า 37-43). กรุงเทพฯ: สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์.
- Barry , D. A. And Miller, M. H. (1986). Phosphorus nutrition requirement of mize seedling for maximum yield. **Agro. J.** 81:95-99.
- Dell, B. and Huang, L. (1997). Physiological response of plant to low boron. **Plant and soil.** 193:103-120
- Hopkin, W. G. (1999). **Introduction of plant physiology.** 2nd ed. The University of Western Ontario. USA.
- Knight, D. C and Eden, J. A. (1996). A Review of the clinical effect of phytoestrogen. **Obstetrics and Gynecology.** 87(5): 897-904.
- Manakasem Y. and Goodwin, P. B. (1998). Using the floral status of strawberry plant, as Determine by stereomicroscopy and scanning electron microscopy, to survey the phenology of comercial crops. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4): 513-517.
- Marschner . (1995). **Mineral nutrition of higher plant.** Second edition . Academic Press, New York.
- Maxie, E.C. and J.C. Crane. (1967). Effect of Auxin on growth and maturation of the fig(*Ficus carica*). **Fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.** 92: 255-267
- Moncur, M. W. (1988). Floral development of tropical and subtropical fruit and nut species : An Atlas of Scanning Electron Microscope:SIRO, Melbourne.
- Richard , N. A. (1996). **Plant growth substances principle and applications.** The Pensylvania State University, New York. 47-57
- Shelp, B. J. (1993). **Physiology and biochemistry of boron in plant.** CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Sattler, R. (1973). **Organogenesis of flowers.** University of Toronto Press. Toronto.
- Sthapit , B. R. (1998). Study of wheat sterility problem in hill, tar and tera of Nepal. Legume agricultural centre. Technical paper No. 16.
- Tucker, S. C. (1984). Unidirectional organ initiation in leguminous flowers. **Am. J. Bot.** 71: 1139-1148.
- Tucker, S. C. (1987). Psuedoraseme in papilionoid legume : their nature, development and variation. **Bot. J. Linn. Soc.** 95: 181-206.
- Tucker, S. C. (2003). Floral development in legumes. **Plant physiology.** 131: 911-926.

บทที่ 4

ศึกษาการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหารของกาวเครือขาว

บทคัดย่อ

กาวเครือขาว(*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*) เป็นพืชที่มีสาร Coumestrol เป็นองค์ประกอบ มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน ปัจจุบันได้นำกาวเครือขาวมาผลิตเป็นอาหารเสริมสุขภาพ เครื่องสำอางและใช้เป็นยา แต่มีปัญหาความสม่ำเสมอของคุณภาพและปริมาณสารสำคัญในหัว เป็นอุปสรรคต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ วัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารต่อการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหารของกาวเครือขาว ทำการทดลองในปี 2546-2547 ที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 4 ซ้ำ จัดเป็น 4 ทรีตเมนต์ คือ ทรีตเมนต์ที่ 1 กลุ่มควบคุม(ฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่น) ทรีตเมนต์ที่ 2 ฉีดพ่นด้วยสาร CuCl_2 1,000 ppm ทรีตเมนต์ที่ 3 ฉีดพ่นด้วยสาร MnCl_2 1,000 ppm และทรีตเมนต์ที่ 4 ฉีดพ่นด้วยสาร FeCl_2 1,000 ppm พบว่าการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm มีผลทำให้กาวเครือขาวมีปริมาณ Coumestrol มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm มีปริมาณ Coumestrol มากที่สุด และการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm ไม่มีผลต่อการเจริญของหัวกาวเครือขาว โดยมีขนาดหัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม กาวเครือขาวที่ฉีดพ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 มีขนาดหัว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของหัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ความแน่นเนื้อของหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ

กวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Grah var. *mirifica*) เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยาอายุวัฒนะมาเป็นเวลานาน โดยมีองค์ประกอบของไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ได้มีรายงานการแยกสารสกัดจากกวาวเครือขาวที่ออกฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจน ในการศึกษาระยะแรกมีรายงานว่า หัวกวาวเครือขาวมีสารไมโรเอสโตรล (Miroestrol) เป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ มีฤทธิ์เทียบเท่า 1/4 ของเอสโตรเจนชนิด 17β-estradiol (Cain, 1960) ต่อมาพบว่า มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ ไดออกซีไมโรเอสโตรล (Deoxymiroestrol) (Chansakaow et al., 2000) และสารสำคัญอื่นๆอีก เช่น Coumestrol Genistin Genistein Daidzein และ Puerarin เป็นต้น (Cain, 1960 ; Harborn, 1994; Ingham et al., 1989; สมภพ ประชนธรรักษ์, 2542) จากการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอย่างต่อเนื่องพบว่า สาร Coumestrol มีการแสดงฤทธิ์เป็นฮอร์โมนเอสโตรเจนอย่างอ่อน (Ingham et al., 1989) และพบว่า กวาวเครือขาว 1 มิลลิกรัม ออกฤทธิ์เทียบเท่ากับเอสโตรเจนชนิด เอทินิลเอสตรา-ไดออล (Ethinyl estradiol) 0.48-0.60 ไมโครกรัม (รัชนิ เพชรช้าง , 2531; Smitasiri et al., 1986) จากการศึกษาผลของกวาวเครือขาวต่อหนูเพศเมียที่ยังไม่โตเต็มวัยและรังไข่ถูกตัดออก พบว่า หนูกลุ่มที่ได้รับเอสโตรเจนจากกวาวเครือขาว มีน้ำหนักมดลูกสด น้ำหนักมดลูกแห้ง และปริมาณของเหลวในมดลูกมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ตัดรังไข่อย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีของหนูเพศผู้ พบว่าการให้กวาวเครือขาวในปริมาณสูง มีผลทำให้อัณฑะ ต่อมลูกหมากและเซมินอลเวสิเคิล (Seminal- vesicle) เล็กลง รวมทั้งการสร้างอสุจิและจำนวนการเคลื่อนที่ของอสุจิตลดลงด้วย (อุตร จรรยาธรรม, 2526) ยุทธนา สมิตะสิริและสันติ ศักดารัตน์ (2538) รายงานว่าสามารถใช้ผงกวาวเครือขาวคั่วคั่วเนคกพิราบได้ 100 เปอร์เซ็นต์อีกด้วย โดยคลุกกับข้าวสุกเป็นอาหารของนกพิราบ Smitasiri and Kuramoshi (1998) พบว่าการให้กวาวเครือขาวชนิดผงแก่อาสาสมัครผู้หญิงชาวญี่ปุ่น จำนวน 50 ราย อายุระหว่าง 20-49 ปี ในปริมาณ 10-600 มิลลิกรัม พบว่าร้อยละ 72 ของจำนวนอาสาสมัครทั้งหมด มีขนาดทรงอกใหญ่ขึ้น วิรุฬ จันทรศิษฐ์และคณะ (2544) รายงานว่าเมื่อใช้กวาวเครือขาวเป็นฮอร์โมนทดแทน เพื่อลดอาการในสตรีวัยหมดประจำเดือน (Climateric symptom) พบว่าคะแนนอาการ Climateric ในสตรีวัยหมดประจำเดือนลดลง แต่พบอาการข้างเคียงคือ อาการเลือดออกกระปริดกระปรอย นอกจากนี้สายัณห์ สวัสดิ์ศรี และคณะ (2542) พบว่า สารสกัดจากกวาวเครือขาวสามารถป้องกันเซลล์สมองตายเนื่องจากการได้รับสารต่างๆที่เป็นพิษต่อระบบประสาท เช่น Glutamate, Hydrogen peroxide และ Amyloid protein โดยอาจออกฤทธิ์ผ่าน Estrogen receptor นอกจากนี้ในกวาวเครือขาวแล้วยังมีการศึกษาผลของ Coumestrol ที่สกัดจากถั่วเหลืองต่อหนูเพศเมียที่ถูกตัดรังไข่ โดยให้ Coumestrol ปริมาณ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวของหนูเพศเมีย พบว่าช่วยลดการเกิดภาวะกระดูกพรุนที่มีสาเหตุจากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนได้ นอกจากนี้

Coumestrol ยังมีฤทธิ์ต่อการการทำงานของระบบประสาท คือ ช่วยเพิ่มการแสดงออกของ Estrogen receptor mRNA (Whitten et al., 2001) Nogowski (1999) รายงานว่า การให้ Coumestrol 200 ไมโครกรัมต่อวันแก่หนูขาวที่ถูกตัดรังไข่ มีผลทำให้มีการสะสมของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในกล้ามเนื้อและทำให้ระดับไกลโคเจน (Glycogen) ในกล้ามเนื้อและตับลดลง

ชนิษฐา ทองโปร่งและยุทธนา สมิตะสิริ (2530) รายงานว่า กวาวเครือขาวที่พบในพื้นที่แตกต่างกันมีฤทธิ์ต่อสัตว์ทดลองต่างกัน พบว่า กวาวเครือขาวที่เก็บจาก อ. สันป่าตอง อ. ดอยสะเก็ด และ อ. แม่ริม ใน จังหวัดเชียงใหม่ มีฤทธิ์ของฮอร์โมนเอสโตรเจนสูงกว่ากวาวเครือขาวที่เก็บมาจาก อ. เมือง และ อ. หางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งคาดว่าอาจเป็นผลมาจากธาตุอาหารในดินแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน จึงมีผลต่อปริมาณการสะสมสารสำคัญของหัวกวาวเครือขาวที่ต่างกัน Takashi et al. (1990) พบว่า การให้ CuCl_2 แก่ตัว Kudzu (*Pueraria montana* var. *lobata*) มีผลทำให้ปริมาณ Daidzein Genistein และ Coumestrol เพิ่มขึ้น 5-10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Andrew et al. (1994) ยังรายงานไว้ว่า การให้สารโลหะหนัก เช่น CuCl_2 , FeCl_2 และ MnCl_2 แก่ตัว อัลฟาฟา (*Medicago sativa* L.) ทำให้มีการสร้าง Isoflavone เพิ่มขึ้น แต่จากรายงานของ Wallnofer and Engelhardt (1984) พบว่าเมื่อพืชได้รับธาตุทองแดง (Cu) มากเกินไปจะมีผลทำให้เกิดอาการใบด่างและมีรากแฉะแฉกรีน (Stunt brownish lateral root) ส่วนการได้รับแมงกานีสมากเกินไปทำให้พืชมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง และลดการยืดยาวของราก (Langheinrich et al., 1992) การเกิดพิษเมื่อได้รับธาตุเหล็กมากเกินไปทำให้ใบไหม้ (Mengle and kirkby, 1987) ลดการเจริญของใบ และรากแขนง (Ares et al., 1996) และลดอัตราการเจริญเติบโตของพืช (Snowden and Wheeler, 1993)

ปัจจุบันได้มีการนำกวาวเครือขาวมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆมากขึ้น เช่น ด้านการแพทย์ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ เป็นต้น ความต้องการกวาวเครือขาวทั้งในประเทศและต่างประเทศจึงมีมากขึ้น แต่ปัญหาสำคัญในขณะนี้ คือ ยังไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณสารสำคัญในหัวกวาวเครือขาวได้ ดังนั้นการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและปริมาณสารสำคัญของกวาวเครือขาวในกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจและการวิจัยด้านเทคโนโลยีการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จะให้ข้อมูลในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งปัจจุบันยังมีการศึกษาน้อยอยู่ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของธาตุอาหาร คือ ธาตุเหล็ก ธาตุทองแดง และธาตุแมงกานีส ต่อการสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือขาว ผลที่ได้รับจากงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนา การปรับปรุงคุณภาพกวาวเครือขาวให้มีสารไฟโต- เอสโตรเจนในปริมาณสูง เพื่อนำไปสู่การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีคุณภาพต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย

ทำการทดลองเมื่อพฤษภาคม 2546 - ตุลาคม 2547 ที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ต้นกวางเครือขาวอายุ 3 ปี ระยะปลูก 2x2 เมตร แหล่งพันธุ์จากจังหวัดกาญจนบุรี

การเตรียมแปลงปลูก

ตัดแต่งกิ่งก่อนการทดลอง เตรียมต้นกวางเครือขาวในแปลงปลูก โดยใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 3 เดือน

แผนการทดลองและการฉีดพ่นสาร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Completely Block Design) จำนวน 4 ซ้ำ จัดการทดลองเป็น 4 ทริตเมนต์ คือ ทริตเมนต์ที่ 1 กลุ่มควบคุม (ฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่น) ทริตเมนต์ที่ 2 ฉีดพ่นด้วยสาร CuCl_2 1,000 ppm ทริตเมนต์ที่ 3 ฉีดพ่นด้วยสาร MnCl_2 1,000 ppm และทริตเมนต์ที่ 4 ฉีดพ่นด้วยสาร FeCl_2 1,000 ppm รายละเอียดแสดงในภาพที่ 1

การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm โดยฉีดพ่นสารที่ใบของกวางเครือขาวให้ทั่วทั้งต้น เริ่มฉีดพ่นเมื่อกวางเครือขาวอยู่ในระยะใบเพสลาด ฉีดพ่น 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 3 สัปดาห์ ดังนี้

ฉีดพ่นครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2546

ฉีดพ่นครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 2546

ฉีดพ่นครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2546

ในช่วงการทดลองให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ 2 วัน/ครั้ง

การศึกษาการเจริญเติบโตของหัวกวางเครือขาว

หลังการฉีดพ่นสารจนครบทั้ง 3 ครั้ง เว้นระยะเวลาไว้ 1 เดือน จึงชั่งหัวกวางเครือขาวเพื่อเก็บข้อมูล บล็อกละ 2 ต้น หาค่าเฉลี่ยของแต่ละบล็อกโดยเก็บข้อมูลดังนี้

- (1) วัดขนาดของหัวกวางเครือขาว โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ สุ่มวัดรอบหัว จำนวน 20 หัวต่อต้น แล้วหาค่าเฉลี่ย
- (2) หาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อต้น จำนวน 4 ซ้ำต่อทริตเมนต์โดยชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

(3) วัดความแน่นเนื้อของหัวกวาวเครือขาวในหน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ วัดหัวกวาวเครือขาว 20 หัวต่อต้นแล้วหาค่าเฉลี่ย

(4) คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหัว จาก น้ำหนักสด - น้ำหนักแห้ง X100

.....

น้ำหนักแห้ง

โดยชั่งน้ำหนักสด และอบแห้งหัวกวาวเครือขาวในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหัวกวาวเครือขาว โดยใช้กวาวเครือขาว 20 หัวต่อต้น

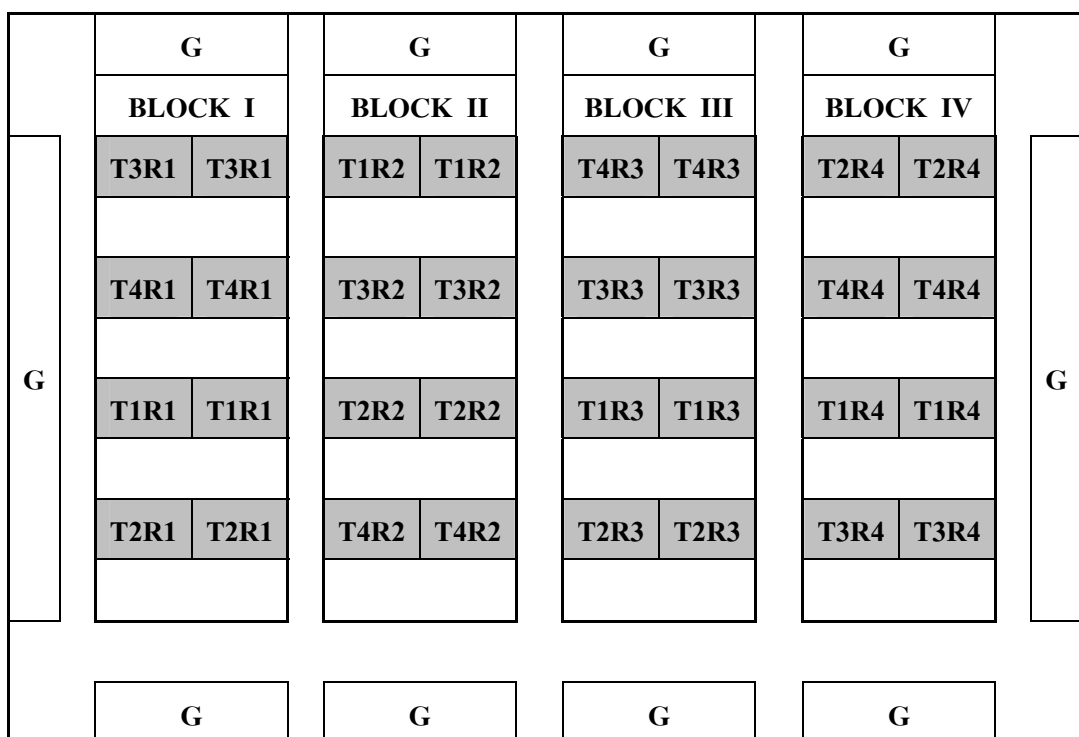
วิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT Version 3/93 วิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก ของขนาดหัว น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความแน่นเนื้อของหัว เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหัวและปริมาณ Coumestrol ในหัวกวาวเครือขาว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's New Multiple Rang Test)

ภาพที่ 1 แผนผังแปลงปลูกกวาวเครือขาว ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

G แทน กวาวเครือขาวที่ปลูกเป็น Guard row

T แทน ทรีตเมนต์ของการทดลอง

R แทน ซ้ำของการทดลอง



การตรวจหาสาร Coumestrol

1. การสกัดสาร Coumestrol (Khanna Q. Anupama et al. , 1999)

- 1) ล้างหัวกวาวเครือขาว ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นบางๆ แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง
- 2) บดหัวกวาวเครือขาวที่อบแห้งแล้วให้เป็นผงละเอียด
- 3) ชั่งผงกวาวเครือขาวบดละเอียดจำนวน 20 กรัม ผสมด้วยเมทานอล 200 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
- 4) กรองสารสกัดจาก 3) ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
- 5) ปั่นเหวี่ยงสารสกัดจาก 4) ที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
- 6) แยกสารละลายใสจาก 5) ระเหยตัวทำละลายโดยลดความดันด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary vacuum evaporator) จนเหลือสารละลาย 5 มิลลิลิตร

2. การตรวจหาหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญ

- 1) นำสารสกัดกวาวเครือขาว มาเจือจางในสัดส่วนสารสกัด 1 ส่วนต่อเมทานอล 20 ส่วนโดยปริมาตร
- 2) Spot สารสกัดจากข้อ 1 บนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง ขนาด 10 X 10 เซนติเมตร ที่เคลือบด้วยซิลิกาเจล โดย Spot จุดละ 2 ไมโครลิตรด้วยไมโครปิเปต ให้ต่อเนื่องกันเป็นแถบ และ Spot สาร Coumestrol มาตรฐานบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางแผ่นเดียวกัน จุดละ 2 ไมโครลิตรให้ต่อเนื่องกันเป็นแถบเช่นเดียวกัน
- 3) ชะแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางจาก (2) ด้วยเฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase) ที่ประกอบด้วย คลอโรฟอร์มและเมทานอลในสัดส่วน 10:1 โดยปริมาตร (Eisenschenk L.-et al.,1994) ตรวจหาดำแหน่งของ Spot ภายใต้อัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 366 nm ใน Ultraviolet cabinet เปรียบเทียบกับตำแหน่งของ Coumestrol มาตรฐาน
- 4) ชูรวมสารที่มีค่า R_f เท่ากับค่า R_f ของสารมาตรฐานเข้าด้วยกัน และแยกชุดสารมาตรฐาน Coumestrol ออกจากแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง
- 5) สกัดสารออกจากซิลิกาเจลด้วยเอทานอล 200 ไมโครลิตร โดยปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบต่อนาที
- 6) แยกส่วนใสจากข้อ 5) ไปวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่สำคัญ โดยหยดลงบนแผ่นโปแตสเซียมโบรไมด์ที่อัดให้โปร่งแสงด้วยแรงดัน 15,000 ปอนด์ ทิ้งไว้ให้แห้ง ตรวจสอบอินฟราเรดสเปกตรัมด้วยเครื่อง FT-IR model spectrum GX ความถี่คลื่นในช่วง 4000-400 cm^{-1} เปรียบเทียบสเปกตรัมที่ได้กับสเปกตรัมของสาร Coumestrol มาตรฐาน

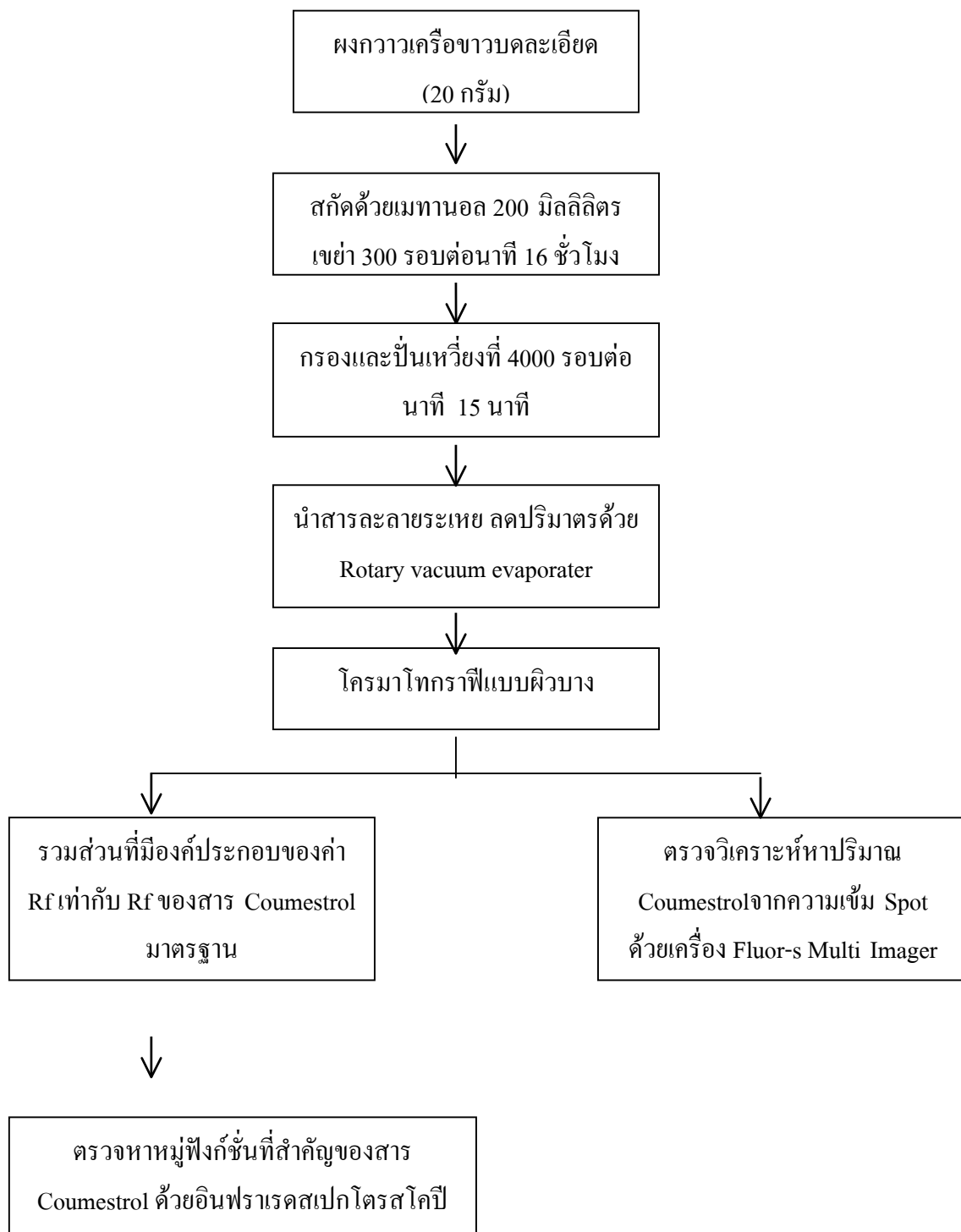
3. การวิเคราะห์ปริมาณสาร Coumestrol

1) Spot สาร Coumestrol มาตรฐานความเข้มข้น 20 ppm 30 ppm 40 ppm และ 50 ppm อย่างละ 1 จุด ลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางที่เคลือบด้วยซิลิกาเจล โดย Spot จุดละ 2 ไมโครลิตร แล้ว Spot สารสกัดจากกวาวเครือขาวที่ได้จากแต่ละทรีตเมนต์ๆละ 8 จุด (8 ซ้ำ) โดย Spot จุดละ 2 ไมโครลิตร บนแผ่นโครมาโทกราฟีผิวบางแผ่นเดียวกัน

2) ชะแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางด้วย เฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase) คลอโรฟอร์มและเมทานอลในอัตราส่วน 10 : 1 โดยปริมาตร (Eisenschenk L. et al.1994)

3) หาความเข้มของจุดต่างๆ (color density) บนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางที่ได้จากข้อ 2) ด้วยเครื่อง Fluor-s Multi Imager เปรียบเทียบความเข้มของจุดของสาร Coumestrol มาตรฐานกับจุดของสารสกัดกวาวเครือขาวจากแต่ละทรีตเมนต์ หาปริมาณ Coumestrol ด้วยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Standard curve) ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มของจุดกับปริมาณของ Coumestrol มาตรฐาน (ภาพภาคผนวกที่ 9) ซึ่งขั้นตอนต่างๆสรุปดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัด และการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสาร Coumestrol



ผลการทดลองและการอภิปรายผล

การเจริญเติบโตของหัวกวาวเครือขาว

ขนาดหัว

จากการศึกษาขนาดหัวโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางหลังการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm พบว่า CuCl_2 MnCl_2 และ FeCl_2 มีผลต่อการเจริญเติบโตของหัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) คือมีค่าเฉลี่ยของขนาดหัวเท่ากับ 78.55 , 74.16 และ 70.81 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 มีขนาดหัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยขนาดหัวเท่ากับ 82.69 เซนติเมตร ส่วนการฉีดพ่นด้วย MnCl_2 และ FeCl_2 มีขนาดหัวเล็กกว่ากลุ่มควบคุม (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ ขงยุทธ โอสธสภ (2543) ซึ่งพบว่าเมื่อฉีดพ่นธาตุเหล็ก ที่ความเข้มข้น 500 ppm แก่พืช จะทำให้เกิดอาการใบไหม้ เนื่องจากการตกค้างของธาตุโลหะหนักที่ผิวใบ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง และ Wallnofer and Engelhardt (1984) รายงานว่าเมื่อพืชได้รับธาตุทองแดง (Cu) มากเกินไปจะมีผลทำให้เกิดอาการใบด่าง (Chlorosis) และมีรากแคระแกร็น (Stunt brownish lateral root) ส่วนการได้รับแมงกานีสมากเกินไปทำให้พืชมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงและลดการยืดยาวของราก (Langheinrich et al., 1992) เมื่อได้รับธาตุเหล็กความเข้มข้นสูงจะลดการเจริญของใบและรากแขนง (Ares et al., 1996) และลดอัตราการเจริญเติบโตของพืช (Snowden and Wheeler, 1993)

น้ำหนักสด

พบว่า การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ทำให้น้ำหนักสดของหัวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดเท่ากับ 6695.55, 5455.06 และ 6061.42 กรัมตามลำดับ ซึ่งการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 MnCl_2 และ FeCl_2 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 8357.66 กรัม (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Marschner (1995) รายงานว่าเมื่อพืชอยู่ในสารละลายธาตุทองแดงความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อลิตร มีผลทำให้การสร้างคลอโรฟิลล์ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยา Peroxidation ของไขมันทำให้บริเวณ Thylakoid membrane ถูกทำลาย และประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงลดลง Horst (1988) รายงานว่า ผลของความเป็นพิษของแมงกานีส ทำให้พืชเกิดการขาดฮอร์โมนบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของลำต้นและราก เช่น ฮอร์โมนออกซิน (Auxin) ทำให้ลำต้นและรากมีการเจริญเติบโตลดลง Bergmann, 1992 พบว่า พืชที่ได้รับธาตุเหล็กมากเกินไปจะมีผลกระทบต่อการดูดซึมฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ของพืช ทำให้พืชมีอาการขาดฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากลดลง

น้ำหนักแห้ง

พบว่า การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ทำให้น้ำหนักแห้งของหัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) น้ำหนักแห้งของหัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 757.13, 586.68 และ 608.28 กรัมตามลำดับ ซึ่งการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 MnCl_2 และ FeCl_2 มีน้ำหนักแห้งของหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต่ำกว่าของกลุ่มควบคุมที่มีค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 939.18 กรัม (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจาก ธาตุทองแดง (Cu) ธาตุแมงกานีส (Mn) และธาตุเหล็ก (Fe) จัดเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย โดยทั่วไประดับความเข้มข้นของทองแดงในใบพืชตระกูลถั่วหลายชนิดอยู่ในช่วง 7-30 ppm (Johnson and Simon, 1979) Edward and Asher (1982) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อถั่วเหลืองปริมาณ 600 ppm สามารถทำให้เกิดเป็นพิษต่อพืชได้ ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง ยงยุทธ โอสดสภา (2543) รายงานไว้ว่าระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่เป็นพิษต่อพืช คือ สูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง การเกิดพิษต่อพืชจะทำให้การเจริญของใบ ลำต้นและรากลดลง

ความชื้น

พบว่า การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ไม่มีผลต่อความชื้นในหัว (ตารางภาคผนวกที่ 5) โดยหัวกวาวเครือขาวที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm FeCl_2 1,000 ppm และหัวกวาวเครือขาวของกลุ่มควบคุมมีความชื้น 88.72, 89.84 และ 88.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนหัวกวาวเครือขาวที่ฉีดพ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm มีค่าความชื้นของหัวเฉลี่ยเท่ากับ 90.57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าความชื้นของกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 2) ประสาร จลาตคิด (2546) รายงานว่า เมื่อให้ CuCl_2 1,000 ppm แก่กวาวเครือขาวที่อายุต่างกัน มีความชื้นหัวใกล้เคียงกันคือประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

ความแน่นเนื้อ

พบว่า การฉีดพ่น CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของหัว (ตารางภาคผนวกที่ 5) ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของหัวที่ได้จากการฉีดพ่นเท่ากับ 20.15, 19.23 และ 18.41 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ไม่ต่างจากค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของหัวจากกลุ่มควบคุมซึ่งเท่ากับ 19.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ขนาดหัว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของกวาวเครือขาวในกลุ่มทรีตเมนต์ต่างๆที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทรีตเมนต์	ขนาดหัว (มิลลิเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
กลุ่มควบคุม	82.69 c ^{1/}	8357.66 b	939.18 b
พ่นสาร CuCl ₂ 1000 ppm	78.55 bc	6695.55 a	757.13 a
พ่นสาร MnCl ₂ 1000 ppm	74.16 ab	5455.06 a	586.68 a
พ่นสาร FeCl ₂ 1000 ppm	70.18 a	6061.42 a	608.28 a

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์ความชื้น ความแน่นเนื้อ และปริมาณสาร Coumestrol ของกวาวเครือขาวในกลุ่มทรีตเมนต์ต่างๆที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทรีตเมนต์	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ความแน่นเนื้อ (กก./ลบ.ซม.)	ปริมาณ Coumestrol (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)
กลุ่มควบคุม	88.75 a ^{1/}	19.43 a	60.30 a
พ่นสาร CuCl ₂ 1000 ppm	88.72 a	20.15 a	150.85 c
พ่นสาร MnCl ₂ 1000 ppm	90.57 b	19.23 a	101.65 b
พ่นสาร FeCl ₂ 1000 ppm	89.84 ab	18.41 a	87.60 b

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

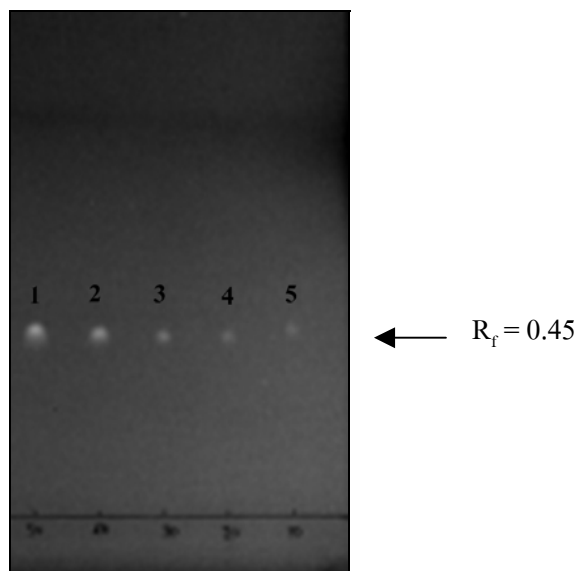
การตรวจหาสาร Coumestrol และการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญ

พบว่าในสารสกัดจากกวาวเครือขาว มีสารที่มีค่า Retention mobility (R_f) เท่ากับ R_f ของสาร Coumestrol มาตรฐาน คือเท่ากับ 0.45 (ภาพที่ 3 และ 4) เมื่อตรวจสอบอินฟราเรดสเปกตรัม พบว่ามีสเปกตรัมคล้ายกับสเปกตรัมของสาร Coumestrol มาตรฐาน (ภาพที่ 5 และ 6) โดยพบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญในบริเวณตำแหน่งต่างๆ ดังนี้ คือ มี Peak ตรงตำแหน่ง 1621 cm^{-1} ใกล้เคียงกับ Peak ตรงตำแหน่ง 1627 cm^{-1} ของสาร Coumestrol มาตรฐาน ซึ่งเป็น Peak ที่แสดงการสั่นของหมู่ฟังก์ชันของสารกลุ่มคอนจูเกตของอัลคีนแอโรมาติก (สมพงษ์ จันโพธิ์ศรี, 2537) Peak ตรงตำแหน่ง 1114 cm^{-1} ซึ่งใกล้เคียงกับ Peak ตรงตำแหน่ง 1046 cm^{-1} ของสาร Coumestrol มาตรฐาน ซึ่งเป็น Peak ที่แสดงการสั่นของสารที่มีพันธะ O-H ของหมู่ฟังก์ชันกลุ่มฟีนอลอยู่ (สมพงษ์ จันโพธิ์ศรี, 2537) และ Peak ตรงตำแหน่ง 3414 cm^{-1} และ 1384 cm^{-1} ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับ Peak ของสาร Coumestrol มาตรฐาน ซึ่ง Peak ตรงตำแหน่ง 3414 cm^{-1} แสดงการสั่นของสารที่มีพันธะดึง O-H (O-H Stretch) ในสารพวกฟีนอลและหรือ แอลกอฮอล์ซอล และ Peak ตรงตำแหน่ง 1384 cm^{-1} เป็น Peak ที่แสดงการสั่นของพันธะดึงของ C-O (C-O Stretch) ของสารกลุ่มเอสเทอร์ (วารุณี ขงสกุลโรจน์, 2537) ความถี่ของรังสีอินฟราเรดที่ดูดกลืนโดยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้นสารสกัดจากกวาวเครือขาวที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.45 น่าจะเป็นสาร Coumestrol จึงอาจสรุปได้ว่าในสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวมีสาร Coumestrol เป็นองค์ประกอบ

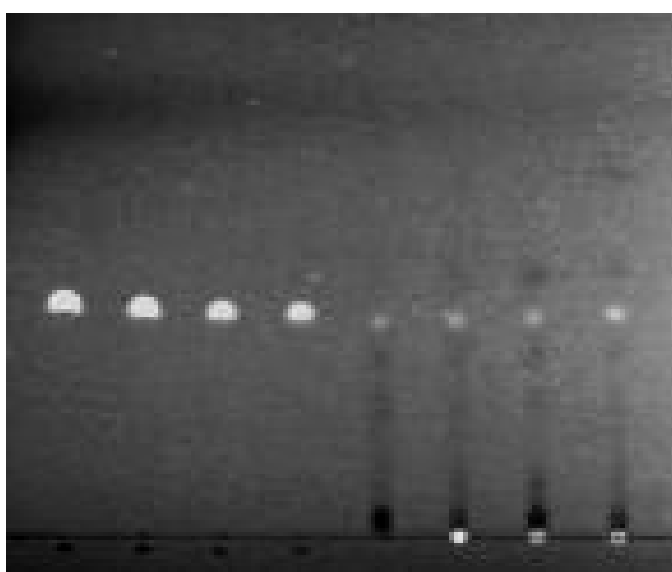
ตารางที่ 3 ความถี่ของรังสีอินฟราเรดที่ดูดกลืนโดยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ (สมพงษ์ จันโพธิ์ศรี, 2537; วารุณี ขงสกุลโรจน์, 2537)

ช่วงความถี่ของรังสีอินฟราเรด (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
$3650\text{ cm}^{-1} - 3400\text{ cm}^{-1}$	พันธะดึง O-H ในสารกลุ่มฟีนอลและหรือแอลกอฮอล์ซอล
$1680\text{ cm}^{-1} - 1620\text{ cm}^{-1}$	คอนจูเกตอัลคีนแอโรมาติก
$1470\text{ cm}^{-1} - 1340\text{ cm}^{-1}$	พันธะดึงของ C-O ในสารกลุ่มเอสเทอร์
$1282\text{ cm}^{-1} - 1050\text{ cm}^{-1}$	พันธะ O-H ของสารกลุ่มฟีนอล

ภาพที่ 3 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของสาร Coumestrol มาตรฐานปริมาณ 2 ไมโครลิตรที่ความเข้มข้น 50 ppm(1) 40ppm (2) 30 ppm (3) 20 ppm(4) และ10 ppm(5) ตามลำดับ

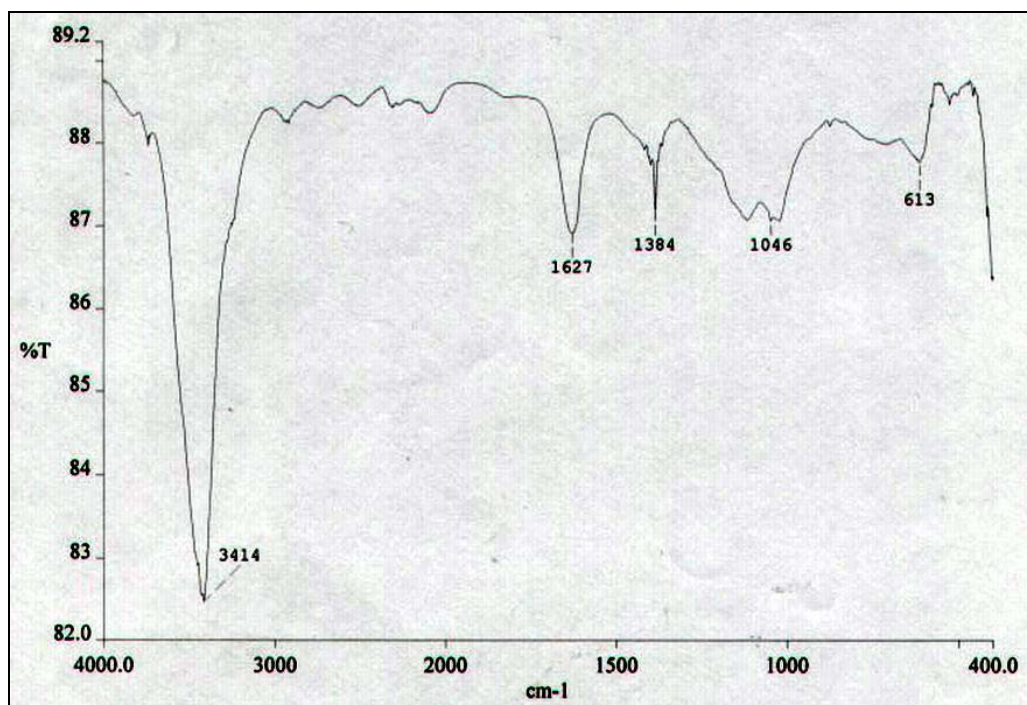


ภาพที่ 4 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของสาร Coumestrol มาตรฐานเปรียบเทียบกับสารสกัดกวางเครือขาว

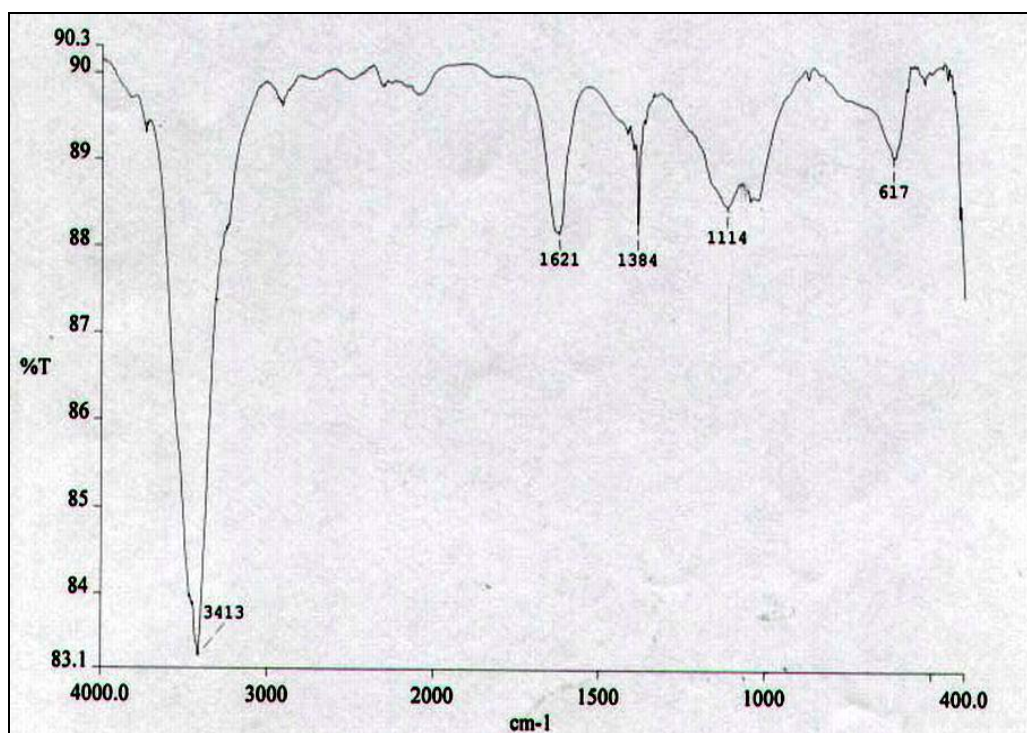


[สาร Coumestrol มาตรฐาน] [สารสกัดกวางเครือขาว]

ภาพที่ 5 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร Coumestrol มาตรฐาน



ภาพที่ 6 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารสกัดกาวเครือขาว



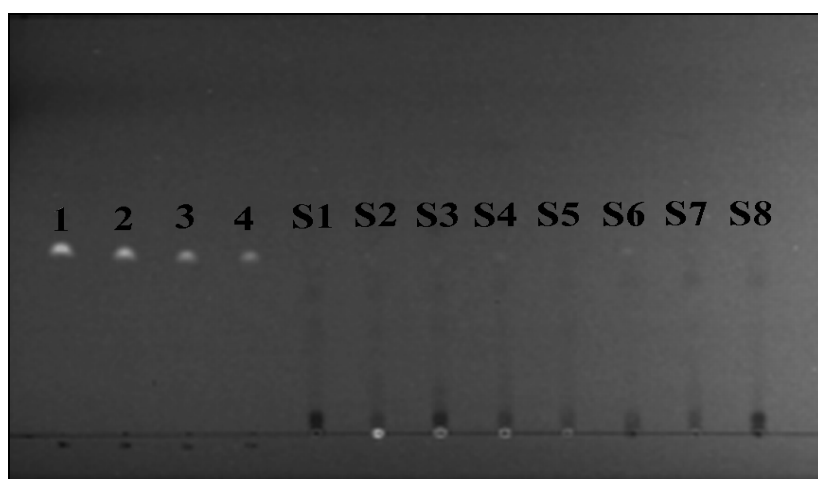
การหาปริมาณของ Coumestrol

จากการวิเคราะห์ความเข้มของ Spot ของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวของ แต่ละทริตเมนต์เปรียบเทียบกับความเข้มของสาร Coumestrol มาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ (ภาพที่ 7, 8, 9 และ 10) พบว่า การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm มีผลต่อปริมาณสาร Coumestrol ในหัวกวาวเครือขาวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) พบว่ากวาวเครือขาวที่ฉีดพ่นด้วย CuCl_2 , MnCl_2 และ FeCl_2 มีปริมาณสาร Coumestrol สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 มีผลทำให้มีปริมาณ Coumestrol เฉลี่ยสูงสุด คือ 150.85 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งของกวาวเครือขาว (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Takashi et al. (1990) ที่พบว่า การให้ CuCl_2 แก่ถั่ว Kudzu (*Pueraria montana var labota*) ให้ปริมาณ Coumestrol เพิ่มขึ้น ส่วนการฉีดพ่นด้วย MnCl_2 และ FeCl_2 ค่าเฉลี่ยปริมาณ Coumestrol ไม่แตกต่างกันทางสถิติให้ปริมาณเท่ากับ 101.65 และ 87.60 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมมีปริมาณ Coumestrol น้อยที่สุดคือเท่ากับ 60.30 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 2) Andrew et al. (1994) พบว่า การฉีดพ่นด้วยธาตุโลหะหนัก เช่น ธาตุทองแดง แมงกานีส และธาตุเหล็ก ทำให้พืชเกิดสภาพเครียดขึ้น (Stress condition) จึงมีการสร้างสารสำคัญต่างๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Dewick and Martin (1979) ที่พบว่า การปลูกพืชในสารละลายธาตุทองแดง (CuCl_2) และธาตุแมงกานีส (MnCl_2) 5 mM มีผลทำให้ปริมาณ Phytoalexin, Medicago, Vestitol, 9-O-Methylcoumestrol เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Foy et al., (1978) และ Van Assche and Clijsters (1990) รายงานว่า การให้ธาตุทองแดง 500 μM แก่รากพืช ทำให้ปริมาณ Isoflavone conjugate ต่างๆ เพิ่มขึ้นได้

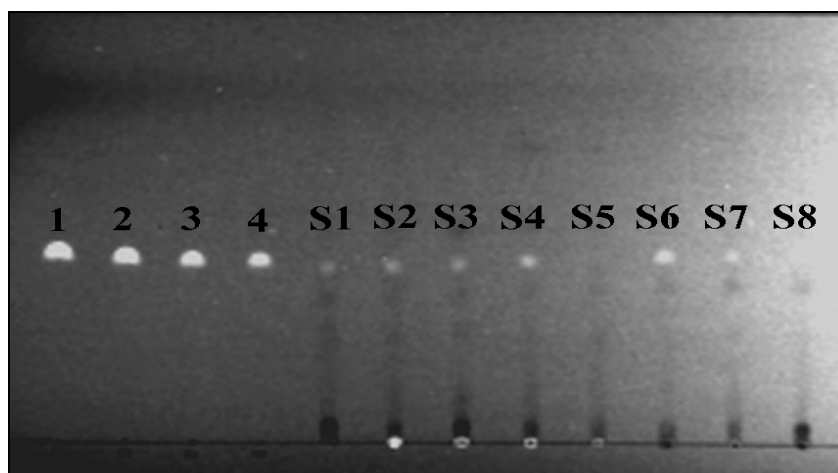
จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ Coumestrol ซึ่งอยู่ในกระบวนการ Phenylpropanoid pathway (Dewick et al, 1970) (ภาพภาคผนวกที่ 10) การทำงานของเอนไซม์บางชนิดในกระบวนการนี้เช่น เอนไซม์ Isoflavone synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยน Liquiritigenin ไปเป็น Daidzein และนำไปสู่การสร้าง Coumestrol นั้น เอนไซม์ชนิดนี้จำเป็นต้องมี NADPH และ O_2 เป็นโคแฟกเตอร์และเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ดังนั้นธาตุทองแดง ธาตุแมงกานีสและธาตุเหล็ก ที่กวาวเครือขาวได้รับอาจจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในโครงสร้างของเอนไซม์หรือโคแฟกเตอร์หรือโปรตีนที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน เช่นเดียวกับ เอนไซม์กลุ่ม Cytochrome oxidase complex ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีธาตุทองแดงและเหล็กเป็นองค์ประกอบ (Silva and willium, 1993) การหาปริมาณของสาร Coumestrol ในสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว โดยวัดจากความเข้มของจุด แล้วเปรียบเทียบกับสาร Coumestrol มาตรฐาน เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว แต่ต้องใช้ความระมัดระวังในการควบคุมขนาดของ Spot ให้มีขนาดเท่าๆกัน ดังนั้นอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ หากต้องการทราบปริมาณที่แม่นยำมากขึ้นอาจศึกษาโดยวิธี Gas chromatography-Mass spectrometry (GC-MS)

หรือ High performance liquid chromatography (Coldham and Sauer M. J., 2001) นอกจากนี้ ความคลาดเคลื่อนในการหาปริมาณที่แท้จริงของ Coumestrol อาจมาจากสาเหตุอื่นๆได้อีก เช่น ขั้นตอนและวิธีการสกัดสาร Coumestrol จากหัวกวาวเครือขาว ซึ่งเลือกวิธีการสกัดที่ใช้กับพืชตระกูลถั่ว ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกันกับกวาวเครือขาว แต่ไม่ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลทำให้การสกัดสาร เช่น ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิในการสกัด เป็นต้น ดังนั้นอาจทำให้ปริมาณ Coumestrol ที่สกัดได้ไม่ใช่ปริมาณสูงสุด อย่างไรก็ตามผลการศึกษาหาปริมาณของ Coumestrol ที่ได้จากการวิจัย อาจเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงแนวโน้มของผลของธาตุทองแดง (Cu) ธาตุแมงกานีส (Mn) และ ธาตุเหล็ก (Fe) ต่อการสะสม Coumestrol ในหัวกวาวเครือขาวได้

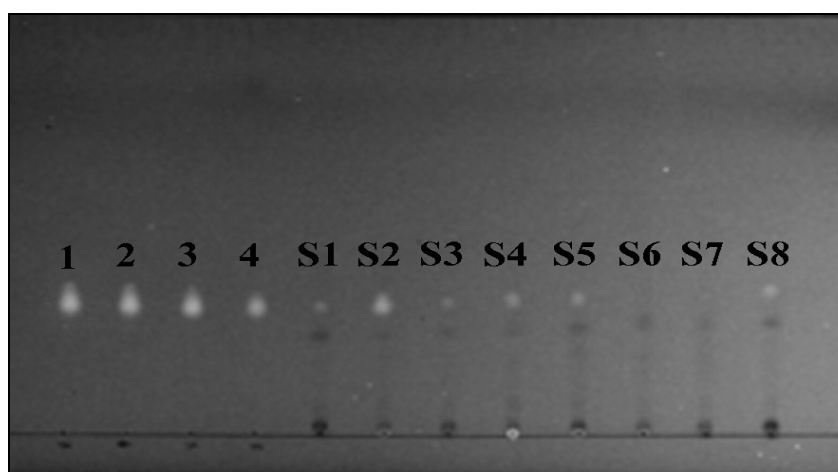
ภาพที่ 7 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของสารสกัดกวาวเครือขาวในทรีตเมนต์ ควบคุม จำนวน 8 ขั้ว (S1-S8) เปรียบเทียบกับสาร Coumestrol มาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 50 ppm (1) 40 ppm (2) 30 ppm (3) และ 20ppm (4) ตามลำดับ



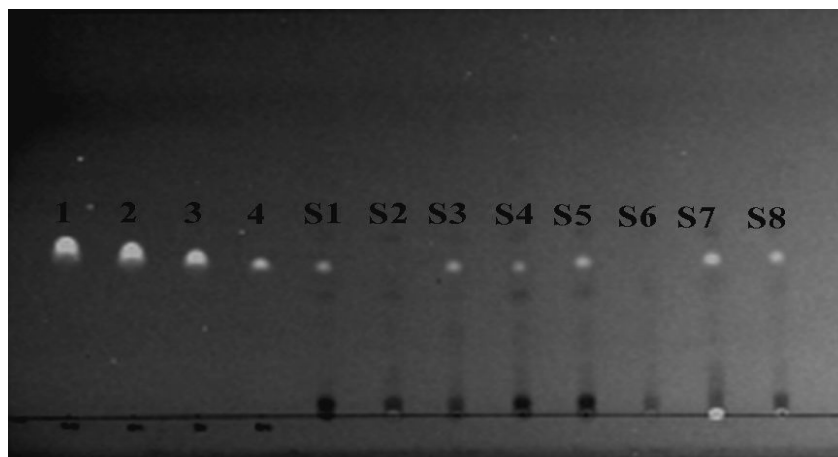
ภาพที่ 8 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของสารสกัดกวางเครือขาวในทรีตเมนต์ที่พ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm จำนวน 8 ชั่วโมง (S1-S8) เปรียบเทียบกับสาร Coumestrol มาตรฐานที่ความเข้มข้น 50 ppm (1) 40 ppm (2) 30 ppm (3) และ 20ppm (4)ตามลำดับ



ภาพที่ 9 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของสารสกัดกวางเครือขาวในทรีตเมนต์ที่พ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm จำนวน 8 ชั่วโมง (S1-S8) เปรียบเทียบกับสาร Coumestrol มาตรฐานที่ความเข้มข้น 50 ppm (1) 40 ppm (2) 30 ppm (3) และ 20ppm (4) ตามลำดับ



ภาพที่ 10 โครมาโตแกรมของโครมาโทกราฟีแบบผิวบางของสารสกัดกวางเครือขาวในทรีตเมนต์ที่พ่นด้วย FeCl_2 1,000 ppm จำนวน 8 ชั่วโมง (S1-S8) เปรียบเทียบกับสาร Coumestrol มาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 50 ppm (1) 40 ppm (2) 30 ppm (3) และ 20ppm (4) ตามลำดับ



สรุปผลการวิจัย

การฉีดพ่นกวางเครือขาวด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ทำให้กวางเครือขาวมีปริมาณ Coumestrol เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฉีดพ่นสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm มีปริมาณ Coumestrol มากที่สุด แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของหัว คือมีขนาดหัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนการฉีดพ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm มีผลทำให้ขนาดหัว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของหัว และพบว่า การฉีดพ่นด้วย FeCl_2 1,000 ppm มีขนาดหัวเล็กที่สุดและมีการสะสมสาร Coumestrol น้อยกว่ากลุ่มที่ฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm และ MnCl_2 1,000 ppm ดังนั้นการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 จึงน่าจะเป็นธาตุโลหะหนักที่สามารถชักนำให้มีการสะสมสาร Coumestrol ในกวางเครือขาวได้ดีที่สุด และไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหัวกวางเครือขาว กรณีของ MnCl_2 และ FeCl_2 ควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ทำให้กวางเครือขาวมีการสะสมสาร Coumestrol เพิ่มขึ้น โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหัวกวางเครือขาวเช่นเดียวกับกรณีของ CuCl_2

รายการอ้างอิง

- ขนิษฐา ทองโปร่ง และยุทนา สมิตะสิริ (2530). การศึกษาภาวะเครียดของพืชที่ได้จากต่างแหล่ง : ฤทธิ์เอสโตรเจน ผลต่อพฤติกรรมการขึ้นและผลวิเคราะห์ดิน. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประสาร ฉลาดคิด. (2546). อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตการออกดอก การติดฝักเมล็ด และการสะสมสาร Daidzein และ Genistein ในหัวกวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Grah. var *mirifica*). วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2540). สถิติเพื่อการวิจัยและวางแผนการตลาด. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ขยยุทธ โอสดสภา. (2543). ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุทนา สมิตะสิริ และ สันติ ศักคารัตน์. (2538). รูปแบบสมุนไพรวงกวาวเครือขาวที่เหมาะสมสำหรับใช้คุมกำเนิดคนพิการ. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 2(2): 89-96.
- รัชณี เพชรช้าง. (2531). ผลของน้ำสกัดและกากที่ได้จากหัวกวาวเครือขาวในหนูถีบจักร การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ (การสอนชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วารุณี ขงสกุลโรจน์. (2537). เคมีอินทรีย์ 1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิรพล จันทร์ดีอิ่งและคณะ. (2544). การใช้กวาวเครือขาวเพื่อลดอาการ Climateric. การประชุมวิชาการประจำปี ราชวิทยาลัย สูติ- นารีแพทย์แห่งประเทศไทย.
- สมภพ ประธานธรรักษ์. (2542). อนุกรมวิธานพืชสมุนไพรไทย. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์.
- สมพงษ์ จันทรโพธิ์ศรี (2537). เคมีอินทรีย์ชั้นสูง 1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สายัณห์ สวัสดิ์ศรี บัณฑิต จันทะยานี สุรพจน์ วงศ์ใหญ่ และ วันเพ็ญ แยมขุนทอง. (2542). กวาวเครือขาวช่วยป้องกันเซลล์สมองบาดเจ็บใน human neuroblastoma. ในการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยทางด้านการพัฒนาสมุนไพร. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- อุดร จรรยาธรรม. (2526). พืชของกวาวเครือขาวก่อนการสกัดพันธุ์ญี่ปุ่น. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- Andrew, D. P., Sarah, A. T. and Robert Edward. (1994). The effect of heavy metal on isoflavonemetabolism in alfafa (*Medicago sativa*). **Plant Physiology**.106:195-202.
- Ares, A., Hwang , S. G., Miyasaka, S. C. (1996). Taro response of difference ion level in hydroponic solution. **J. Plant Nutr.** 19:281-292.
- Bergmann, W. (1992). **Nutritional disorder of plant**. Gustav Fischer Verlag Jena, New York.
- Chansakaow,S., Ishikawa, T., Seki, H., Sekine, K. Okada, M. And Chaichantipyuth, C. (2000).Identification of Deoxymiroestrol as the actual rejuvenating principle of *Puerariamirifica*. The known miroestrol may be an artifact. **Journal of Natural Product**. 63: 173-175.
- Cain, J.C. (1960). Miroestrol : An estrogen from the plant Pueraria mirifica. *Nature*. 3: 774-777.
- Coldham N.G and Sauer, M.J. (2001). Identification,quantitation and biological activity of phytoestrogens in dietary supplement for breast enhancement. **Food and chemical toxicology**. 39: 1211-1224 .
- Dewick, P. M., Barz, W and Grisebrach, H. (1970). Biosynthesis of coumestrol in *Phaseolus aureus*. *Phytochemistry*. 9:775-783.
- Dewick, P.M. and Martin M. (1979). Biosynthesis od pterocarpan and coumestan metabolite of medicago sativa : calcone, isoflavone and isoflavone precursor.**Phytochemistry**.18: 597-602.
- Edward, D. G. And C. J. Asher. (1982). Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. In “ Proceeding of Ninth Plant Nutrition Colloquim, Warwick, England” pp.145-150.
- Eisenchenk, L., Diebold,R., Leshner, J.P. (1994). Inhibition of *Rhizobium etli* polysaccharide mutants by *Phaseolus vulgaris* root compound. **Applied and Environmental Microbiology**. 3315-3322.
- Foy, C.D., Chaney , R.L., White M.C. (1978). The physiology of metal toxicology in plant. **Annu Rev Plant physiology**. 29: 511-566.
- Harborne. (1994). **Phytochemistry of the leguminosae**. *Phytochemistry Dictionary of the Leguminosae* . Volume 1. Cambridge: University Press.
- Horst, W. J.(1988).**The physiology of manganese toxicity**.In manganese in soil and plant. Kluwer Academic.Dordrecht.

- Ingham, J. L., Tahara, S., and Dziedzic, S. Z. (1989). Minor isoflavone from root of *Pueraria mirifica*. **Z.Naturforsch.** 44: 742-762.
- Johnson, A. D. And J. D. Simon. (1979). Diagnostic indices of copper in tropical legumes. **J.Plant Nutr.** 1 :123-149.
- Khanna, Q.A., Borowicz V.A. and Jones M.A. (1999). Effect of nitrogen fertilizer and defoliation on growth, foliar nitrogen and foliar coumestrol concentration of soybean. *Transactions of the Illinois State Academic of Science.* 92: 167-179.
- Langheinrich, U., Tischner, R., Godbold, D. L. (1992). Influence of a high Mn supply on Norway spruce (*Picea abies* L.) seedling in relation to the nitrogen source. **Tree physiology.** 10: 259-271.
- Marschner, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plant.** Academic Press. New York.
- Mengle, K. And Kirby, E. A. (1987). **Principle of plant nutrition.** International Potash Institute, Berne.
- Nogoski, L.(1999). Effect of phytoestrogen- coumestrol on lipid and carbohydrate Metabolism in young ovariectomized rat may be independent on its estrogenicity. **J.Nutr.Biochem.** 10: 664-669.
- Silva, Frausto da, J. J. R. and William, R. J. P. (1993). **The biological chemistry of the element.** Oxford: Clarendon Press.
- Smitasiri, Y. and Kuramoshi. (1998). Preliminary study of *Pueraria mirifica* in Japanese.
- Smitasiri, Y., Kuramoshi and Petchang, R. (1986). Preliminary the toxicity of *Pueraria mirifica* in animal.
- Snowden Red and Wheeler, B. D. (1993). Iron toxicity to ten plant species. **J. Ecol.** 81:35-46.
- Takashi, H., Yutaka, E. and Ushio S. (1990). Induced isoflavonoid from copper chloride treated stem of *Pueraria lobata*. **Phytochemistry.** 30: 1481-1482.
- Van Assche F. and Clijster H. (1990). Effect of metal on enzyme activity in plants. **Plant Cell Environ.** 13: 195-206.
- Wallnofer, P. R. and Engelhardt, G. (1984). **Ecophysiology of plant growth under heavy metal stress.** Faculty of biology University of Bielefeld, Germany.
- Whitten, P.L., Patisual H.B. and Young L.J. (2001). Neurobehavioral action of coumestrol and related isoflavone in rodents. **Neurotoxicity and Teratology.** 24: 47-54.

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การออกดอก ติดฝักและเมล็ดของกวาวเครือขาว

1. กวาวเครือขาวที่ให้อายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้ความยาวช่อดอก จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด

2. กวาวเครือขาวที่ให้อายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีความยาวฝักยาวที่สุด

3. กวาวเครือขาวที่ให้อายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และให้อายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัม ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้กวาวเครือขาวมีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากที่สุด

4. จากการใช้เทคนิคการลอกวิเคราะห์ตาดอกของกวาวเครือขาว พบว่าระยะการพัฒนาดอกกวาวเครือขาวสามารถแบ่งได้เป็น 10 ระยะ ได้แก่ Vegetative phase, Inflorescence primordia induction phase, Inflorescence primordia initiation phase, Inflorescence primordia and bract primordia development phase, Floral primordia induction phase, Floral primordia and Sepal initiation phase, Carpel and Petal induction phase, Petal and Stamen initiation phase, All organ development phase, End of reproduction phase กวาวเครือขาวที่ได้รับอายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ มีการพัฒนาดอกเร็วที่สุด และกวาวเครือขาวที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm มีการพัฒนาดอกช้าที่สุด

ดังนั้นการปลูกกวาวเครือขาวในแปลงปลูกเพื่อให้มีการออกดอก ติดฝักและเมล็ดเพิ่มขึ้น ควรให้อายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ และมีการฉีดพ่นด้วยแคลเซียมโบรอน 10 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ตั้งแต่ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น จะช่วยเพิ่มความยาวฝัก จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตของเมล็ดมากขึ้นได้ และหากต้องการเพิ่มความยาวของฝักควรให้อายุ 12-24-12 อัตรา 35 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมโบรอน 10 ppm

การปลูกกวาวเครือขาวในระยะ 2 เมตร x 2 เมตร มีการเลื้อยพันกันของเถา ดังนั้นการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะยาว ควรพิจารณาเรื่อง ระยะปลูก และการทำค้างให้ดี เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติงานในแปลง และการดูแลรักษา ดินปลูกกวาวเครือขาวควรเป็นดินร่วนปนทรายและระบายน้ำได้ดีเพื่อง่ายต่อการขุดหัวมาใช้ประโยชน์และป้องกันการเน่าเสียของหัว

การสะสมสาร Coumestrol ในรากสะสมอาหารของถั่วเขียว

การฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm ทำให้ถั่วเขียวมีปริมาณ Coumestrol เพิ่มขึ้น โดยการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm มีปริมาณ Coumestrol มากที่สุดและการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm ไม่มีผลต่อการเจริญของหัว โดยมีขนาดหัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนการฉีดพ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm และ FeCl_2 1,000 ppm มีผลทำให้ขนาดหัว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของหัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของหัว และการฉีดพ่นด้วย FeCl_2 1,000 ppm มีขนาดหัวเล็กที่สุดและมีการสะสมสาร Coumestrol น้อยกว่ากลุ่มที่ฉีดพ่นด้วย CuCl_2 1,000 ppm และที่ฉีดพ่นด้วย MnCl_2 1,000 ppm ดังนั้นการฉีดพ่นด้วย CuCl_2 จึงน่าจะเป็นธาตุโลหะหนักที่สามารถชักนำให้มีการสะสมสาร Coumestrol ในถั่วเขียวได้ดีที่สุด ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหัวถั่วเขียว ส่วนการฉีดพ่นด้วย MnCl_2 และ FeCl_2 มีการสะสมสาร Coumestrol เพิ่มขึ้นแต่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหัวถั่วเขียว ดังนั้นจึงควรศึกษาความเข้มข้นของ MnCl_2 และ FeCl_2 ที่เหมาะสมที่ทำให้ถั่วเขียวมีการสะสมสาร Coumestrol เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหัวถั่วเขียว

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของ ความยาวช่อดอก จำนวน
ช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อช่อดอกของกวางเครือขาว

Source of variation	df	MS		
		ความยาวช่อดอก	ช่อดอกต่อต้น	จำนวนฝักต่อช่อดอก
Replication (R)	3	26.39 ^{ns}	255.70 *	11.16 ^{ns}
Treatment (T)	7	59.04 **	7140.26 **	92.51 **
Fertiliser (F)	1	207.92 **	35912.00 **	147.66 **
PGR (P)	1	121.95 **	128.00 ^{ns}	20.12 ^{ns}
Calcium-Boron (C)	1	0.32 ^{ns}	12640.50 **	451.20 **
F X P	1	25.08 ^{ns}	990.12 **	16.41 ^{ns}
F X C	1	3.69 ^{ns}	66.12 ^{ns}	1.10 ^{ns}
P X C	1	0.14 ^{ns}	45.12 ^{ns}	2.74 ^{ns}
F X C X P	1	54.15 ^{ns}	200.00 ^{ns}	8.36 ^{ns}
Error	21	16.87	82.61	12.66
CV		11.7%	7.9%	11.7%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1%

**ตารางภาคผนวกที่ 1.1 ความยาวช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อช่อดอกของ
กวางเครือขาวที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

พรีดเมนต์	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวนช่อดอก/ต้น (ช่อดอก)	จำนวนฝัก/ ช่อดอก
กลุ่มควบคุม	27.86 a ^{1/}	54.75 a	22.30 a
ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัม/ไร่	38.01 bc	135.00 e	28.68 b
แคลเซียมโบรอน 10 ppm	31.48 ab	72.50 b	26.93 ab
ปุ๋ย 12-24-12 +แคลเซียมโบรอน 10 ppm	35.06 bc	120.50 d	28.40 b
NAA 100 ppm	36.27 bc	94.25 c	31.05 bc
ปุ๋ย 12-24-12 +NAA 100 ppm	37.68 bc	170.25 f	36.13 cd
แคลเซียมโบรอน 10 ppm +NAA 100 ppm	34.41 bc	106.75 c	32.46 bcd
ปุ๋ย 12-24-12 + แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm	39.66 c	170.50 f	36.72 d

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

**ตารางภาคผนวกที่ 1.2 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารพืช (N-P-K) กับธาตุ
อาหารทางใบแคลเซียมโบรอนต่อความยาวช่อดอกของกวางเครือขาว**

ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน (C)	ธาตุอาหาร N-P-K (F)		C- Mean	Diff
	0 kg/rai	35 kg/rai		
0 ppm	32.06 a ^{1/}	37.84 a	34.95	-5.78 *
10 ppm	32.94 a	37.36 a	35.15	-4.42 *
F- Mean	32.50	37.60	35.05	-5.10 *
Diff	-0.88 ^{ns}	-0.48 ^{ns}	-0.2 ^{ns}	

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหาร N-P- K กับ ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน	2.05	4.27	5.82
ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร N-P- K	2.90	6.04	8.22

ตารางภาคผนวกที่ 1.3 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารพืช (N-P-K) กับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวช่อดอกของกวาวเครือขาว

สารควบคุมการเจริญเติบโต (P)	ธาตุอาหาร N-P-K (F)		P- Mean	Diff
	0 kg/rai	35 kg/rai		
0 ppm	29.67 b ^{1/}	35.54 a	33.10	-6.87 **
100 ppm	35.34 a	38.67 a	37.01	-3.33 ^{ns}
F- Mean	32.50	37.60	35.05	-5.10 **
Diff	-5.68 *	-2.13 ^{ns}	-3.90*	

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1% * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple RangeTest (DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหาร N-P- K กับ สารควบคุมการเจริญเติบโต	2.05	4.27	5.82
ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร N – P- K	1.45	3.02	4.11
ระหว่างปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโต	1.45	3.02	4.11

ตารางภาคผนวกที่ 1.4 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอน กับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวช่อดอกของกวาวเครือขาว

สารควบคุมการเจริญเติบโต (P)	ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน (C)		P- Mean	Diff
	0 ppm	10 ppm		
0 ppm	32.93 a ^{1/}	33.27 a	33.10	-0.34 ^{ns}
100 ppm	36.97 a	37.04 a	37.01	-0.07 ^{ns}
C- Mean	34.95	35.15	35.05	-5.10 **
Diff	-4.04 ^{ns}	-3.77 ^{ns}	-3.90 *	

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1% * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอนกับสารควบคุมการเจริญเติบโต	2.05	4.27	5.82
ระหว่างปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโต	1.45	3.02	4.11

ตารางภาคผนวกที่ 1.5 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหาร N-P-K ธาตุอาหารทางไบโอเคลซีเอ็มโบรอนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวช่อดอกของกวางเครือขาว

ธาตุอาหาร N- P- K (F)	สารควบคุมการเจริญเติบโต		P- Mean	Diff	
	เจริญเติบโต (P)	ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน			
		(C)			
		0 ppm	10 ppm		
0 kg/rai (F0)					
	0 ppm	27.86 b ^{1/}	31.48 a	29.67	-3.62 ^{ns}
	100 ppm	36.27 a	34.41 a	35.34	1.86 ^{ns}
35 kg/rai (F1)					
	0 ppm	38.01 a	35.06 a	36.54	2.95 ^{ns}
	100 ppm	37.68 a	39.66 a	38.67	-1.99 ^{ns}
C- Mean		34.95	35.15	35.05	-0.20 ^{ns}

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD(1%)
ระหว่างธาตุอาหารทางไบโอเคลซีเอ็มโบรอนกับสารควบคุมการเจริญเติบโต	2.90	6.04	8.22
กับสารควบคุมการเจริญ			
ระหว่างปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโต	2.05	4.27	5.82

ตารางภาคผนวกที่ 1.6 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหาร N-P-K กับสาร
ควบคุมการเจริญเติบโตต่อจำนวนช่อดอกต่อต้นของกวางเครือขาว

สารควบคุมการเจริญเติบโต (P)	ธาตุอาหาร N-P-K (F)		P- Mean	Diff
	0 kg/rai	35 kg/rai		
0 ppm	74.50 b ^{1/}	152.63 a	113.56	-78.13 **
100 ppm	89.63 a	145.50 a	117.56	-55.88 **
F- Mean	82.06	149.06	115.56	-67.00
Diff	-15.13 **	-7.13 ^{ns}	-4.00	

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1% ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหาร N-P-K กับสารควบคุมการเจริญเติบโต	4.54	9.45	12.87

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของ ความยาวฝัก จำนวน เมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100เมล็ดของกวางเครือขาว

Source of variation	df	MS		
		ความยาวฝัก	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด
Replication (R)	3	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.004 ^{ns}
Treatment (T)	7	4.21 **	2.01 **	0.29 **
Fertiliser (F)	1	17.30 **	4.15 **	0.63 **
PGR (P)	1	5.20 **	7.36 **	0.15 **
Calcium-Boron (C)	1	0.42 ^{ns}	0.62 *	0.73 **
F X P	1	0.14 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.30 **
F X C	1	5.50 **	0.87 *	0.01 ^{ns}
P X C	1	0.80 *	0.008 ^{ns}	0.03 ^{ns}
F X C X P	1	0.10 ^{ns}	0.56 *	0.17 **
Error	21	0.13	0.12	0.01
CV		6.7%	7.6%	4.5%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1%

**ตารางภาคผนวกที่ 2.1 ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว
ที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

พรีตเมนต์	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)	จำนวนเมล็ด/ฝัก (เมล็ด)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
กลุ่มควบคุม	3.97 a ^{1/}	3.26 a	2.24 a
ปุ๋ย 12-24-12 35 กิโลกรัม/ไร่	6.02 de	4.82 cd	2.44 b
แคลเซียมโบรอน 10 ppm	4.21 ab	4.77 cd	2.39 ab
ปุ๋ย 12-24-12 + แคลเซียมโบรอน 10 ppm	6.76 f	5.30 de	2.69 c
NAA 100 ppm	4.60 b	4.17 b	2.72 c
ปุ๋ย 12-24-12 + NAA 100 ppm	5.22 c	4.54 bc	2.69 c
แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm	5.70 cd	5.08 cde	2.45 b
ปุ๋ย 12-24-12 + แคลเซียมโบรอน 10 ppm + NAA 100 ppm	6.37 ef	5.48 e	3.11 d

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

**ตารางภาคผนวกที่ 2.2 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยธาตุอาหาร N-P-K กับธาตุอาหาร
ทางใบแคลเซียมโบรอนต่อความยาวฝักของกวางเครือขาว**

ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน (C)	ธาตุอาหาร N-P-K (F)		C- Mean	Diff
	0 kg/rai	35 kg/rai		
0 ppm	4.09 b ^{1/}	6.39 a	5.24	-2.30**
10 ppm	5.15 a	5.79 b	5.47	-0.64 **
F- Mean	4.62	6.09	5.36	-1.47
Diff	-1.06 **	0.60 **	-0.23	

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1%

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหาร N-P-K กับธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอน	0.18	0.37	0.51

ตารางภาคผนวกที่ 2.3 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวฝักของกวางเครือขาว

ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน (C)	สารควบคุมการเจริญเติบโต (P)		C- Mean	Diff
	0 ppm	100 ppm		
0 ppm	5.00 a ^{1/}	5.49 b	5.24	-0.49 *
10 ppm	4.91 a	6.03 a	5.47	-1.12 **
P- Mean	4.95	5.76	5.36	-0.81
Diff	0.09 ^{ns}	-0.55 **	-0.23	

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1% * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนกับสารควบคุมการเจริญเติบโต	0.18	0.37	0.51

ตารางภาคผนวกที่ 2.4 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหาร N-P-K กับธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอนต่อจำนวนเมล็ดต่อฝักของกวางเครือขาว

ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน (C)	ธาตุอาหาร N-P-K (F)		C- Mean	Diff
	0 kg/rai	35 kg/rai		
0 ppm	4.01 b ^{1/}	5.06 a	4.54	-1.05
10 ppm	4.62 a	5.01a	4.82	-0.39
F- Mean	4.32	5.04	4.68	-0.72
Diff	-0.61	0.05	-0.28	

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

ตารางภาคผนวกที่ 2.5 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหาร N-P-K ธาตุอาหารทางใบ
แคลเซียมโบรอน และสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก
ของกวางเครือขาว

ธาตุอาหาร N- P- K (F)	ธาตุอาหาร	สารควบคุมการเจริญเติบโต		C- Mean	Diff
	แคลเซียมโบรอน (C)	(P)			
		0 ppm	100 ppm		
0 kg/rai	0 ppm	3.26 b ^{1/}	4.77 a	4.01	-1.51**
	10 ppm	4.17 a	5.08 a	4.62	-0.90**
35 kg/rai	0 ppm	4.82 a	5.30 a	5.06	-0.48 ^{ns}
	10 ppm	4.54 a	5.48 a	5.01	-0.94 **
P- Mean		4.20	5.16	4.68	-0.96

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1% ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

การเปรียบเทียบค่า

S.E.D LSD(5%) LSD (1%)

ระหว่างธาตุอาหาร N-P-K ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน

และ สารควบคุมการเจริญเติบโต

0.25 0.53 0.72

ตารางภาคผนวกที่ 2.6 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหาร N-P-K กับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว

สารควบคุมการเจริญเติบโต (P)	ธาตุอาหาร N-P-K (F)		P- Mean	Diff
	0 kg/rai	35 kg/rai		
0 ppm	2.48 a ^{1/}	2.56 b	2.52	-0.09
100 ppm	2.42 a	2.90 b	2.66	-0.48
F- Mean	2.45	2.73	2.59	-0.28
Diff	0.06	-0.34	-0.14	

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

ตารางภาคผนวกที่ 2.7 ข้อมูลแสดงเปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหาร N-P-K กับธาตุอาหารทางใบแคลเซียมโบรอน กับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของกวางเครือขาว

ธาตุอาหาร N- P- K (F)	ธาตุอาหาร	สารควบคุมการเจริญเติบโต		C- Mean	Diff
	แคลเซียมโบรอน (C)	(P)			
		0 ppm	100 ppm		
0 kg/rai					
	0 ppm	2.24 b ^{1/}	2.39 a	2.32	-0.15 ^{ns}
	10 ppm	2.72 a	2.45 a	2.58	0.26 ^{**}
35 kg/rai					
	0 ppm	2.44 b	2.69 b	2.56	-0.25 ^{**}
	10 ppm	2.69 a	3.11 a	2.90	-0.42 ^{**}
P- Mean		2.52	2.66	2.59	-0.14

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1% ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

^{1/}ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test(DMRT)

การเปรียบเทียบค่า	S.E.D	LSD(5%)	LSD (1%)
ระหว่างธาตุอาหาร N-P-K ธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน	0.08	0.17	0.23
และ สารควบคุมการเจริญเติบโต			

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่า mean square จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของจำนวนวันออกดอกของ
กวางเครือขาวในแปลงทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

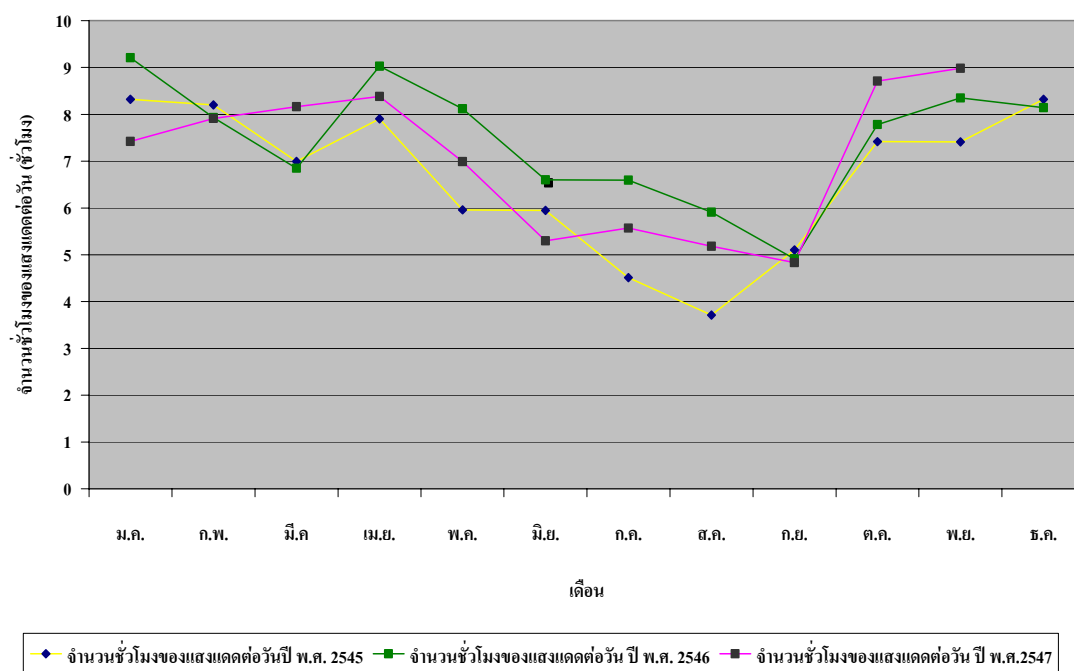
Source of variation	df	MS
		จำนวนวันออกดอก (วัน)
Replication (R)	3	4.45 *
Treatment (T)	7	23.97 **
Fertiliser (F)	1	39.22 **
PGR (P)	1	75.18 **
Calcium-Boron (C)	1	2.84 ^{ns}
F X P	1	5.80 *
F X C	1	36.26 **
P X C	1	1.45 ^{ns}
F X C X P	1	7.02 *
Error	21	
CV		0.6%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

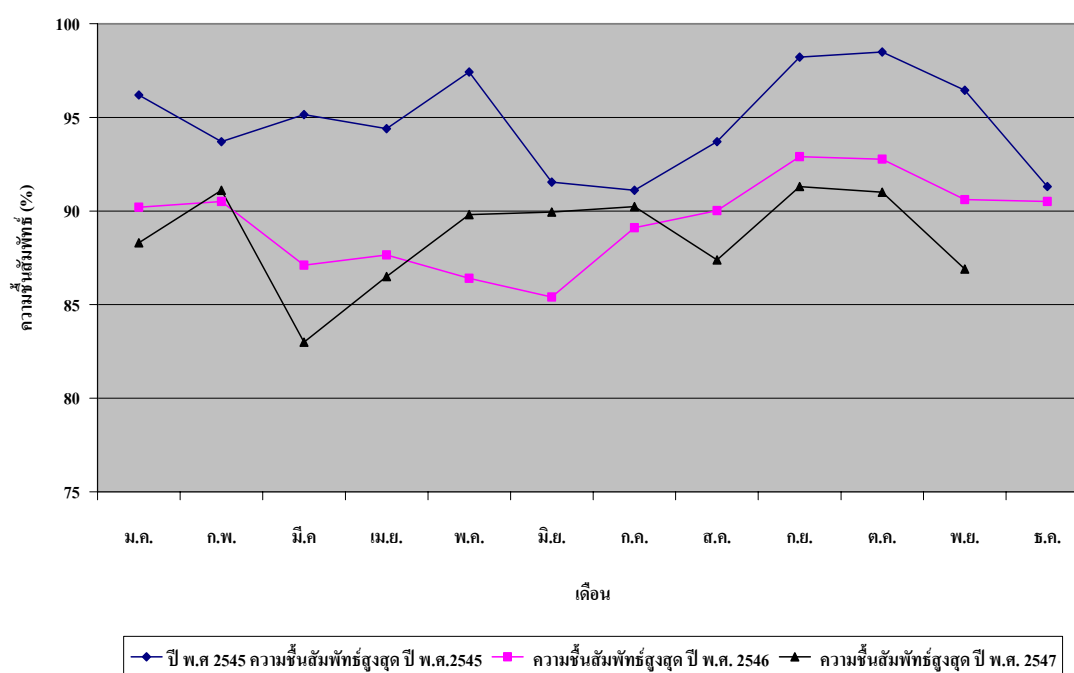
* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1%

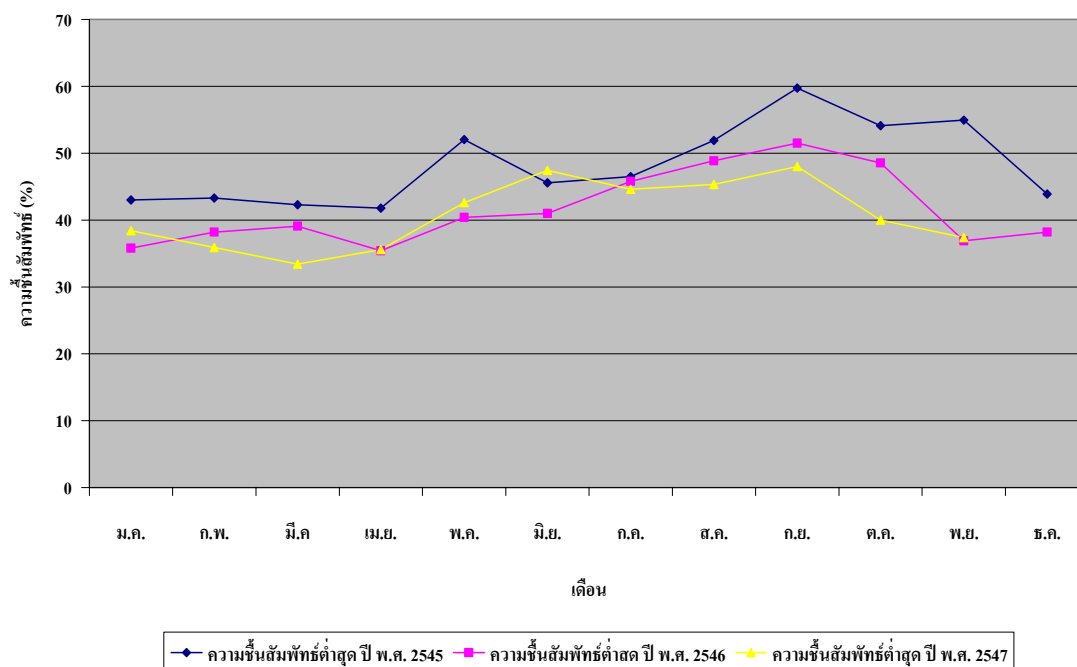
ภาพผนวกที่ 1 แสดงจำนวนชั่วโมงแสงแดดต่อวัน ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมในปี พ.ศ. 2545-2547 (ที่มา: สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา)



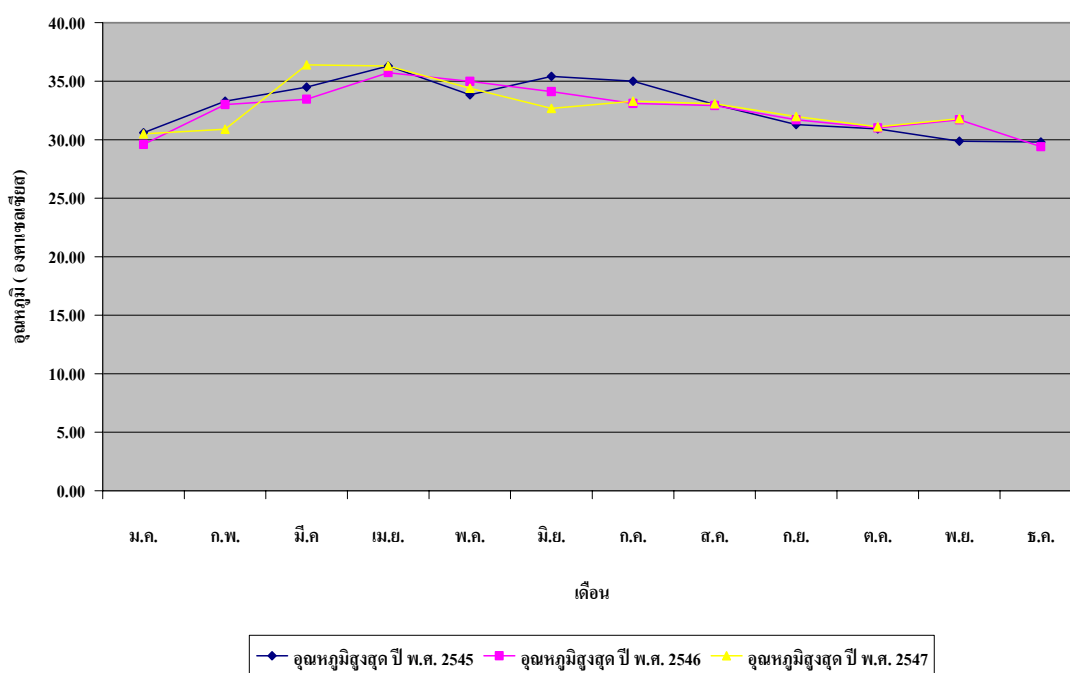
ภาพผนวกที่ 2 แสดงความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมในปี พ.ศ. 2545-2547 (ที่มา: สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา)



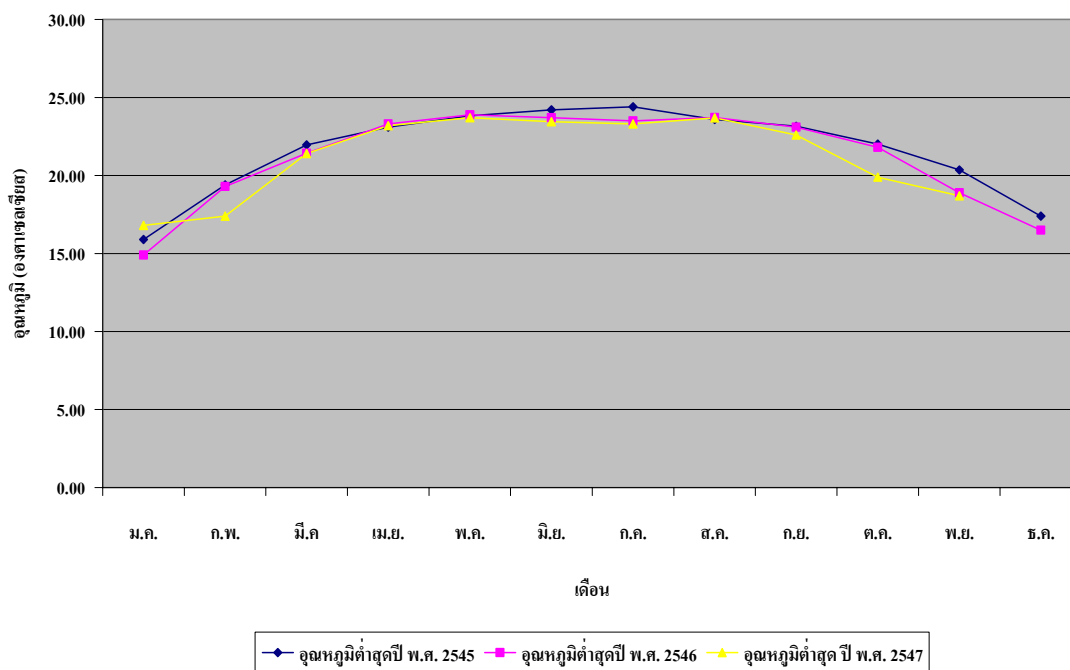
ภาพผนวกที่ 3 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมในปี พ.ศ. 2545-2547
(ที่มา: สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา)



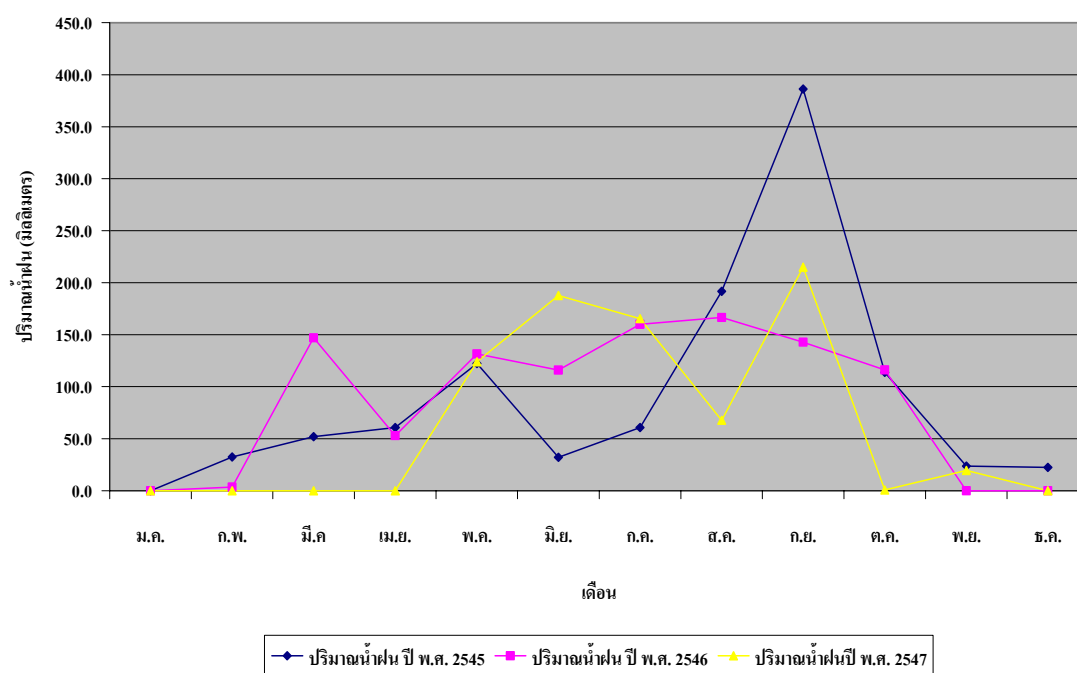
ภาพผนวกที่ 4 แสดงอุณหภูมิสูงสุดตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมในปี พ.ศ. 2545-2547
(ที่มา: สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา)



ภาพผนวกที่ 5 แสดงอุณหภูมิต่ำสุดตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมในปี พ.ศ. 2545-2547
(ที่มา: สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา)



ภาพผนวกที่ 6 แสดงปริมาณน้ำฝนตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคมในปี พ.ศ. 2545-2547
(ที่มา: สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) อ. เมือง จ. นครราชสีมา)



ภาพผนวกที่ 7 แสดงแปลงทดลองกวางเครือขาวระยะเจริญเติบโตทางลำต้น (A) และกวางเครือขาวระยะผลัดใบและออกดอก (B)



A



B

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่า mean square จากการวิเคราะห์ห้วเรียนซ์ของ ขนาดหัว น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของห้วกวาวเครือขาว

Source of variation	df	MS		
		ขนาดหัว	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
Replication (R)	3	19.97 ^{ns}	1737330.70 ^{ns}	14491.14 ^{ns}
Treatment (T)	3	107.24 ^{**}	6256345.68 [*]	106186.75 ^{**}
Error	9	12.68	930344.74	12023.97
CV		4.70%	14.50%	15.20%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1%

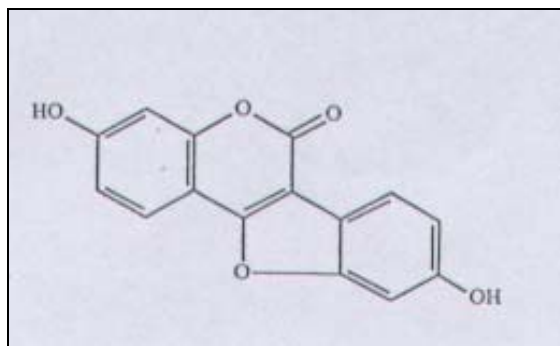
ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่า mean square จากการวิเคราะห์ห้วเรียนซ์ของ เปอร์เซนต์ความชื้น ความแน่นเนื้อ และปริมาณสาร Coumestrol ของห้วกวาวเครือขาว

Source of variation	df	MS		
		เปอร์เซนต์ความชื้น	ความแน่นเนื้อ	ปริมาณ Coumestrol
Replication (R)	3	2.08 ^{ns}	4.89 ^{ns}	7.28 ^{ns}
Treatment (T)	3	3.24 ^{ns}	2.04 ^{ns}	230.12 ^{**}
Error	9	0.94	2.58	5.31
CV		1.10%	8.30%	11.50%

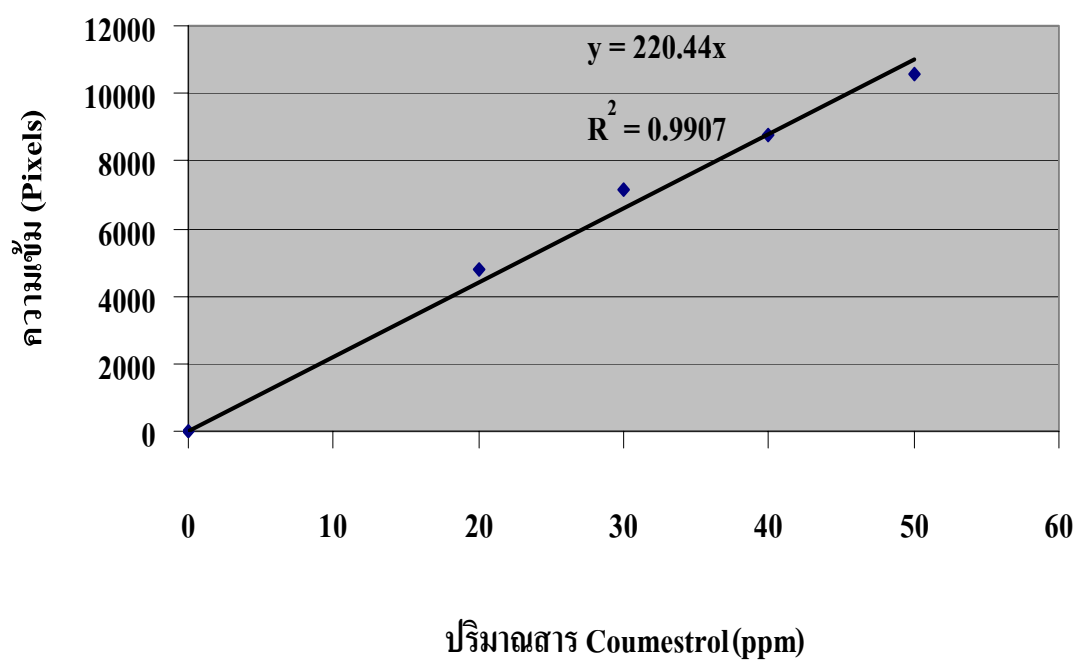
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 1%

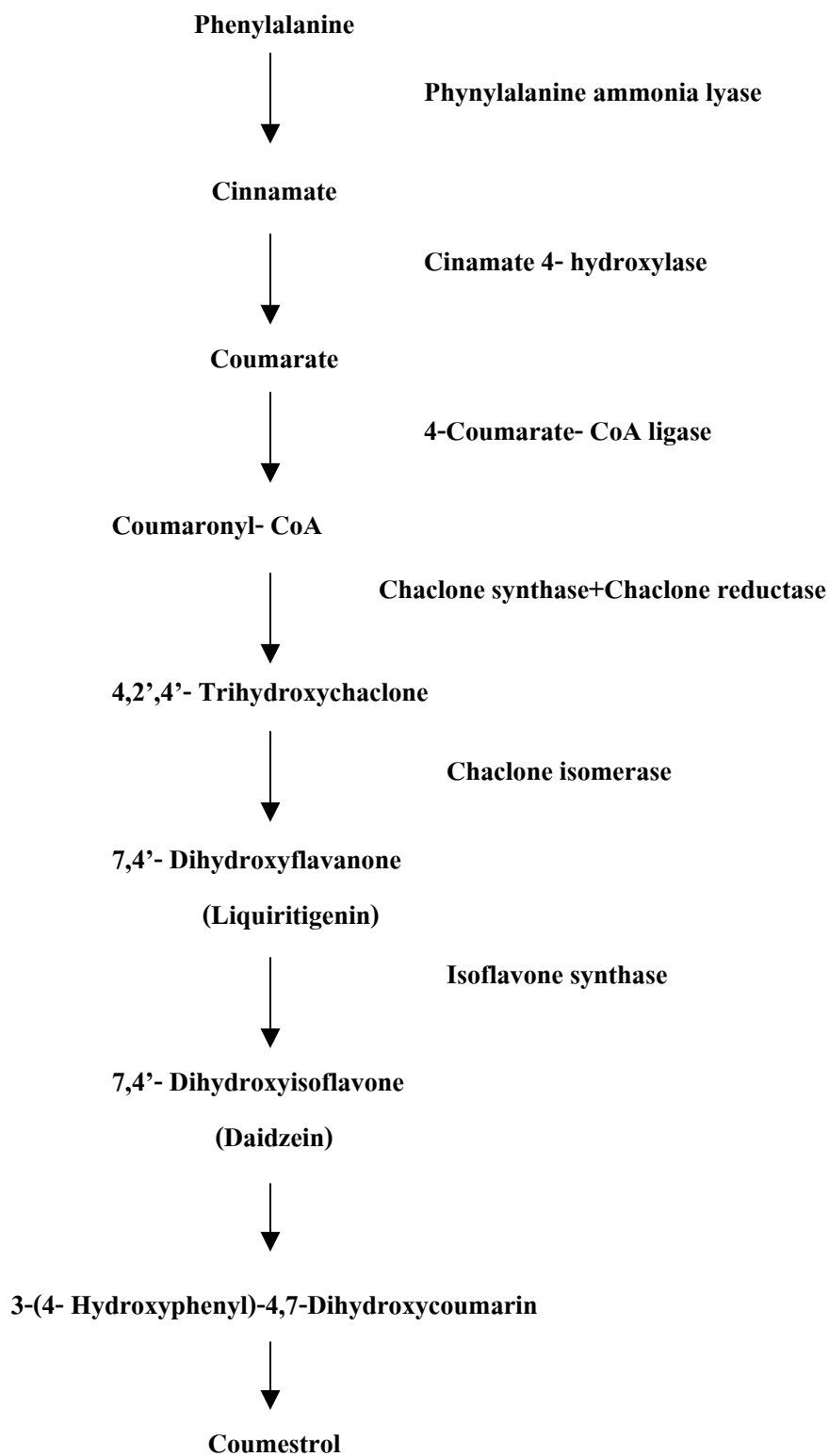
ภาพผนวกที่ 8 สูตรโครงสร้างของ Coumestrol



ภาพผนวกที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับปริมาณสาร Coumestrol
(Standard Curve)



ภาพผนวกที่ 10 ขั้นตอนการชีวสังเคราะห์สาร Coumestrol (Dewick et al, 1970)



ภาพผนวกที่ 11 เครื่อง Ultraviolet cabinet



ภาพผนวกที่ 12 เครื่อง Fluor-S Multi Imager



ประวัติผู้เขียน

นางสาวพรทิพย์ จันทรราช เกิดเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2521 ที่บ้านหนองแขวงโสภพระ ตำบลหนองแขวงโสภพระ อำเภอพล จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2543 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2544 สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 123 หมู่ 13 ตำบลหนองแขวงโสภพระ อำเภอพล จังหวัดขอนแก่น 40120 โทร. 06-6514776