



วิทยานิพนธ์

อิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจร
3 แหล่งรวมรวม

EFFECTS OF SEASONAL PLANTING AND LOCATIONS ON
YIELD CAPABILITY OF 3 ACCESSIONS OF
ANDROGRAPHIS PANICULATA (BURM.) WALL. EX NEES

นางสาวปฎิพร เตมียกุล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน

พืชสวน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง อิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม

Effects of Seasonal Planting and Locations on Yield Capability of 3 Accessions of
Andrographis paniculata (Burm.) Wall. ex Nees

นามผู้วิจัย นางสาวปฎิพร เตมียกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันดร์, Dr.Ing)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อึ้งยง ไพสุขสานติวัฒนา, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์บุบผา กงสมัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์จรัสแท้ ศิริพานิช, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม

Effects of Seasonal Planting and Locations on Yield Capability of 3 Accessions of

Andrographis paniculata (Burm.) Wall. ex Nees

โดย

นางสาวปฎิพร เตมียกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

ปฏิพร เตมียกุล 2550: อิทธิพลของฤดูปลูกและแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้ายะลวยโจร
3 แหล่งรวบรวม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน
ภาควิชาพืชสวน ปรชชานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ สฤกษ์นรินทร์,
Dr.Ing. 97 หน้า

การศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง และเปอร์เซ็นต์การผสมข้ามของฟ้ายะลวยโจร พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง 89.5 เปอร์เซ็นต์ และ 10.5 เปอร์เซ็นต์สำหรับการผสมข้าม เมื่อศึกษาถึงเสถียรภาพในการให้ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญของฟ้ายะลวยโจรจาก 3 แหล่ง รวบรวม ได้แก่ accession KPS/7 accession RY/2 และ accession SSK โดยปลูกใน 2 สถานที่ และใน 3 ฤดูกาล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก พบว่ามีอิทธิพลของปฏิกริยา ร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม คือ สถานที่และฤดูกาลปลูก ต่อลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักกิ่งต่อต้น ปริมาณสารแลคโตนรวม น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้น โดย accession RY/2 มีเสถียรภาพของลักษณะพื้นที่ใบ ต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณสารแลคโตนรวม และน้ำหนัก แห้งต่อต้นสูงที่สุด สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978) คือ ให้ผลผลิตเฉลี่ยของลักษณะสูง (2,368 ตร.ซม. 69.98 กรัม 45.33 ซม. 40.3 ซม. 11.60 เปอร์เซ็นต์ และ 34.14 กรัม ตามลำดับ) และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ (23.48 14.76 8.32 9.22 17.38 และ 39.90 ตามลำดับ) ส่วน accession SSK มีเสถียรภาพของลักษณะน้ำหนักกิ่ง ต่อต้นสูง สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ ให้น้ำหนักกิ่งต่อต้นเฉลี่ยสูง (90.27 กรัม) และมีค่า สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง (47.76) ส่วน accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะ น้ำหนักสดต่อต้นสูงที่สุด และสามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ ให้น้ำหนักสดต่อต้นสูง (124.50 กรัม) และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง (40.8)

Patiporn Temiyakul 2007: Effects of Seasonal Planting and Locations on Yield Capability of 3 Accessions of *Andrographis paniculata* (Burm.) Wall. ex Nees. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Assistant Professor Pramote Saridnirun, Dr.Ing. 97 pages.

The pollination study showed that *Andrographis paniculata* is the selfing plant, about 89.5% and study about yield and active constituents stability of 3 accessions of *Andrographis paniculata* were evaluated at 2 locations in 3 seasons during January 2006 to April 2007. In each environment, the cultivars were planted in a Randomize Complete Block Design. Combine analysis of variance revealed the statistical significance of genotypic x environment interaction. Results from combined analysis of variance showed statistical significance of genotypic x environment interactions were found on plant high, branch weight of plant, number of branches, fresh weight, plant width and total lactone content. Analysis of stability was conducted using the method of Frencis and Kannenberg (1978) in which mean and coefficient of variance (cv).

The result showed that accessions with the highest leaf area (2,368 cm²), leaf weight (69.98 g.), plant high (45.33 cm.), plant width (40.93 cm.), total lactone content (11.60 %) and dry weight (34.14 g.) had relatively low coefficient of variance (cv) (23.48 14.76 8.32 9.22 17.38 and 39.90 respectively) was accession RY/2. When analyzed using Frencis and Kannenberg (1978) method, accession RY/2 was in group 1. Accession SSK had the highest branch weight (90.27 g.) and high cv (47.76) was in group 2. Accession KPS/7 had the highest fresh weight (124.50 g.) and high cv (40.80) was in group 2.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ สฤณีนิรันดร์ ประธานกรรมการที่
ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือวางแผนงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง
ต่าง ๆ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยิ่งยง ไพสุขสานติวัฒนา กรรมการวิชาเอก
อ.ดร. นุบผา คงสมัย กรรมการวิชาการ และ อ.ดร. กุลศิริ ช. กรับส์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย
ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในงานเขียนวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อ่องอาจ หาญชาญเลิศ หัวหน้าสถานีวิจัยปากช่อง จ. นครราชสีมา
ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้
ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อประโชติ คุณแม่จิตราภรณ์ ที่เป็นกำลังใจ และเป็นแรง
บันดาลใจในความสำเร็จครั้งนี้ ขอขอบคุณน้องชาย นายแมน และญาติ ๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจ
ตลอดมา

ปฎิพร เตมียกุล

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผลและวิจารณ์	28
สรุป	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	84
ภาคผนวก	89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA table) และองค์ประกอบของความแปรปรวนของลักษณะในหนึ่งสภาพแวดล้อม	21
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (ANOVA table) และองค์ประกอบของความแปรปรวนของลักษณะที่ทดสอบ	23
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA table) และองค์ประกอบความแปรปรวน (variance components) ขององค์ประกอบของผลผลิตของฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อประเมินจากการทดสอบใน 2 สถานที่ 3 ฤดูกาล	25
4	เปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง และเปอร์เซ็นต์การผสมข้ามของฟ้ายะลวยโจร	31
5	ค่าเฉลี่ยผลผลิตและปริมาณสารแลกโคตินรวมของฟ้ายะลวยโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม	36
6	ค่าเฉลี่ยผลผลิตและปริมาณสารแลกโคตินรวมของฟ้ายะลวยโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกในฤดูกาลที่แตกต่างกัน	36
7	ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2549)	47
8	ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง มกราคม พ.ศ. 2550)	48
9	ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2549)	49
10	ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2549)	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง มกราคม พ.ศ. 2550)	53
12	ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2549)	54
13	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะพื้นที่ใบต่อดันของ ฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	57
14	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะความสูงต้นของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	57
15	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างทรงพุ่มของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	58
16	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรากต่อดันของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	58
17	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนกิ่งต่อดันของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	59
18	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	59
19	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า LWR ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่ง รวบรวมที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	60
20	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักรากต่อดันของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	60
21	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักแห้งต่อดันของ ฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความน้ำหนักสดต่อต้นของฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล	61
23	ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของข้อมูลฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม รวมทุกสถานที่และทุกฤดูกาลที่ทำการทดสอบ	65
24	สัดส่วนองค์ประกอบของความแปรปรวน (variance component) (เปอร์เซ็นต์) ของลักษณะสำคัญบางประการของฟ้ายะลวยโจรเมื่อประเมินจาก ฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม ใน 2 สถานที่ 3 ฤดูกาล	67
25	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรรวมทุก สภาพแวดล้อม	73
26	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรเมื่อปลูกที่ จ. สระบุรี ในฤดูฝน	75
27	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรเมื่อปลูกที่ จ. สระบุรี ในฤดูแล้ง	76
28	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรเมื่อปลูกที่ จ. สระบุรี ในฤดูร้อน	77
29	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรเมื่อปลูกที่ จ. นครปฐม ในฤดูฝน	79
30	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรเมื่อปลูกที่ จ. นครปฐม ในฤดูแล้ง	80
31	วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้ายะลวยโจรเมื่อปลูกที่ จ. นครปฐม ในฤดูร้อน	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ ในประเทศไทย	92
2	สภาพอากาศโดยเฉลี่ยรายเดือนของ จ. สระบุรี ตลอดการทดลอง	93
3	สภาพอากาศโดยเฉลี่ยรายเดือนของ จ. นครปฐม ตลอดการทดลอง	94
4	อายุวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวมของ ฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกที่ จ. สระบุรี	95
5	อายุวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวมของ ฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกที่ จ. นครปฐม	96
6	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดลองของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม	97

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะต้นฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมจังหวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง	15
2	ลักษณะต้นฟ้าทะลายโจร ระยะหลังดอกแรกบานประมาณ 35 วัน	29
3	ลักษณะโครงสร้างดอกของต้นฟ้าทะลายโจร	29
4	ศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองของฟ้าทะลายโจร	30
5	ศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมข้ามของฟ้าทะลายโจร	30
6	ลักษณะดอกฟ้าทะลายโจรระยะก่อนดอกบาน 1-2 วัน	31
7	น้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) ของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวมที่ปลูกใน ฤดูกาลต่าง ๆ	37
8	ปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวมที่ปลูก ในฤดูกาลต่าง ๆ	37
9	การเปรียบเทียบลักษณะสภาพอากาศในเขตพื้นที่ อ. เมือง จ. สระบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม	38
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) กับน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก	39
11	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) กับปริมาณสารแลคโตน รวม (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก	39
12	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) กับน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก	40
13	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) กับปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก	40
14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) กับน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก	41
15	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) กับปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาล	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
16	การผสมน้ำนํกแห้งของฟ้าทะลายโจรก่อนการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ	42
17	การผสมน้ำนํกใบแห้งของฟ้าทะลายโจรก่อนการการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ	42
18	การผสมน้ำนํกใบแห้งของฟ้าทะลายโจรก่อนการการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ	43
ภาพผนวกที่		
1	การวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์รวม ตามวิธีการของ ทวีผล และคณะ (2544)	90

อิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม

Effects of Seasonal Planting and Locations on Yield Capability of 3 Accessions of *Andrographis paniculata* (Burm.) Wall. ex Nees

คำนำ

ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับการพิจารณาจากกระทรวงสาธารณสุขให้เป็นพืชสมุนไพรที่ควรได้รับการแนะนำและส่งเสริมเพื่อพัฒนาสำหรับการสาธารณสุข และใช้เป็นยาแผนปัจจุบันมากขึ้นตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนเหนือดินของต้นฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์ทางด้านเภสัชวิทยาในการยับยั้ง ป้องกันและรักษาอาการเจ็บป่วยได้ (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน, 2533) อาทิเช่น โรคอุจจาระร่วง แก้วหวัด แก้วเจ็บคอ แก้วปอดอักเสบ แก้วทางเดินอาหารอักเสบ และโรคบิดจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับการใช้เตรตราไซคลิน (วิทย์, 2531) ในปัจจุบันมีการพัฒนาและผลิตฟ้าทะลายโจรเพื่อเป็นวัตถุดิบผสมในอาหารสำหรับใช้ในการเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่ เป็ด และสุกร อย่างกว้างขวาง โดยมีสรรพคุณในการรักษาโรคสัตว์ได้ เช่น แก้วบิด ถ้าใส่อกเสบในลูกสุกร แก้วโรคจี้ขาวในเป็ด ไก่ แก้วโรคปากเปื่อย และโรคขาอ่อนในลูกเป็ด เป็นต้น (ดีพร้อม, 2540)

ถึงแม้ว่าฟ้าทะลายโจรจะได้รับการนิยมปลูกเพื่อความต้องการสารสำคัญทางด้านเภสัชวิทยาจำพวกแลคโตนมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพของสารตัวยาที่สำคัญนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพยา ซึ่งพบปัญหาในเรื่องความไม่สม่ำเสมอของตัวยา อันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม และปัจจัยทางสภาพพันธุกรรมด้วย การที่ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารออกฤทธิ์แตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อมจึงเป็นปัญหาต่อความสม่ำเสมอของคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นในกระบวนการผลิตฟ้าทะลายโจรเพื่อให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารออกฤทธิ์สูง จึงควรเลือกสายแหล่งรวบรวมปลูกที่มีผลผลิตและคุณภาพดี แต่ปัจจุบันขาดสายแหล่งรวบรวมดีที่มีเสถียรภาพและผลผลิตสูง ซึ่งมีปริมาณของสารตัวยาสำคัญสูงเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบเตรียมทำยา ซึ่งการหาความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อผลผลิตและปริมาณสารแลคโตนจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ดังนั้นการพัฒนาทางด้านผลผลิตของฟ้าทะลายโจรเพื่อให้มีผลผลิตสูง มีปริมาณสารสำคัญทางยาประเภทแอลคาลอยด์สูงตามมาตรฐานของ Standard of ASEAN Herbal Medicine คือมีปริมาณสารออกฤทธิ์ในกลุ่มแอลคาลอยด์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 6.0 โดยน้ำหนัก (ทวิผล และคณะ, 2544) และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในประเทศไทยได้ดี จึงจำเป็นต้องศึกษาเสถียรภาพในการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจรในพื้นที่ปลูกและฤดูกาลต่าง ๆ เพื่อหาแหล่งรวบรวมที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้กว้าง หรือเพื่อหาสายแหล่งรวบรวมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเฉพาะ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแหล่งรวบรวม การเกษตรกรรม และเป็นเทคโนโลยีการผลิตฟ้าทะลายโจรที่เหมาะสมทั้งยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปรับใช้วัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ให้มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองและเปอร์เซ็นต์การผสมข้ามของฟ้าทะลายโจร
2. เพื่อเปรียบเทียบเสถียรภาพของผลผลิตและปริมาณสารสำคัญทางยาประเภทแอลคาลอยด์ของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม โดยการวิเคราะห์เสถียรภาพตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978)
3. เพื่อศึกษาถึงผลของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างปัจจัยทางด้านต่าง ๆ ต่อลักษณะการแสดงออกของฟ้าทะลายโจร และศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฟ้าทะลายโจร

ฟ้าทะลายโจรเป็นพรรณไม้ล้มลุกหรือไม้พุ่ม บริเวณข้อมักพองออก (swollen) (สมภพ, 2539) จัดอยู่ในวงศ์ Acanthaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Andrographis paniculata* (Burm.) Wall. ex Nees มีชื่อสามัญว่า The Creat, Creyat Root, Halviva, Kariyat, Green Chiretta และ Kreat (วิทช์, 2531) และชื่อท้องถิ่น ที่เรียกแตกต่างกันตามท้องถิ่น เช่น น้ำลายพังพอน ฟ้าทะลายโจร (กรุงเทพฯ) หญ้ากันงู (สงขลา) ฟ้าสาบ (พิจิตร) สามสิบดี (ร้อยเอ็ด) ฟ้าสะท้าน (พัทลุง) เป็นต้น (เพยาว์, 2534) ลำต้นโตเต็มที่สูง 30-70 เซนติเมตร เป็นสี่เหลี่ยมตั้งตรง แตกกิ่งก้านสาขามาก และออกเฉพาะด้านข้างเท่านั้น (นิจศิริ และ พยอม, 2534) ทั้งต้นมีรสขมมาก ใบเป็นใบเดี่ยว (sample leaf) ลักษณะของใบแคบตรงปลายและโคนใบเป็นแหลมรูปไข่ หรือรูปหอก ยาว 2.5-10 เซนติเมตร ผิวใบเป็นมันสีเขียวเกิดตรงข้ามกันเป็นคู่ ๆ แบบตรงข้ามสลับ (วิทช์, 2531; เพยาว์, 2534) ดอกจะออกเป็นช่อแบบ raceme หรือ panicle ที่บริเวณปลายยอดและง่ามใบ ช่อดอกยาว 2.5-10 เซนติเมตร มักจะออกดอกด้านเดียว และบานจากโคนช่อไปสู่ปลายช่อ กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบเชื่อมติดกัน กลีบดอกมี 5 กลีบ เชื่อมติดกันปลายแยกเป็น 5 แฉก (lobe) แบ่งเป็น 2 ปาก (lip) (สมภพ, 2539) ดอกมีความยาว 3 มิลลิเมตร โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด มีเกสรตัวผู้ ยาว 2 อัน และสั้น 2 อัน (didynamous) ติดกับกลีบดอก ก้านเรณูมีขน อับเรณูสีม่วงดำ มีรังไข่ 1 อัน ประกอบด้วย 2 carpel มี 2 ห้อง แต่ละห้องมี ovule 2 อัน ติดกับรังไข่แบบ axile ตำแหน่งของรังไข่อยู่เหนือวงกลีบ (superior ovary) ก้านเกสรตัวเมีย (style) มี 1 อัน เป็นเส้นยาวบาง ๆ สีแดง โค้งงอมาแตะที่อับเรณูของเกสรตัวผู้ (สำลี และคณะ, 2522; นันทวัน, 2529) ผลเป็นแบบผลแห้งชนิด capsule รูปทรงกระบอก เมล็ดมีลักษณะแบน (disc-like) มีสายขั้วเมล็ด (funiculus) เป็นตะขอเกี่ยวเมล็ดไว้ เมื่อฝักแก่และแห้งจัดจะแตกตามรอยตะเข็บที่อยู่ด้านข้างของฝักแบบมีแรงคืด (elastically dehiscent) (ณพพร, 2530; เจริญ, 2533) ฝักหนึ่งมีประมาณ 6-12 เมล็ด (Farnsworth and Bunyapraphatsara, 1992) มีเขตการกระจายแหล่งรวบรวมตั้งแต่ประเทศอินเดียลงมาถึงอินโดจีน ตอนเหนือของคาบสมุทรมลายู และชาวเจริญเติบโตได้ดีในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนหรือร้อนชื้น ปลูกได้ทุกฤดูกาลและขึ้นได้ดีในดินทุกประเภท (ทวีผล และคณะ, 2544; Perry, 1980)

องค์ประกอบทางเคมีและสรรพคุณ

ส่วนของฟ้าทะลายโจรที่ใช้เป็นยาคือ ส่วนเหนือดิน ซึ่งประกอบด้วยสารสำคัญประเภท แลคโตน เป็นสารที่ให้รสขม มีอยู่หลายชนิด เช่น แอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) นีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (neoandrographolide) ไดออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ (deoxyandrographolide) และ ไดออกซีไดไฮโดรแอนโดรกราโฟไลด์ (deoxy-didehydroandrographolide) เป็นต้น ระยะที่ให้ ปริมาณรวมของสารแลคโตนสูงสุดคือ ระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่ และเริ่มออกดอกจนกระทั่งดอก บาน (มีอายุประมาณ 110-120 วัน) (ทวีผล และคณะ, 2544)

จากการศึกษาสารออกฤทธิ์ที่พบในต้นฟ้าทะลายโจรพบว่า มีสรรพคุณในการรักษาโรค ต่าง ๆ มากมาย สามารถสรุปสรรพคุณได้ 4 ประการ คือ แก้ไข้หวัด ระวังอาการอักเสบ เป็นยาขม เจริญอาหาร ซึ่งนิยมใช้กันมากในประเทศอินเดีย และแก้การติดเชื้อที่ทำให้เกิดอาการ บิด ท้องเสีย ปวดท้อง และกระเพาะลำไส้อักเสบ (สุนทรี, 2536; บุญส่ง, 2537)

วันดี (2539) ฟ้าทะลายโจรเป็นสมุนไพรที่นำมาใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคอุจจาระร่วง และบิด แบคทีเรียได้ผลใกล้เคียงกับเตตราไซคลิน ซึ่งมีฤทธิ์ในการลดการเคลื่อนไหว และลดการหดรั้งของ ลำไส้ได้

ศิริมา และคณะ (2532) รายงานว่าการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรสามารถยับยั้งการเกิดแผล ในกระเพาะอาหารจากความเครียดและจากการทานยาแอสไพรินได้ อีกทั้งยังให้ผลในการรักษา แผลที่เกิดจากกรดอะซิติค

คุณสมบัติเด่นของฟ้าทะลายโจรที่พบในประเทศไทย

เนื่องจากฟ้าทะลายโจรเป็นพืชที่พบและขึ้นได้ง่ายในหลายพื้นที่ทั่วไป ทำให้มีการนำมาใช้ ประโยชน์กันในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาธารณรัฐประชาชนจีนมี การศึกษาถึงองค์ประกอบของสารสำคัญทางเภสัชวิทยาอย่างจริงจัง เนื่องจากในตำรับยาจีนที่ สามารถรักษาโรคต่าง ๆ ได้ดีนั้น จะต้องประกอบด้วยตัวยาหรือสมุนไพรหลายชนิดรวมกันแต่ พบว่า สมุนไพรฟ้าทะลายโจรเพียงชนิดเดียวสามารถรักษาโรคต่าง ๆ อย่างได้ผล จึงถือว่า

ฟ้าทะลายโจรเป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณสูง ทั้งนี้จึงได้มีการทดสอบหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในต้นฟ้าทะลายโจรตามภูมิภาคต่าง ๆ ของสาธารณรัฐประชาชนจีน และมีการทดสอบสารออกฤทธิ์ของต้นฟ้าทะลายโจรที่ขึ้นอยู่ในประเทศไทยพบว่า มีสารออกฤทธิ์มากกว่าที่พบในสาธารณรัฐประชาชนจีน และจากการศึกษาของคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพบว่า ฟ้าทะลายโจรที่มีอยู่ในประเทศไทยนั้นใบแห้งมีสารแอนโดรกราโฟไลด์มากถึง 1.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในสาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนดว่า ถ้ามีสารนี้ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ก็จะสามารถใช้ทำเป็นยารักษาโรคได้ (ดีพร้อม, 2540)

เย็นจิตร และคณะ (2533) ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีของฟ้าทะลายโจร จำนวน 15 ตัวอย่าง โดยเก็บจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ในประเทศ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างฟ้าทะลายโจรของสาธารณรัฐประชาชนจีน ภายใต้ข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานของฟ้าทะลายโจรในสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้มีสารออกฤทธิ์ไม่ต่ำกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ฟ้าทะลายโจรของประเทศไทยส่วนใหญ่มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์รวมสูงกว่าฟ้าทะลายโจรของสาธารณรัฐประชาชนจีน

การเขตรกรรมกับความแปรปรวนของผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

ปัจจุบันพบว่าปัญหาที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตฟ้าทะลายโจรเชิงอุตสาหกรรม คือ ความไม่สม่ำเสมอของสายพันธุ์ ผลผลิต และปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ซึ่งบุญส่ง (2537) ทำการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ของฟ้าทะลายโจรจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร จ. ประจวบคีรีขันธ์ พบว่า การปลูกโดยไม่ใส่อินทรีย์วัตถุหรือปุ๋ยเคมีจะให้ปริมาณสารออกฤทธิ์สูงสุด คือ 3.32 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้ปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียวจะให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ต่ำกว่าเมื่อใส่อินทรีย์วัตถุอื่น ๆ คือ 2.04 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 21-11-11 เพียงอย่างเดียวจะให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ต่ำสุด คือ 1.67 เปอร์เซ็นต์

ราเชนทร์ (2537) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นฟ้าทะลายโจรภายใต้ช่วงระยะเวลาปลูกและชุดดินที่แตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน และสถานีวิจัยกาญจนบุรี พบว่า ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตตอบสนองต่อฤดูปลูกที่แตกต่างกัน โดยการปลูกด้วยน้ำชลประทานในเดือนเมษายนจะให้น้ำหนักแห้งของใบสูงกว่าการปลูกในเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม การปลูกโดยอาศัยน้ำฝนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม จะทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการ

เจริญเติบโตและสะสมน้ำหนักรากแห้งสูงสุด สำหรับการตอบสนองต่อชุดดิน พบว่า น้ำหนักแห้งของ ฟ้ายะลวยโจรที่ปลูกในดินชุดปากช่อง จะมากกว่าการปลูกในดินชุดตาคี ชุขระของ และชุดโคราช ตามลำดับ

หัตยา (2539) ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของวันปลูกและจำนวนต้นต่อพื้นที่ต่อคุณภาพและการให้ผลผลิตของฟ้ายะลวยโจร พบว่า วันปลูกมีอิทธิพลต่อปริมาณสารสำคัญ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่อพื้นที่ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่อพื้นที่ และน้ำหนักแห้งของต้น กิ่งก้าน ซึ่งจะมีค่าสูงสุดเมื่อปลูกในเดือนมิถุนายน แต่จะมีอายุการออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (ระยะเก็บเกี่ยว) ช้าที่สุดคือ 148.7 วัน ส่วนการปลูกในเดือนธันวาคมจะออกดอกเร็วที่สุดคือ 122.3 วัน และพบว่า มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและระยะปลูกในการศึกษาน้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่อพื้นที่ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่อพื้นที่ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของใบต่อต้น ซึ่งวันปลูกในเดือนมิถุนายน มีการตอบสนองมากกว่าในวันปลูกอื่นมาก โดยการไ้ระยะปลูกที่กว้างขึ้นมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่อพื้นที่ และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่อพื้นที่ลดลง ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของใบต่อต้นเพิ่มขึ้นทั้งนี้ระยะปลูกไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างสารสำคัญของฟ้ายะลวยโจร

บุญส่ง (2540) ทำการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้ายะลวยโจรซึ่งได้มาจาก 8 จังหวัดในประเทศไทย พบว่า ฟ้ายะลวยโจรที่ได้จากจังหวัดกาญจนบุรีให้ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ สูงสุดถึง 10.14 เปอร์เซ็นต์ และฟ้ายะลวยโจรจาก จ. นครศรีธรรมราช ให้ปริมาณสารต่ำสุด คือ 1.15 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ยังได้ศึกษาถึงผลของธาตุอาหารหลัก N P K ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ ในใบฟ้ายะลวยโจร พบว่า ฟ้ายะลวยโจรซึ่งได้รับ N:P:K ในอัตรา 0-3-6 ให้ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สูงสุด คือ 31.61 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอัตราส่วน N:P:K ในอัตรา 6-0-0 ให้ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ ต่ำสุด คือ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ยูเรีย (N) 12 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกการทดลองจะให้เปอร์เซ็นต์สารแอนโดรกราโฟไลด์ สูงกว่า 22 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นอัตราส่วน 12-6-0

อำนาจ (2540) ศึกษาถึงอิทธิพลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้ายะลวยโจร ณ สถานีวิจัย เขาหินซ้อน อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา พบว่า ฟ้ายะลวยโจรตอบสนองต่อวิธีการปลูกแตกต่างกัน การปลูกโดยใช้เมล็ดปลูกโดยตรงที่ระยะปลูก 50x15 เซนติเมตร ให้ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด แต่พบปัญหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดต่ำเนื่องจากเมล็ดมีการพักตัว

สุมาลี (2545) ทำการศึกษาถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของฟ้าทะลายโจรโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และรูปแบบไอโซไซม์ พบว่า ฟ้าทะลายโจรที่เก็บเมล็ดมาจากแหล่งปลูกที่ต่างกัน มีความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนข้อต่อต้น ความยาวปล้อง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความกว้างดอก ความยาวดอก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบและกิ่ง ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ และอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

เสถียรภาพของพันธุ์

Becker (1981) ได้เสนอความหมายของคำว่า เสถียรภาพของพันธุ์ (stability) เป็น 2 แนวความคิด คือ เป็นพันธุ์ ที่มีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่ำ และมีการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ คงที่ในทุกสภาพแวดล้อม ซึ่งต่อมา Wescott (1987) เสนอว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพควรมีค่าเฉลี่ยที่สูงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย นอกจากการแสดงออกที่คงที่ในทุกสภาพแวดล้อม

Heinrich *et al.* (1983) กล่าวว่า การที่พันธุ์มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตนั้น เนื่องจากมีความแปรปรวนทางพันธุกรรม มีความสมดุลกันในองค์ประกอบของผลผลิต ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และสามารถฟื้นตัวได้เร็วหลังเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสม

ปฏิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม

ลักษณะปรากฏ (Phenotype) คือ ลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น อันเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของลักษณะทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$P = G + E + G \times E$$

โดยกำหนดให้	P	=	ลักษณะปรากฏ (phenotype)
	G	=	ลักษณะทางพันธุกรรม (genotype)
	E	=	สภาพแวดล้อม (environment)
	Gx E	=	ปฏิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genotype and environment interaction)

ลักษณะปรากฏของพืชที่แสดงออกมาให้เห็นตลอดจนความผันแปรของพืชแต่ละต้นภายในประชากรเกิดขึ้นได้ด้วยสาเหตุ 2 ประการ คือ ความผันแปรทางพันธุกรรม ได้แก่ การแสดงออกของยีน (gene expression) ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ ประการที่สองคือ ความผันแปรเนื่องจากสภาพแวดล้อมซึ่งไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ และถือเป็นอุปสรรคต่อการคัดเลือกอีกด้วย (กฤษฎา, 2528; พีระศักดิ์, 2525) โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะทางปริมาณ (quantitative trait) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนหลายตัว (polygenes) การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณเป็นผลจากการแสดงออกของยีน ได้แก่ modifying gene ซึ่งเป็นกลุ่มของยีนที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดการแสดงออกของยีนหลัก (major gene) และ multiple factors ประกอบด้วยยีนหลายตัวโดยแต่ละตำแหน่งจะแสดงออกอย่างอิสระ ในเชิงบวก ซึ่งจะผันแปรไปตามสภาพแวดล้อมหากสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากต่อการแสดงออกของยีน ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์พืชจะช้าตามไปด้วย (สุทัศน์, 2525)

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรมนั้นสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท (Allard and Bradshaw, 1964) คือ สภาพแวดล้อมที่สามารถทำนายได้ โดยประเมินจากลักษณะที่ต้องการแบบเฉพาะเจาะจง เช่น ชนิดของดินกับลักษณะทางพันธุกรรม ระยะปลูกพืชกับลักษณะทางพันธุกรรมเป็นต้น และ สภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถทำนายได้ โดยประเมินจากปฏิกริยาร่วมระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมกับสถานที่ปลูก (genotype x location) ลักษณะทางพันธุกรรมกับปี (genotype x year) และลักษณะทางพันธุกรรม สถานที่ปลูก และปี (genotype x location x year) เป็นต้น

อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยที่ทำให้การแสดงออกของพืชไม่ตรงตามลักษณะทางพันธุกรรมเมื่อปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงเป็นอุปสรรคในการคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ เพราะลักษณะดังกล่าวอาจแสดงออกไม่สมบูรณ์หรือไม่แสดงออกเลยถ้าสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม โดย Comstock and Moll (1963) ได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีค่ามาก จะทำให้ความก้าวหน้าของการคัดเลือกลดลง เนื่องจากความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเป็นผลเนื่องจากสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และพีระศักดิ์ (2525) กล่าวว่า ถ้าอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีค่าสูงเกินไป อาจทำให้ไม่สามารถตรวจพบความแตกต่างของลักษณะที่สนใจระหว่างแหล่งรวบรวมที่แตกต่างกันได้

ขนาดของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมจะลดลง เมื่อประชากรมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง Spargue and Federer (1951) รายงานว่า ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมคู่มีปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมน้อยกว่าพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว หรืออาจทำการลดขนาดของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมโดยใช้สายพันธุ์ละ (multiline cultivars) ที่มีพันธุกรรมหลายลักษณะปนกัน แต่ละลักษณะมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ในช่วงที่แตกต่างกัน ทำให้ประชากรพืชสามารถแสดงการปรับตัวได้ดีกับช่วงสภาพแวดล้อมที่กว้าง แต่พบว่ามีข้อเสียคือ ประชากรที่ได้จะมีความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ มากขึ้น รวมถึงลักษณะผลผลิตด้วย (Allard and Bradshaw, 1964)

การจัดกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่มีความคล้ายคลึงกันก็สามารถลดปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมลงได้ Horner and Frey (1957) รายงานว่าสามารถลดค่าปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมได้ จากการทดสอบพันธุ์ข้าวโอ๊ต พบว่าสามารถลดค่าปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมลงได้ 11 21 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทำการแบ่งพื้นที่ในการทดสอบออกเป็น 2 3 4 และ 5 กลุ่ม ตามลำดับ

Eberhart and Russell (1964) เสนอวิธีการลดขนาดของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูง นั่นคือ มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่ำ เมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไป

การประเมินค่าเสถียรภาพของแหล่งรวบรวม

มีผู้เสนอวิธีการประเมินเสถียรภาพของพันธุ์ (stability parameter) เพื่อหาพันธุ์ที่มีเสถียรภาพจากการตอบสนองของพันธุกรรมต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่ง Lin *et al.* (1986) แบ่งกลุ่มของค่าการวัดเสถียรภาพที่ใช้ในการประเมินการตอบสนองของพันธุกรรมต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้เป็น 3 แบบ คือ

1. พิจารณาค่าความแปรปรวนของพันธุกรรมในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ
2. พิจารณาจากการตอบสนองของแต่ละพันธุกรรมในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เทียบกับการตอบสนองโดยเฉลี่ยของทุกพันธุกรรม

3. พิจารณาจากค่า residual mean square ที่คำนวณได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรงบนดัชนีของสภาพแวดล้อม

Francis and Kannenberg (1978) เสนอวิธีการวัดเสถียรภาพแบบที่ 1 โดยทำการทดสอบข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว 15 สายพันธุ์ โดยการแบ่งกลุ่มตามผลผลิตเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variation; cv) ซึ่งจัดเป็นค่าเสถียรภาพแบบที่ 1 (Lin *et al.*, 1986) สามารถจัดแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ
- กลุ่มที่ 2 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง
- กลุ่มที่ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ
- กลุ่มที่ 4 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง

Finlay and Wilkinson (1963) ได้เสนอวิธีการวัดเสถียรภาพแบบที่ 2 โดยการสร้างรีเกรสชันเส้นตรงของผลผลิตเฉลี่ยของข้าวบาร์เลย์แต่ละพันธุ์บนผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมพบว่า รีเกรสชันที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง จึงต้องทำการแปลงข้อมูลเป็น log ฐาน 10 ก่อนได้ผลสรุปดังนี้

- พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) ใกล้เคียง 1 จัดว่ามีเสถียรภาพเท่ากับเสถียรภาพเฉลี่ย และถ้าพันธุ์นั้นมีผลผลิตเฉลี่ยสูงก็จะเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวได้อย่างกว้างขวาง แต่ถ้าผลผลิตเฉลี่ยต่ำก็แสดงว่าพันธุ์นั้น ไม่มีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมทั้งหมด

- พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) มากกว่า 1 จัดว่ามีเสถียรภาพต่ำกว่าเสถียรภาพเฉลี่ย และมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตสูง

- พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) ต่ำกว่า 1 แสดงว่าพันธุ์นั้นมีเสถียรภาพสูงกว่าเสถียรภาพเฉลี่ย และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมาก ถือได้ว่ามีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตต่ำ

- พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) เท่ากับ 0 แสดงว่าพันธุ์นั้นมีเสถียรภาพของลักษณะที่แสดงออกสมบูรณ์ที่สุด เป็นพันธุ์ที่ดีที่สุด

Eberhart and Russel (1964) เสนอวิธีการหาค่า stability parameter แบบที่ 3 โดยใช้ดัชนีของสภาพแวดล้อมแทนผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อม ตามวิธีของ Finlay and Wilkinson (1963) เพื่อแก้ไขปัญหาและลดขนาดของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ดัชนีนี้สร้างขึ้นจากค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมด้วยค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์จากทุกสภาพแวดล้อม จากนั้นสร้างรีเกรสชันระหว่างผลผลิตของทุกพันธุ์กับดัชนีสภาพแวดล้อม เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละพันธุ์ ซึ่งใช้เป็นค่าประเมินเสถียรภาพของแต่ละพันธุ์ ประกอบกับค่าประเมินอีกค่าหนึ่ง คือ ค่าเบี่ยงเบน โดยเฉลี่ยจากความแปรปรวนจากเส้นรีเกรสชัน (deviation mean square from regression) โดยพันธุ์ที่มีเสถียรภาพควรเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 1 และมีค่าเบี่ยงเบน โดยเฉลี่ยจากความแปรปรวนจากเส้นรีเกรสชันใกล้ 0

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง และการผสมข้ามในฟ้าทะลายโจร

ทำการปลูกฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวม จังหวัดสระบุรี โดยการย้ายกล้าปลูกลงในกระถางขนาด 12 นิ้ว จำนวน 10 กระถาง ที่รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 15 กรัมต่อต้น หลังจากย้ายกล้าปลูกประมาณ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 15 กรัมต่อต้น และหลังจากย้ายกล้าปลูกประมาณ 1 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 30 กรัมต่อต้น ด้วยวิธีขุดหลุมลึกประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วใช้ดินกลบ

เมื่อต้นฟ้าทะลายโจรเริ่มมีดอกแรกบาน หลังจากนั้นประมาณ 35-54 วันหลังดอกบานจะเป็นช่วงที่มีดอกบานมากที่สุด (หฤทัย, 2550) จึงทำการเลือกดอกฟ้าทะลายโจรในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเพื่อทำการทดลอง โดยจะใช้ดอกฟ้าทะลายโจรช่วงระยะดอกตูมก่อนบาน 1-2 วัน เพื่อศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง และการผสมข้าม โดยทำการศึกษาในช่วงระยะเวลาประมาณ 16.30 – 18.00 น. ด้วยวิธีการใช้สำลีหุ้มดอกเพื่อควบคุมให้ได้รับการผสมกันเองภายในดอก และให้มีการผสมข้ามระหว่างดอกโดยใช้ปากคีบปลายแหลมเขี่ยกลีบดอกออก จากนั้นจึงคีบอับเรณูของเกสรตัวผู้ทิ้งแล้วปล่อยให้มีการผสมตามธรรมชาติ เพื่อเป็นการศึกษาเปอร์เซ็นต์การผสมข้าม แล้วนับจำนวนดอกที่สามารถติดเมล็ดได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม

การคัดเลือกฟ้าทะลายโจรเพื่อใช้ในการทดลอง

จากรายงานของ Maison (2005) (ตารางภาคผนวกที่ 1) ทำการศึกษาฟ้าทะลายโจรจำนวน 26 ตัวอย่าง จาก 17 แหล่งรวบรวม พบว่า ฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ มีปริมาณสาร

แลคโตนรวมในระดับที่แตกต่างกัน คือ มีค่าตั้งแต่ 1.1 ถึง 13.8 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อ ปฏิพธ (2548) ทำการนำตัวอย่างฟ้าทะลายโจรจำนวน 7 ตัวอย่าง จาก 6 แหล่งรวบรวม ที่มีปริมาณสารแลคโตนรวมสูง ในตัวอย่างข้างต้นมาทำการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเครื่องหมาย AFLP โดยใช้คู่ไพรเมอร์จำนวน 64 คู่ พบว่า มีไพรเมอร์จำนวน 56 คู่ ที่ปรากฏเครื่องหมาย AFLP ตั้งแต่ 9-17 เครื่องหมายต่อคู่ไพรเมอร์ โดยมีขนาดระหว่าง 170-676 bp และมีจำนวน 4 คู่ไพรเมอร์ ที่มีความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอเพียงเล็กน้อย และมีจำนวน 52 คู่ไพรเมอร์ ที่พบว่า ไม่มีความแตกต่างของแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของฟ้าทะลายโจรจากแหล่งต่าง ๆ ที่ทำการทดสอบ

แม้ว่าการศึกษาแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมาย AFLP ของฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ นั้นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ แต่ทั้งนี้เมื่อทำการปลูกทดสอบฟ้าทะลายโจร พบว่า ฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ ยังคงมีการแสดงออกทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อม อันได้แก่ ฤดูกาลปลูก และแหล่งปลูก ที่ส่งผลต่อการแสดงออกทางสัณฐานวิทยาของฟ้าทะลายโจร

ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกฟ้าทะลายโจรจากรายงานของ Maison (2005) เพื่อมาใช้ในการทดลอง โดยพิจารณาจากลักษณะผลผลิต และปริมาณสารแลคโตนรวมที่มีปริมาณสูง ซึ่งสามารถคัดเลือกฟ้าทะลายโจรมาได้จาก 3 แหล่งรวบรวม (ภาพที่ 1) คือ

Accession 7 จากแหล่งรวบรวม อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ใช้แทนด้วย accession KPS/7

Accession 17 จากแหล่งรวบรวม จ. ระยอง ใช้แทนด้วย accession RY/2

Accession 20 จากแหล่งรวบรวม จ. ศรีสะเกษ ใช้แทนด้วย accession SSK



a



b



c

ภาพที่ 1 ลักษณะต้นฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมจังหวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

a) จากแหล่งรวบรวม อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม (accession KPS/7)

b) จากแหล่งรวบรวม จ. ระยอง ใช้แทนด้วย (accession RY/2)

c) จากแหล่งรวบรวม จ. ศรีสะเกษ ใช้แทนด้วย (accession SSK)

การเลือกสถานที่ปลูกเพื่อใช้ในการปลูกศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

การปลูกเพื่อประเมินลักษณะครั้งนี้ สนใจที่จะทดสอบใน 2 สถานที่ คือ จ. สระบุรี และ จ. นครปฐม โดยปลูกทดสอบใน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม) ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม) และฤดูร้อน (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) ทั้งนี้เนื่องจาก

จังหวัดสระบุรี เป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงปลุสัตว์ในเชิงพาณิชย์เพื่อการบริโภคในจังหวัด และจำหน่ายทั้งในประเทศ และต่างประเทศเป็นปริมาณมาก โดยสัตว์ที่นิยมเลี้ยงกันมาก ได้แก่ ไก่ เป็ด และสุกร ทั้งนี้ในเขตพื้นที่บางส่วนของจังหวัดมีการปลูกฟัทะลายโจรบ้างแล้ว และสำหรับการปลูกฟัทะลายโจรเพื่อการปลุสัตว์นั้นต้องปลูกเป็นปริมาณมากเพื่อใช้ผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์เพื่อให้ได้ปริมาณสารสำคัญทางยาสูง ดังนั้นหากได้ฟัทะลายโจรที่ผลผลิตมีคุณภาพ และปริมาณสารสำคัญทางยาสูง จะสามารถลดปริมาณการเจือปนฟัทะลายโจรในอาหารเลี้ยงสัตว์ลงได้ อีกทั้งยังมีปริมาณสารสำคัญทางยาสูงเช่นเดิม ดังนั้นจึงจัดเป็นจังหวัดที่มีความเหมาะสมที่จะมีการปลูกฟัทะลายโจรเพื่ออุตสาหกรรมด้านปลุสัตว์ ทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิต และป้องกันการเกิดโรคในสัตว์ได้เป็นอย่างดี

จังหวัดนครปฐม เป็นจังหวัดที่มีการผลิตฟัทะลายโจรเพื่อใช้ทำเป็นยาแผนปัจจุบันในการรักษาโรคในมนุษย์ เช่น โรคอูจาระร่วง แก้วหัวดี แก้วเจ็บคอ แก้วปอดอักเสบ และแก้วทางเดินอาหารอักเสบ เป็นต้น โดยพื้นที่การผลิตส่วนใหญ่อยู่ที่ ต. บ้านยาง และ ต. ทัพหลวง เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้ ฟัทะลายโจรที่มีคุณภาพ คือ มีผลผลิตและปริมาณสารสำคัญทางยาสูงในการปลูกเพื่อผลิตยารักษาโรคนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะเป็นการพัฒนาคุณภาพของผลผลิต และสารสำคัญทางยาให้มีคุณภาพ และประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

การปลูกฟัทะลายโจรเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิต

ทำการปลูกฟัทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมจังหวัดต่าง ๆ ทั้ง 3 แหล่งรวบรวม โดยปลูกทดสอบใน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม) ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม) และฤดูร้อน (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) และใน 2 สถานที่ปลูก คือ อ. เมือง จ. สระบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม รวม 6 สภาพแวดล้อม โดยการย้ายกล้าปลุกลงในแปลงทดลองขนาดกว้าง 1.5 เมตร และยาว 3.5 เมตร ที่คลุมด้วยฟัพลาสติกคลุมแปลง แหล่งรวบรวมละ 4 แปลงย่อย โดยปลูกจำนวน 3 แถวด้วยระยะปลุกระหว่างแถว 40 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้น

30 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 15 กรัมต่อต้น หลังจากย้ายกล้าปลูกประมาณ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 15 กรัมต่อต้น และหลังจากย้ายกล้าปลูกประมาณ 1 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 30 กรัมต่อต้นด้วยวิธีจุด หลุมลึกประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วใช้ดินกลบ ให้น้ำด้วยระบบมินิสปริงก์เกอร์ (mini sprinkle) ทุกวัน วันละ 1 ครั้ง นานประมาณ 45 นาที วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomize Completely Block Design) จำนวน 4 ซ้ำ

การบันทึกผล

ทำการสุ่มต้นพืชหลายโหลที่ปลูกในแถวกลางของแต่ละแปลงทดลองย่อย เพื่อศึกษาข้อมูล ดังนี้

1. ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (สุ่มเก็บข้อมูล 6 ต้นต่อซ้ำ)

1.1 ความสูงต้นจากโคนระดับผิวดินข้อแรกถึงปลายยอดข้อสุดท้ายของลำต้นหลัก (เซนติเมตร) (สุ่มเก็บข้อมูล 6 ต้นต่อซ้ำ)

1.2 ความกว้างทรงพุ่ม วัดส่วนที่กว้างที่สุด (เซนติเมตร) (สุ่มเก็บข้อมูล 6 ต้นต่อซ้ำ)

1.3 จำนวนกิ่ง (กิ่งต่อต้น) (สุ่มเก็บข้อมูล 6 ต้นต่อซ้ำ)

1.4 ขนาดใบ (วัดสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว) ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (area meter) รุ่น LI-3100 (บริษัท LI-COR, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา) (ตารางเซนติเมตร) (สุ่มเก็บข้อมูล 4 ต้นต่อซ้ำ)

1.5 ปริมาณใบต่อต้น (Chiarello *et al.*, 1989) พิจารณาเทียบจากน้ำหนักเป็นเกณฑ์ โดยบันทึกน้ำหนักใบ (แยกส่วนลำต้นออก) เปรียบเทียบกับน้ำหนักทั้งหมดนำมาคำนวณเป็น ดัชนีบ่งบอกความมีใบมากหรือน้อย (สุ่มเก็บข้อมูล 6 ต้นต่อซ้ำ) ดังสมการ

$$\text{LWR (Leaf Weight ratio)} = \frac{\text{น้ำหนักใบ}}{\text{น้ำหนักใบ+ลำต้น (ทั้งหมด)}}$$

1.6 ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น (กรัม) (สุ่มเก็บข้อมูล 4 ต้นต่อซ้ำ)

1.7 ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่โดยเก็บเกี่ยวต้นฟ้าทะลายโจรทั้งหมดจากแปลงทดลอง บันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น (กรัม)

1.8 อายุการเก็บเกี่ยว (วัน) โดยเก็บเกี่ยวที่ระยะดอกแรกบานประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทั้งหมดในแปลงปลูก

2. ศึกษาปริมาณสารแอลคินทรอม (เปอร์เซ็นต์)

โดยสุ่มตัวอย่างฟ้าทะลายโจรจากทั้ง 3 แหล่งรวบรวม ที่อายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอลคินทรอม ตามวิธีการของ ทวีผล และคณะ (2544) (ภาพผนวกที่ 1) แล้วคำนวณค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

2.1.1 หาน้ำหนักคงที่ของ weighing bottle (ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ)

อบ weighing bottle ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบโดยใช้คีมจับ คีบ weighing bottle ใส่ใน desiccators ทิ้งให้เย็น ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วนำ weighing bottle ไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปใส่ใน desiccators ทิ้งให้เย็นประมาณ 30 นาที นำไปชั่งน้ำหนักคงที่ (constant weight)

2.1.2 การหาปริมาณความชื้นของฟ้าทะลายโจร (ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ)

ชั่งตัวอย่างฟ้าทะลายโจร จำนวน 5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ใน weighing bottle ที่หาน้ำหนักคงที่แล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ desiccators และทิ้งให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำ weighing bottle ไปอบต่ออีก

1 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่คงที่ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างฟ้าทะลายโจร ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ ความชื้นในตัวอย่างฟ้าทะลายโจร (loss on drying)} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } W &= \text{น้ำหนักตัวอย่างฟ้าทะลายโจร (กรัม)} \\ W_1 &= \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบที่ 105 องศาเซลเซียส (กรัม)} \\ W_2 &= \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบที่ 105 องศาเซลเซียส (กรัม)} \end{aligned}$$

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์)

คำนวณหาน้ำหนักของฟ้าทะลายโจรที่ปราศจากความชื้น โดยใช้น้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจรที่บดละเอียด ซึ่งชั่งอย่างละเอียดเพื่อการวิเคราะห์ หักออกด้วยปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นหาโดยวิธีการหาน้ำหนักที่หายไปเมื่อแห้ง (loss on drying) ใน SOP (Standard Operating Procedure) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (moisture content หรือ loss on drying) ในตัวอย่างฟ้าทะลายโจรที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ปริมาณแลคโตนรวมคิดเป็นแอนโดรกราโฟไลด์ จำนวนจากสารละลาย 0.1 M NaOH ปริมาตร 1 มิลลิลิตร สมมูลกับแอนโดรกราโฟไลด์ปริมาณ 35.05 มิลลิกรัม โดยปริมาณ แอนโดรกราโฟไลด์ที่ได้นำมาคิดเทียบกับน้ำหนักที่ไม่มีมีความชื้นของตัวอย่างฟ้าทะลายโจรที่ใช้วิเคราะห์ โดยคำนวณเป็นร้อยละ จากสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ total lactone} = \frac{M_{\text{HCl}} \times (V_{\text{blank}} - V_{\text{sample}}) \times 0.03504 \times 100}{0.1 \times \text{wt of sample ที่ปราศจากความชื้น}}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } M_{\text{HCl}} &= \text{molarity ของกรด HCl ที่ใช้ titrate} \\ V_{\text{blank}} &= \text{ปริมาตรของกรด HCl ที่ titrate กับ blank} \\ V_{\text{sample}} &= \text{ปริมาตรของกรด HCl ที่ titrate กับสารละลายตัวอย่าง} \\ \text{wt of sample} &= \text{น้ำหนักตัวอย่างที่ปราศจากความชื้น} \end{aligned}$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของ ฟ้ายะลวยโจร 3 แหล่งรวบรวม แบ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้คือ

1. ศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการสร้างผลผลิต และปริมาณสารสำคัญของ ฟ้ายะลวยโจร

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละสถานที่ปลูก ได้แก่ แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี และแปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ใน 3 ฤดูกาลปลูก คือ ฤดูฝน (เดือน พฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม) ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม) และฤดูร้อน (เดือนมกราคมถึง เดือนเมษายน) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงการปลูกในสถานที่และฤดูกาลที่แตกต่างกันต่อผลผลิตและ ปริมาณสารสำคัญของฟ้ายะลวยโจร

1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะแต่ละ สภาพแวดล้อม ตามแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design) โดยมีรูปแบบทางสถิติและตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 1) ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + E_{ij}$$

เมื่อ	Y_{ij}	คือ	ลักษณะปรากฏของแหล่งรวบรวมที่ i บล็อกที่ 1
	μ	คือ	ค่าเฉลี่ยทั้งหมด
	G_i	คือ	อิทธิพลของพันธุ์กรรมที่ $i, i = 1, \dots, g$ และ $g = 3$
	B_j	คือ	อิทธิพลของบล็อกที่ $j, j = 1, 2, \dots, b$ และ $b = 4$
	E_{ij}	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA table) และองค์ประกอบของความแปรปรวนของลักษณะในหนึ่งสภาพแวดล้อม

Source of variation	df	MS	F test
Block	b - 1	MS _B	
Genotype	g - 1	MS _G	MS _G / MS _E
Error	(g - 1)(b - 1)	MS _E	
Total	g b - 1		

2. ศึกษาเสถียรภาพของผลผลิตและปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร

โดยดำเนินการทดลองปลูกฟ้าทะลายโจรใน 2 สถานที่ปลูก ได้แก่ แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี และแปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ใน 3 ฤดูกาลปลูก คือ ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549) ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2550) และฤดูร้อน (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2550)

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะ แต่ละสภาพแวดล้อม ตามแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design) โดยมีรูปแบบทางสถิติและตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 1)

2.2 ทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน (homogeneity of variance) โดยวิธี Hartley's test เพื่อจัดกลุ่มการทดลองที่มีค่า error variance เป็นเอกภาพกัน (homogeneous) ไว้ในกลุ่มเอกภาพเดียวกันโดยตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$$F_{\max} = \text{largest } s^2 / \text{smallest } s^2$$

และจะทำการปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_{\max} > F_{\alpha} (t, n)$

2.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) ของการทดลองที่มีความแปรปรวนเป็นเอกภาพ เพื่อทดสอบปฏิกริยาร่วมของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GxE) โดยสถานที่ปลูก ฤดูกาล และแหล่งรวบรวมเป็นปัจจัยสุ่ม (random effect) โดยมีรูปแบบทางสถิติ ดังนี้ (ตารางที่ 2)

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + L_j + S_k + (GL)_{ij} + (GS)_{ik} + (LS)_{jk} + (GLS)_{ijk} + R_{l(jk)} + E_{ijkl}$$

เมื่อ	Y_{ijk}	คือ	ลักษณะปรากฏของแหล่งรวบรวมที่ i สถานที่ปลูกที่ j ฤดูกาลที่ k และบล็อกที่ l
	μ	คือ	ค่าเฉลี่ยทั้งหมด
	G_i	คือ	อิทธิพลของพันธุกรรมที่ i, $i = 1, \dots, g$ และ $g = 3$
	L_j	คือ	อิทธิพลของสถานที่ปลูกที่ j, $j = 1, \dots, l$ และ $l = 2$
	S_k	คือ	อิทธิพลของฤดูกาลที่ k, $k = 1, 2, \dots, s$ และ $s = 3$
	$(GL)_{ij}$	คือ	อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมที่ i กับสถานที่ปลูกที่ j
	$(GS)_{ik}$	คือ	อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมที่ i กับฤดูกาลที่ k
	$(LS)_{jk}$	คือ	อิทธิพลร่วมระหว่างสถานที่ปลูกที่ j กับฤดูกาลที่ k
	$(GLS)_{ijk}$	คือ	อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมที่ i กับสถานที่ปลูกที่ j กับฤดูกาลที่ k
	$R_{l(jk)}$	คือ	อิทธิพลของซ้ำที่ l, $l = 1, 2, \dots, b$ และ $b = 4$ ในสถานที่ j กับ ฤดูกาลที่ k
	E_{ijkl}	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (ANOVA table) และองค์ประกอบของความแปรปรวนของลักษณะที่ทดสอบ

Source of variation	df	MS	F test
Locations (L)	$l-1$	MS_L	$(MS_L + MS_{GLS}) / (MS_{GL} + MS_{LS})$
Seasons (S)	$s-1$	MS_S	$(MS_S + MS_{GLS}) / (MS_{GS} + MS_{LS})$
Locations x Seasons (LS)	$(l-1)(s-1)$	MS_{LS}	MS_{LS} / MS_{GLS}
Rep. within Locations and Seasons (R)	$ls(b-1)$	MS_R	MS_R / MS_E
Genotypes (G)	$g-1$	MS_G	$(MS_G + MS_{GLS}) / (MS_{GL} + MS_{GS})$
Genotypes x Locations (GL)	$(g-1)(l-1)$	MS_{GL}	MS_{GL} / MS_{GLS}
Genotypes x Seasons (GS)	$(g-1)(s-1)$	MS_{GS}	MS_{GS} / MS_{GLS}
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	$(g-1)(l-1)(s-1)$	MS_{GLS}	MS_{GLS} / MS_E
Pooled error (E)	$(b-1)(g-1)ls$	MS_E	
Total	$glsb-1$		

2.4 เมื่อทดสอบพบนัยสำคัญทางสถิติของ GxE แล้วจึงทำการวิเคราะห์หาเสถียรภาพ (stability parameter) ของแหล่งรวบรวมตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978) โดยการจัดกลุ่มดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ
- กลุ่มที่ 2 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง
- กลุ่มที่ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ
- กลุ่มที่ 4 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง

3. ศึกษาองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะสำคัญบางประการของฟ้ายะลวยโจรส

นำข้อมูลของลักษณะสำคัญบางประการของผลผลิตฟ้ายะลวยโจรสที่ได้จากการประเมินใน 2 สถานที่ ได้แก่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม และ อ. เมือง จ. สระบุรี และ 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549) ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2550) และฤดูร้อน (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2550) มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยมีรูปแบบทางสถิติเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) ของการทดลองที่มีความแปรปรวนเป็นเอกภาพ เพื่อทดสอบปฏิกริยาร่วมของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GxE) ในข้อ 2.3 และสามารถหาองค์ประกอบความแปรปรวน (variance components) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA table) และองค์ประกอบความแปรปรวน (variance components) ขององค์ประกอบของผลผลิตของ
 ฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อประเมินจากการทดสอบใน 2 สถานที่ 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	EMS
Locations (L)	l-1	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS} + gb\sigma^2_{LS} + sb\sigma^2_{GL} + gsb\sigma^2_L$
Seasons (S)	s-1	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS} + gb\sigma^2_{LS} + lb\sigma^2_{GS} + glb\sigma^2_S$
Locations x Seasons (LS)	(l-1)(s-1)	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS} + gb\sigma^2_{LS}$
Rep. within Locations and Seasons (R)	ls(b-1)	$\sigma^2_E + g\sigma^2_R$
Genotypes (G)	g-1	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS} + lb\sigma^2_{GS} + sb\sigma^2_{GL} + lsb\sigma^2_G$
Genotypes x Locations (GL)	(g-1)(l-1)	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS} + sb\sigma^2_{GL}$
Genotypes x Seasons (GS)	(g-1)(s-1)	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS} + lb\sigma^2_{GS}$
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	(g-1)(l-1)(s-1)	$\sigma^2_E + b\sigma^2_{GLS}$
Pooled error (E)	(b-1)(g-1)ls	σ^2_E
Total	glsb-1	

หมายเหตุ เมื่อ g คือ จำนวนสายแหล่งรวบรวมที่ทดสอบ
 l คือ จำนวนสถานที่ที่ทำการทดสอบ
 s คือ จำนวนฤดูกาลที่ทำการทดสอบ
 b คือ จำนวนบล็อก

4. ศึกษาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร

ทำการศึกษาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการประเมินลักษณะผลผลิต และปริมาณสารแลคโตนรวมในทางอ้อม ทั้งนี้เนื่องจากการประเมินลักษณะโดยวิธีทางตรงนั้น ใช้ระยะเวลาานาน และมีค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินลักษณะปริมาณสารแลคโตนรวม ที่จะต้องใช้ความชำนาญเฉพาะด้าน อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายที่สูง

ดังนั้นหากสามารถประเมินลักษณะของผลผลิต และปริมาณสารแลคโตนรวม โดยพิจารณาจากลักษณะสำคัญบางประการอื่น ๆ ของฟ้าทะลายโจรได้นั้น จะสามารถช่วยในการประเมินลักษณะให้มีความสะดวกรวดเร็ว และลดค่าใช้จ่ายในการทดลองได้อีกด้วย การทดลองครั้งนี้จึงศึกษาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร ด้วยวิธี Pearson's correlation coefficient ดังสมการ

$$r_{xy} = \frac{\sum X_i Y_i - (\sum X_i \sum Y_i)/n}{\sqrt{[\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n] [\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2/n]}}$$

เมื่อ	r_{xy}	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะ X และ Y
	X_i	คือ	ลักษณะ X ของแหล่งรวบรวมที่ i
	Y_i	คือ	ลักษณะ Y ของแหล่งรวบรวมที่ i
	n	คือ	จำนวนคู่ของการเปรียบเทียบ

สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

2. แปลงทดลองเกษตรกร ต.หนองโน อ.เมือง จ. สระบุรี

3. ห้องปฏิบัติการวิจัยภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
บางเขน

ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทดลองตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 สิ้นสุดการทดลองเดือนเมษายน พ.ศ. 2550

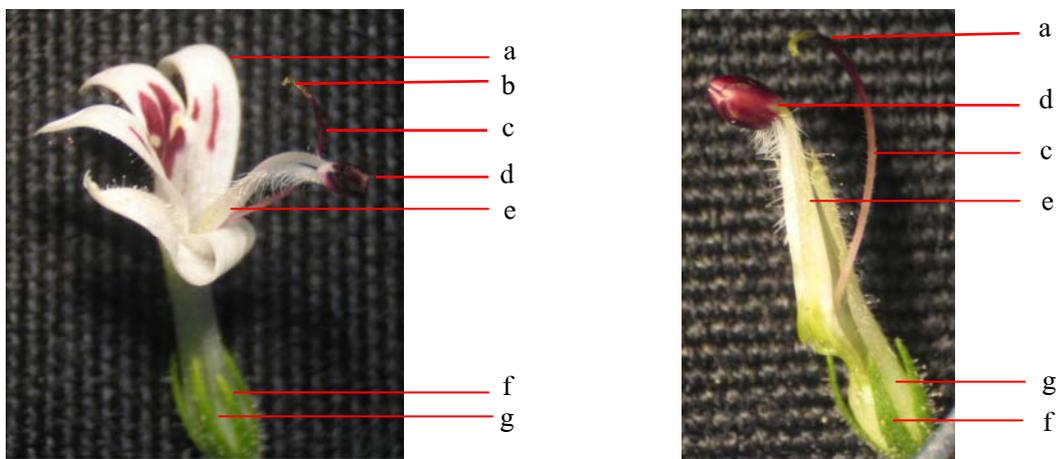
ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง และการผสมข้ามในฟ้าทะลายโจร

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเอง และการผสมข้ามของฟ้าทะลายโจรในช่วงระยะหลังดอกแรกบานประมาณ 35 วัน (ภาพที่ 2) พบว่า ดอกของฟ้าทะลายโจรเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีลักษณะสมมาตรแบบไม่สม่ำเสมอ (irregular) (ภาพที่ 3) และเมื่อศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองของฟ้าทะลายโจรโดยวิธีการใช้สำลีหุ้มดอกเพื่อควบคุมให้ได้รับการผสมกันเองภายในดอก (ภาพที่ 4) และให้มีการผสมข้ามระหว่างดอกโดยคิบบัธเรณูของเกสรตัวผู้ทิ้งแล้วปล่อยให้มีการผสมตามธรรมชาติ (ภาพที่ 5) พบว่า ลักษณะการสืบพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรคิดเป็นการผสมตัวเองเท่ากับ 89.5 เปอร์เซ็นต์ และ 10.5 เปอร์เซ็นต์สำหรับการผสมข้าม (ตารางที่ 4) ซึ่งดอกที่ถูกคิบบัธเรณูของเกสรตัวผู้ทิ้งนั้นจะแห้ง และไม่ติดฝักหรือให้เมล็ด ส่วนดอกฟ้าทะลายโจรที่ถูกคิบบัธเรณูของเกสรตัวผู้ทิ้ง แต่สามารถให้ฝักและติดเมล็ดได้นั้น อาจจะเป็นเนื่องมาจากว่า ละอองเกสรตัวผู้ของฟ้าทะลายโจรมีขนาดเล็ก และเบา จึงสามารถที่จะฟุ้งกระจายตามลมได้ จึงสามารถเกิดการผสมข้ามขึ้นได้และทั้งนี้พบว่า ดอกฟ้าทะลายโจรนั้นเกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้ได้รับการผสมในขณะที่กลีบดอกยังคงปิดอยู่ (ภาพที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับ นพพร (2546) ว่าลักษณะการไม่บานของกลีบดอกหรือส่วนอื่นที่ห่อหุ้มเกสรทั้งสองเพศ หรือเกสรตัวเมียพร้อมรับการผสมแล้วเมื่อเกสรตัวผู้แก่ และฟุ้งกระจายในขณะที่กลีบดอกยังคงปิดอยู่ (cleistogamy) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชผสมตัวเอง ดังนั้นจากการทดลองนี้ฟ้าทะลายโจรจึงจัดเป็นพืชผสมตัวเองที่เปอร์เซ็นต์ผสมตัวเองสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2 ลักษณะต้นฟ้ายะลวยโจร ระยะหลังดอกแรกบานประมาณ 35 วัน



ภาพที่ 3 ลักษณะโครงสร้างดอกของต้นฟ้ายะลวยโจร

- a) กลีบดอก (petal)
- b) ยอดเกสรตัวเมีย (stigma)
- c) ก้านชูยอดเกสรตัวเมีย (style)
- d) อับละอองเกสรตัวผู้ (anther)
- e) ก้านเกสรตัวผู้ (filament)
- f) กลีบเลี้ยง (sepal)
- g) รังไข่ (ovary)



a



b

ภาพที่ 4 ศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองของฟ้าทะลายโจร

- a) การใช้ตำลึงหุ้มดอกเพื่อควบคุมให้ได้รับการผสมกันเองภายในดอก
- b) ลักษณะดอกที่ผ่านการผสมเกสร เนื่องจากการผสมตัวเอง และสามารถติดเมล็ดได้



a



b



c

ภาพที่ 5 ศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์การผสมข้ามของฟ้าทะลายโจร

- a) การเปิดกลีบดอกที่ระยะก่อนดอกบาน 1-2 วัน ซึ่งยังไม่มีเกสรตัวผู้เกิดขึ้น
- b) ใช้ปากคีบปลายแหลมคีบอับเรณูของเกสรตัวผู้ทิ้ง แล้วปล่อยให้มีการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ
- c) ลักษณะดอกหลังนำอับเรณูของเกสรตัวผู้ออกแล้ว



a



b

ภาพที่ 6 ลักษณะดอกฟ้าทะเลลายโจรระยะก่อนดอกบาน 1-2 วัน

- a) ลักษณะดอกที่กลีบดอกยังปิดอยู่ เป็นระยะก่อนดอกบาน 1-2 วัน
- b) ภายในของดอกฟ้าทะเลลายโจรซึ่งกลีบดอกยังปิดอยู่ ระยะก่อนดอกบาน 1-2 วัน และมีการผสมกันก่อนภายในดอก

ตารางที่ 4 เปอร์เซนต์การผสมตัวเอง และเปอร์เซนต์การผสมข้ามของฟ้าทะเลลายโจร

จำนวนดอกฟ้าทะเลลายโจรที่ทำการทดลอง ทั้งหมด 256 ดอก	การผสมตัวเอง	การผสมข้าม
จำนวนดอกที่สามารถติดฝักให้เมล็ดได้	229	27
เปอร์เซนต์ของการติดเมล็ด	89.5	10.5

การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูปลูก และแหล่งปลูกต่อการให้ผลผลิตของ ฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม

2.1 ศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมบางประการต่อการสร้างผลผลิต และปริมาณสารสำคัญ ของฟ้าทะลายโจร

2.1.1 การเปรียบเทียบผลผลิต และปริมาณสารแลคโตนรวมในแต่ละสถานที่ปลูก

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละสถานที่ปลูก (ตารางที่ 5) โดยพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการสร้างน้ำหนักรากสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรในแต่ละสถานที่ปลูกทดสอบ คือ แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลักษณะน้ำหนักรากสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรจากทั้ง 3 แหล่งรวบรวม โดยสถานที่ปลูกที่ให้ค่าน้ำหนักรากสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุด คือ สถานที่ปลูก อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม โดยให้ค่าน้ำหนักรากสด 2092.44 กิโลกรัมต่อไร่น้ำหนักแห้ง 735.55 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวม 12.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สถานที่ปลูก อ. เมือง จ. สระบุรี ให้ค่าน้ำหนักรากสดเฉลี่ย 1,676.12 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักแห้ง 480.76 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวม 9.85 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้แสดงว่าสถานที่ปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อการสร้างผลผลิตของฟ้าทะลายโจร

2.1.2 การเปรียบเทียบผลผลิต และปริมาณสารแลคโตนรวมในแต่ละฤดูกาล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละฤดูกาล (ตารางที่ 6) โดยพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการสร้างน้ำหนักรากสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งต่อไร่ และปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรในแต่ละฤดูกาลปลูกที่ทดสอบ คือ ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549) ฤดูร้อน (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2550) และฤดูร้อน (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน 2550) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกฟ้าทะลายโจรในช่วงฤดูฝนจะให้ค่าน้ำหนักรากสดต่อไร่ และน้ำหนักแห้งต่อไร่สูงที่สุด คือ 2,630.59 และ 772.03 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ นคร และคณะ (2538) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการปลูกในช่วงฤดูฝนกับช่วงฤดูแล้ง พบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรในช่วงฤดูฝน

ทำให้ต้นฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนการปลูกในช่วงฤดูร้อนจะให้ค่าปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 11.53 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีปริมาณสารแลคโตนรวมเท่ากับ 11.13 เปอร์เซ็นต์ และการปลูกฟ้าทะลายโจรในฤดูแล้งจะให้ปริมาณสารแลคโตนรวมน้อยที่สุด คือ 10.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ทั้งนี้พบว่า แหล่งรวบรวมที่ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่อไร่สูงที่สุด คือ accession KPS/7 ในการปลูกช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 7) ทั้งยังพบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรในช่วงฤดูฝนนั้นไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการปลูกในช่วงฤดูฝนกับฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ ต่อค่าน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) แต่ทั้งนี้พบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรในช่วงฤดูแล้ง และฤดูร้อนนั้นมีอิทธิพลร่วมระหว่างการปลูกในช่วงฤดูแล้ง และฤดูร้อนกับฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ ต่อค่าน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) ดังนั้นฤดูกาลที่เหมาะสมในการผลิตฟ้าทะลายโจรเพื่อผลิตแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) นั้นควรผลิตในช่วงฤดูฝน เนื่องจากให้ผลผลิตสูง มีปริมาณสารแลคโตนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสารทำยา และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างฤดูกาลกับแหล่งรวบรวมฟ้าทะลายโจรที่ใช้ทดสอบต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจร

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารแลคโตนรวม (ภาพที่ 8) พบว่า แหล่งรวบรวมที่ให้ปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุดคือ accession RY/2 ที่ปลูกในช่วงฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 12.40 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่า มีอิทธิพลร่วมของฤดูกาล คือ ฤดูฝน ฤดูแล้ง และฤดูร้อน กับแหล่งรวบรวมต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรต่อการสร้างปริมาณสารแลคโตนรวมในฟ้าทะลายโจร

2.1.3 ผลของสภาพอากาศต่อการสร้างผลผลิต และปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร

จากการวิเคราะห์ผลของสถานที่ปลูก และฤดูกาลปลูกที่แตกต่างกันนั้น เนื่องด้วยทำเลที่ตั้งของสถานที่ปลูกในแต่ละจังหวัดนั้น ส่งผลต่อลักษณะสภาพอากาศที่พืชได้รับ เช่นเดียวกับสภาพฤดูกาลที่แตกต่างกันส่งผลต่อการสร้างผลผลิตของฟ้าทะลายโจรให้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการศึกษาลักษณะปัจจัยของสภาพอากาศในแต่ละสถานที่ปลูก และฤดูกาลต่อการสร้างผลผลิตและปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจร (ภาพที่ 9) พบว่า ในช่วงฤดูฝนเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูกาลอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด และการปลูกในฤดูฝนทำให้ฟ้าทะลายโจรมีค่าน้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้งต่อไร่สูงที่สุดในทุกฤดูกาล และมีปริมาณสารแลคโตนรวมสูงโดยผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการผลิตยารักษาโรค (ตารางที่ 6)

ทั้งนี้สถานที่ปลูก อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าสถานที่ปลูก อ. เมือง จ. สระบุรี อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม มีการสร้างผลผลิตและปริมาณสารแลคโตนรวมที่สูงกว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี และ ในช่วงฤดูแล้งเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าในช่วงฤดูกาลอื่น อันเป็นผลทำให้การปลูกฟ้าทะลายโจรในช่วงฤดูแล้งมีผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่ำกว่าการปลูกในฤดูกาลอื่น ๆ ซึ่งจากภาพที่ 10 และ 11 พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าฤดูอื่น ๆ และมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนตุลาคม เมื่อเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูแล้ง หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูร้อนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ จึงส่งผลให้แนวโน้มของค่าน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) และปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์) ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูง และมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูแล้ง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน

ดังนั้นปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของแต่ละสถานที่ปลูก แต่ละฤดูกาลน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสร้างน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจร เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโต และปริมาณการสร้างผลผลิตของพืชนั้นมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Valantin, 2006) ดังเช่น ชาวไร่ (2538) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิที่พอเหมาะ มีผลต่อการปลูกถั่วเหลือง โดยการปลูกถั่วเหลืองในช่วงฤดูฝนจะทำให้ถั่วเหลืองมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูง และมีผลผลิตสูงกว่าการปลูกในฤดูอื่น ๆ

สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ย ในแต่ละสถานที่ปลูก แต่ละฤดูกาลนั้น พบว่า สถานที่ปลูกทั้ง 2 แห่ง นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่แตกต่างกัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 12) มีค่าแนวโน้มของค่าน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) สูง และมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งแนวโน้มของอุณหภูมิเฉลี่ยจะลดลงในช่วงฤดูกาลนี้ และเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูร้อน แนวโน้มของค่าน้ำหนักแห้ง (กิโกรัมต่อไร่) ปรับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสาร แลคโตนรวม (ภาพที่ 13) พบว่า เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยช่วงการเข้าสู่ฤดูแล้งในเดือนตุลาคมเริ่มมีแนวโน้มลดลง แนวโน้มการสร้างปริมาณสารแลคโตนรวมในฟ้าทะลายโจรก็มีแนวโน้มลดลงด้วย และเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นการเข้าสู่ช่วงฤดูร้อน

จากแนวโน้มการสร้างผลผลิตและปริมาณสารแลคโตนต่อสภาพอากาศที่พืชได้รับ นั้น อาจกล่าวได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสร้างผลผลิต และปริมาณสารแลคโตนของฟ้าทะลายโจร ได้ อาทิเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิในระหว่างการเจริญเติบโตมีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนของถั่วเหลืองด้วย (สมจิตร์, 2544) อีกทั้ง ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิอากาศสูง และมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน พอเหมาะ (Vollmann, 2000)

สำหรับปริมาณน้ำฝนต่อลักษณะน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 14) และปริมาณสารแลคโตนรวม (ภาพที่ 15) นั้น แม่น้ำว่าปริมาณน้ำฝนมีแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ มีปริมาณสูงในช่วงฤดูฝน คือ ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้ง อีกทั้งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงฤดูร้อนนั้น พบว่า ค่าน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารแลคโตนรวม นั้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งทั้งนี้ปริมาณน้ำฝนอาจมีอิทธิพลต่อการสร้างน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารแลคโตนรวมในระดับที่น้อยมาก เนื่องจากการปลูกทดลองครั้งนี้ มีการให้น้ำแก่ต้นฟ้าทะลายโจรทุกวัน โดยระบบมินิสปริงเกอร์ ดังนั้นแม้ว่าในสภาพฤดูแล้ง หรือฤดูร้อนที่ทำการทดสอบนั้นฟ้าทะลายโจรยังคงได้รับน้ำเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ อย่างเพียงพอ ทำให้ การแสดงผลของอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูกาลนั้นต่อค่าน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรนั้นแสดงออกไม่เด่นชัด

เมื่อศึกษาถึงการสร้างน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจร พบว่า ในช่วงประมาณ 6 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตนั้น ฟ้าทะลายโจรจะมีแนวโน้มการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการเก็บเกี่ยว การสะสมน้ำหนักแห้งจึงมีแนวโน้มลดลง และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วง 1-2 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 16) ทั้งนี้เนื่องจากว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการเก็บเกี่ยว นั้น เป็นช่วงที่ฟ้าทะลายโจรเริ่มเข้าสู่ระยะการออกดอก จึงมีการเริ่มสะสมอาหารในลำต้นมากขึ้น และขนาดใบจะเล็กลง เมื่อเข้าสู่ช่วง 1-2 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการสะสมอาหารในลำต้นก่อนเข้าสู่ระยะการออกดอกมากขึ้น (ภาพที่ 17 และ 18)

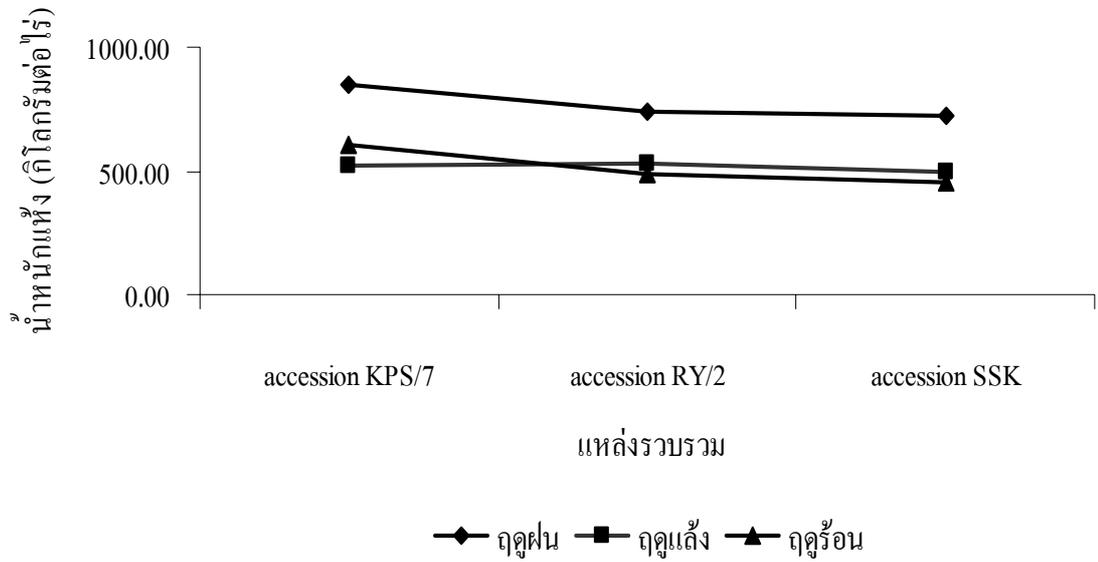
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยผลผลิตและปริมาณสารแลกโตนรวมของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม
เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

สถานที่ปลูก	น้ำหนักสด ต่อไร่ (กิโลกรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อไร่ (กิโลกรัม)	ปริมาณสารแลกโตน (เปอร์เซ็นต์)
อ. เมือง จ. สระบุรี	1,676.12	480.76	9.85
อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม	2,092.44	735.55	12.16
T-test	< 0.01	< 0.01	< 0.01

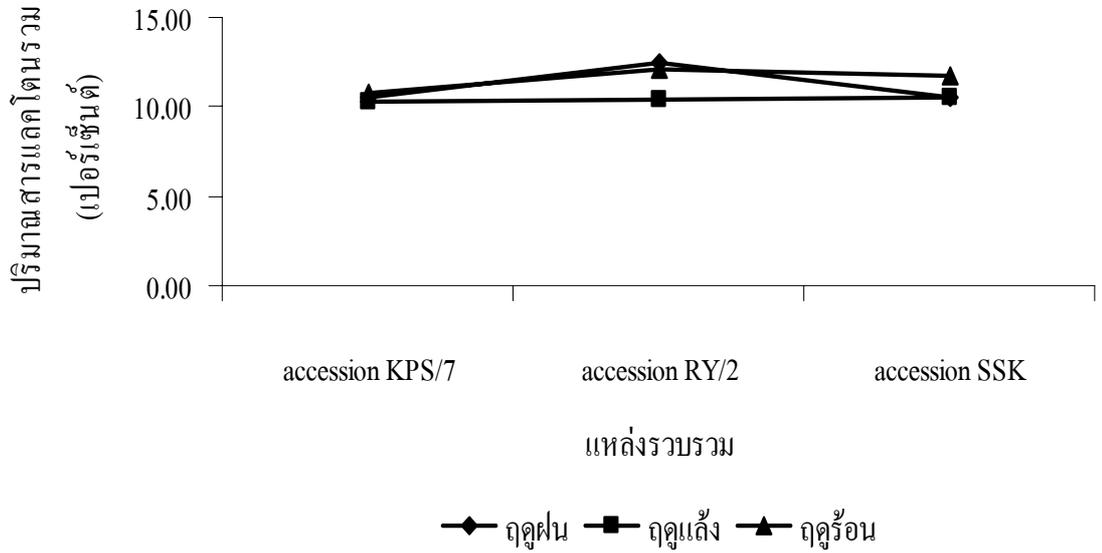
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยผลผลิตและปริมาณสารแลกโตนรวมของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม
เมื่อปลูกในฤดูกาลที่แตกต่างกัน

ฤดูกาล	น้ำหนัก สดต่อไร่ (กิโลกรัม)	น้ำหนัก แห้งต่อไร่ (กิโลกรัม)	ปริมาณสาร แลกโตน (เปอร์เซ็นต์)
ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549)	2,630.59	772.03	11.13
ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549)	1,829.56	515.71	10.41
ฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549)	2,124.09	500.54	11.53
LSD	223.65	66.59	0.85

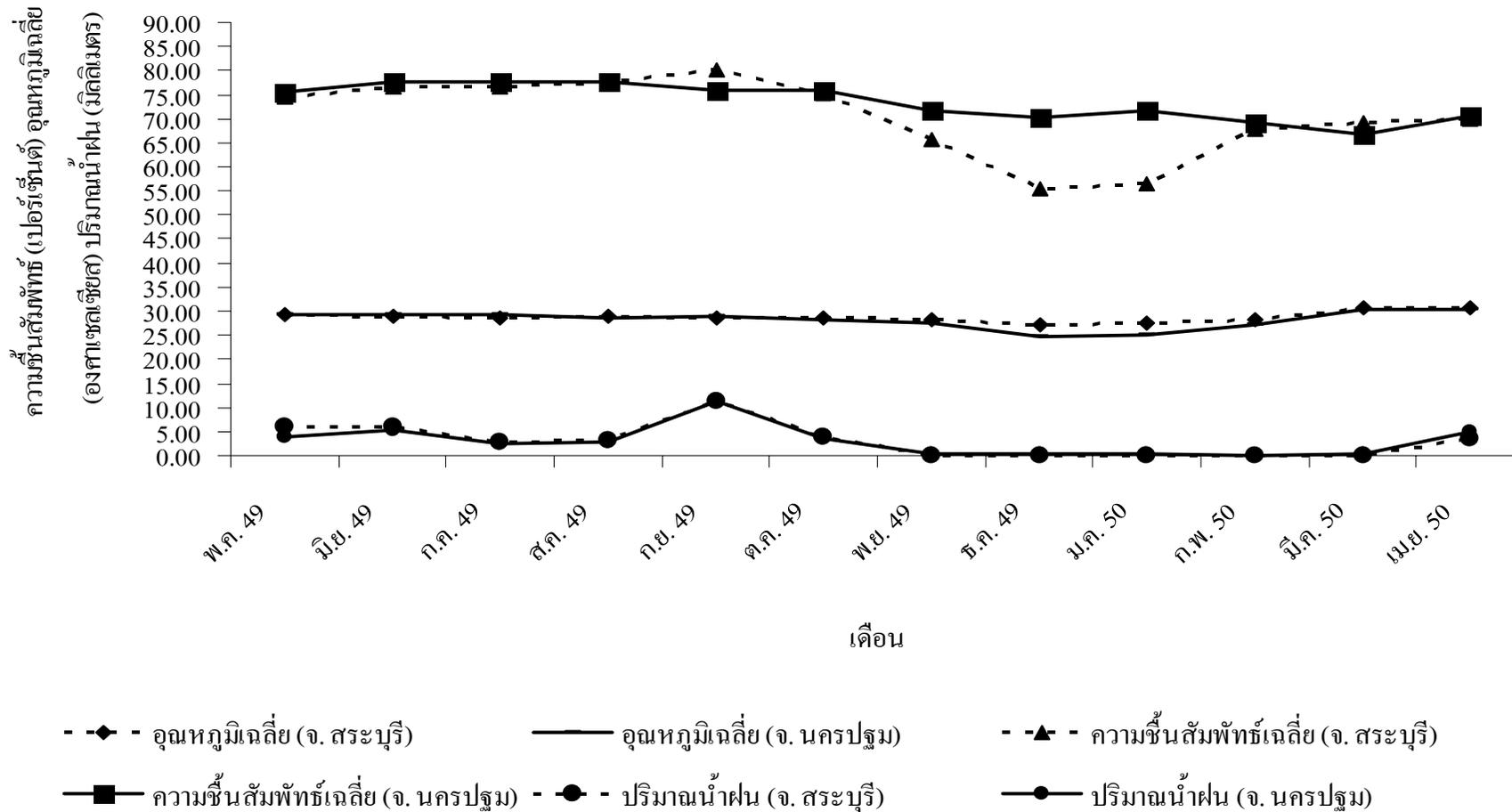
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบด้วย LSD



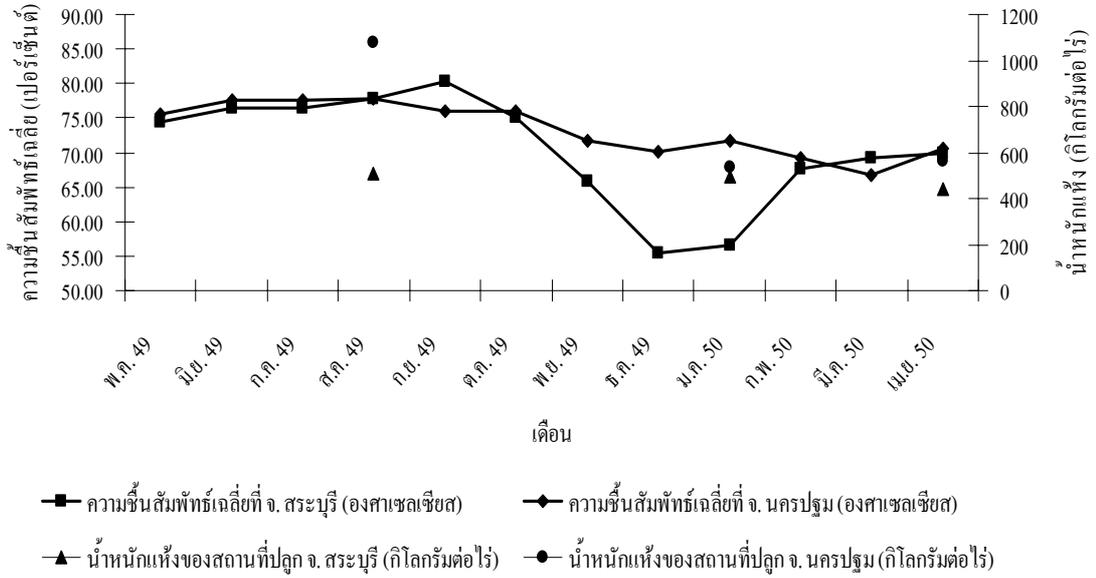
ภาพที่ 7 น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) ของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวมที่ปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ



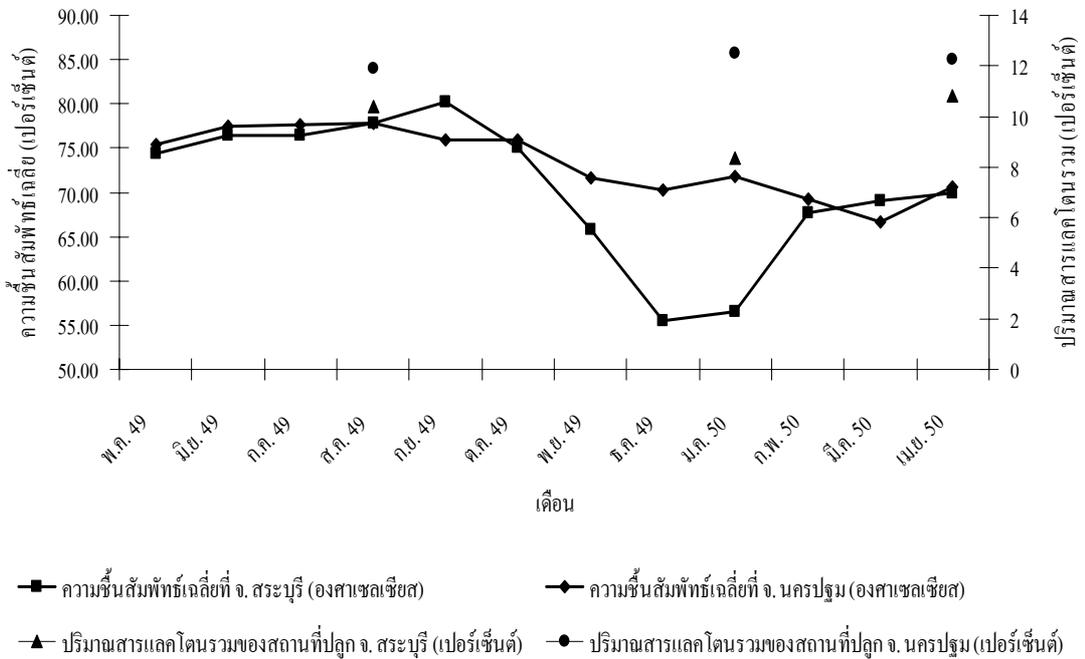
ภาพที่ 8 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวมที่ปลูกใน ฤดูกาลต่าง ๆ



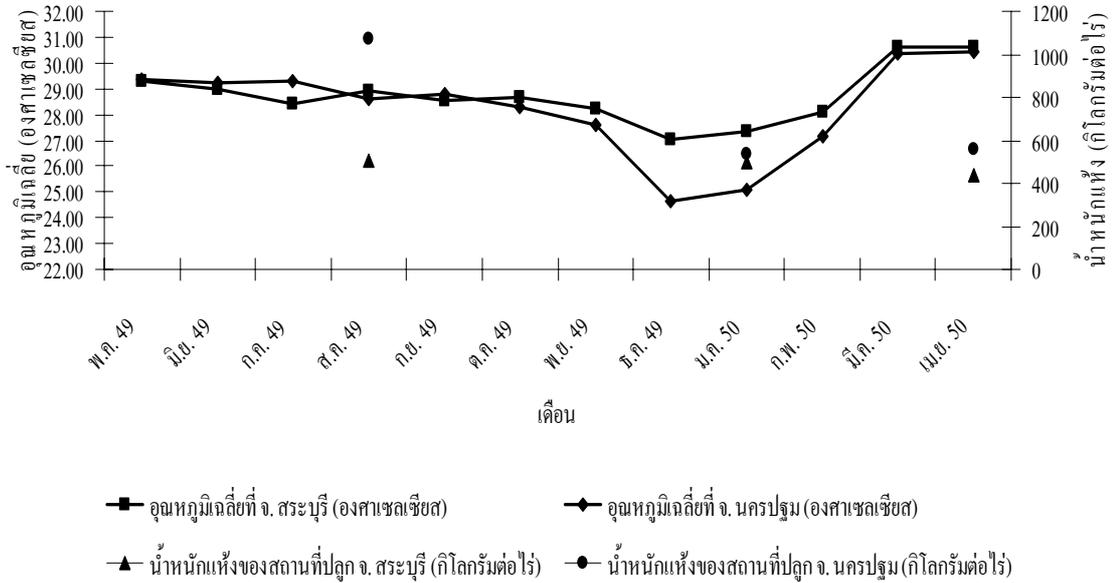
ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบลักษณะสภาพอากาศในเขตพื้นที่ อ. เมือง จ. สระบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม



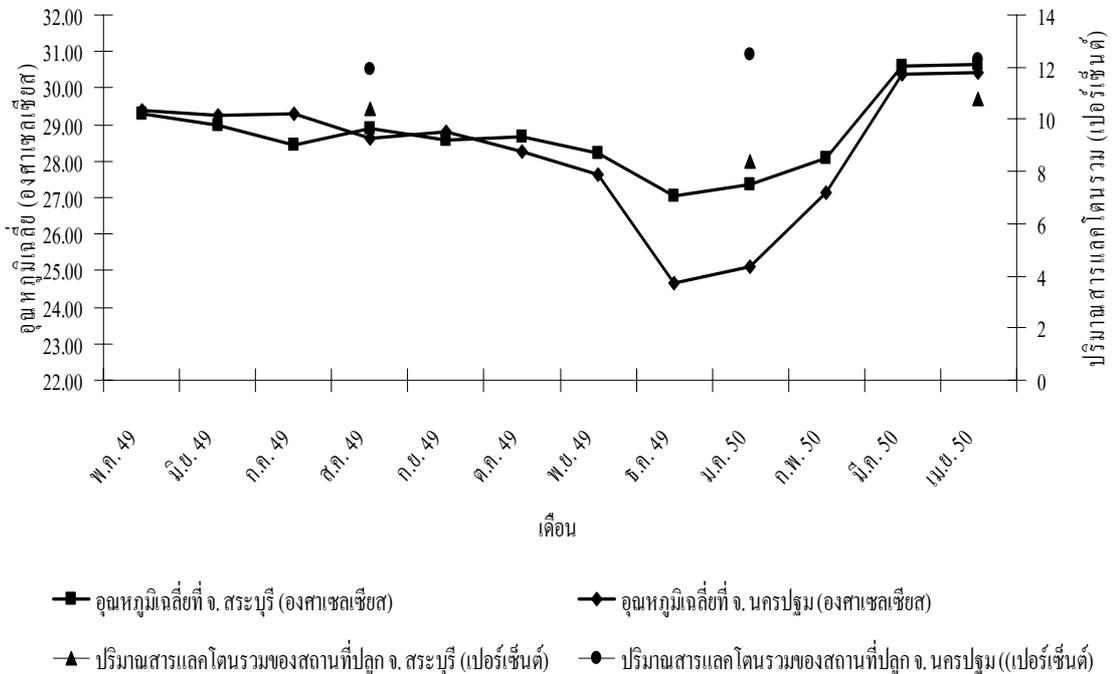
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความขึ้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) กับน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) ของฟ้ายะลาวยอร์ทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก



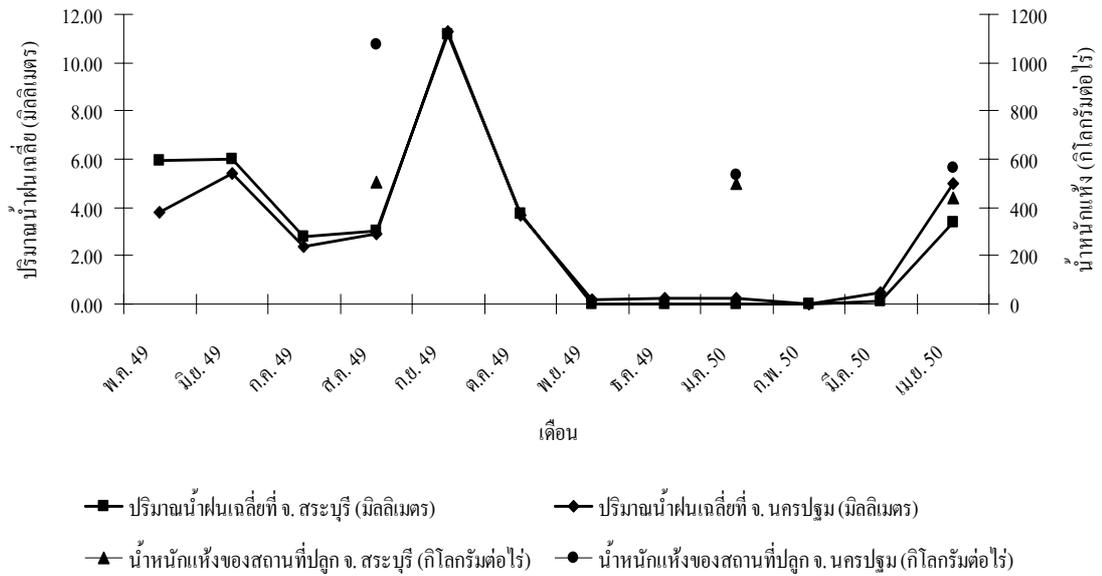
ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความขึ้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) กับปริมาณสารแลคโคเนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้ายะลาวยอร์ทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก



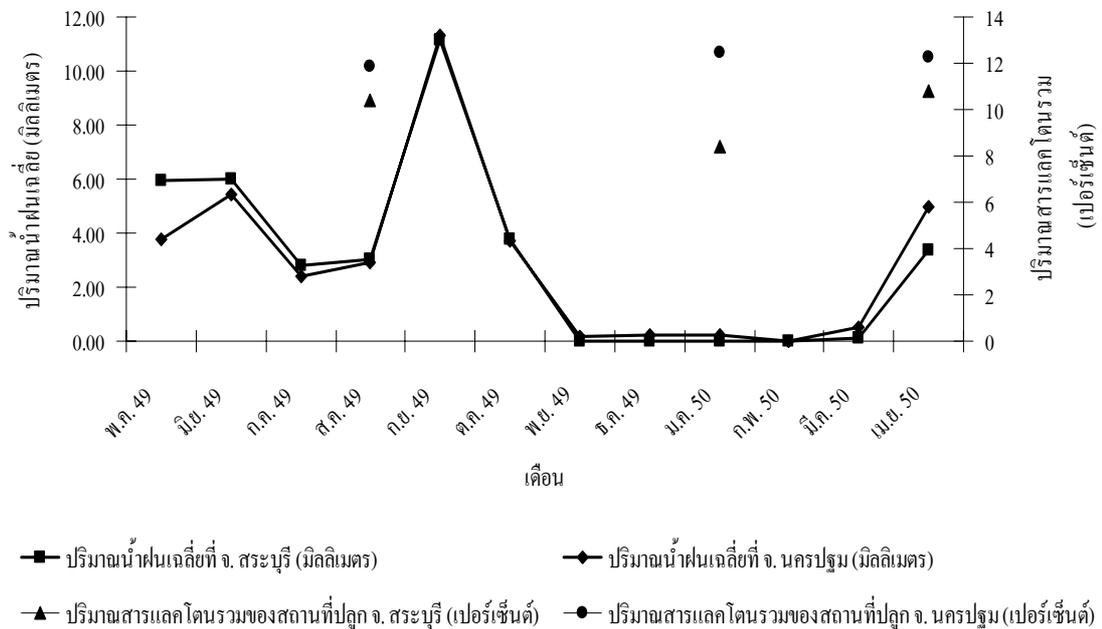
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจ. (องศาเซลเซียส) กับน้ำหนักร. (กิโลกรัมต่อไร่) ของฟ้ายะลาโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก



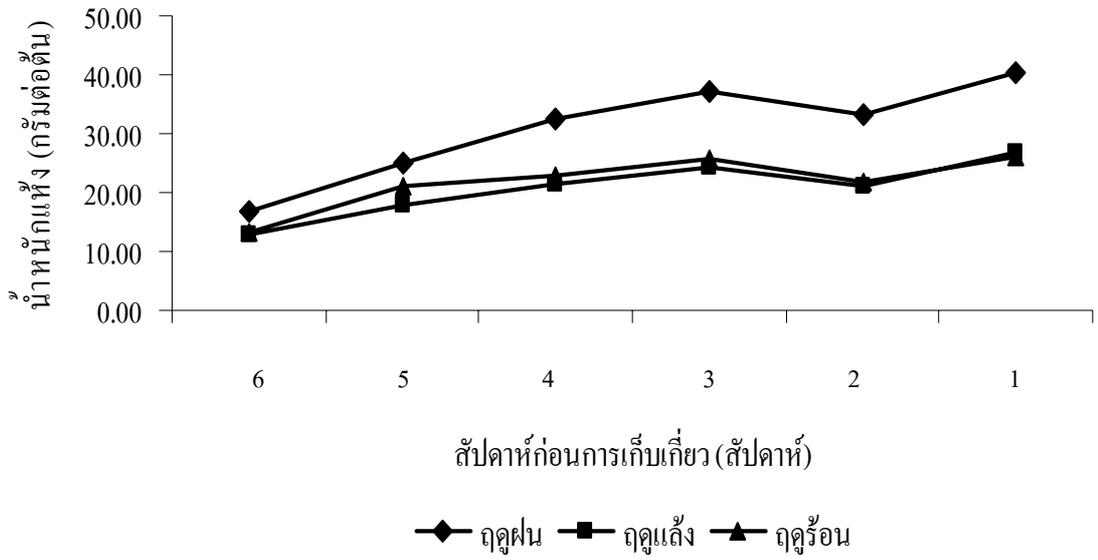
ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจ. (องศาเซลเซียส) กับปริมาณสาร. (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้ายะลาโจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก



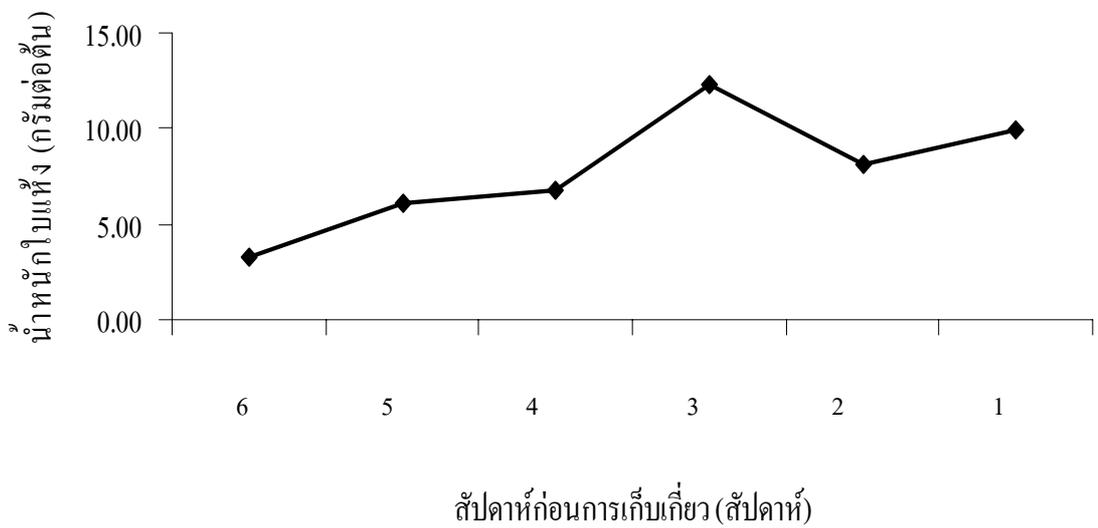
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) กับน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) ของพืชหลายใจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก



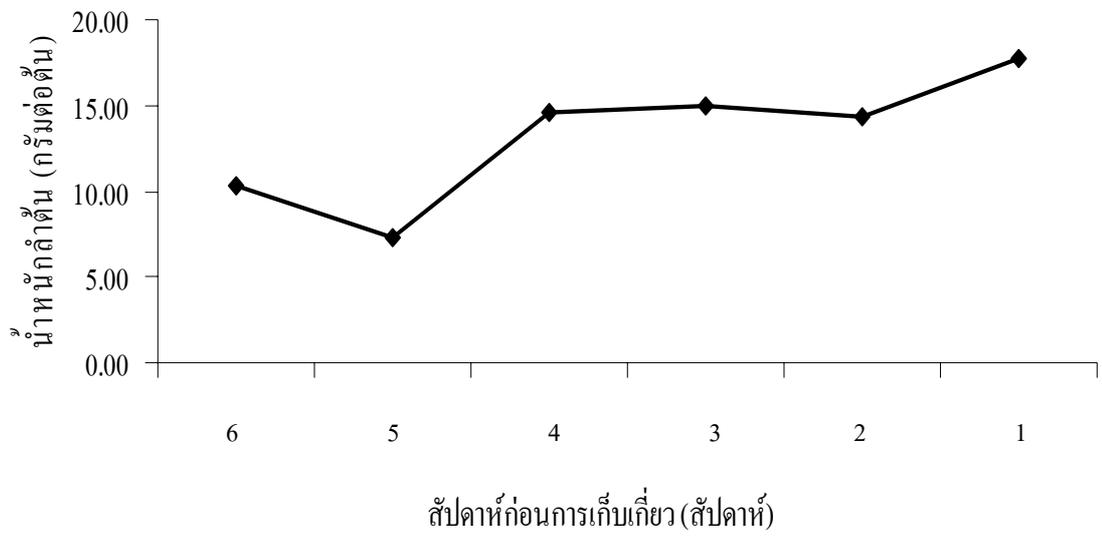
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) กับปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของพืชหลายใจรทั้ง 2 สถานที่ปลูก ใน 3 ฤดูกาลปลูก



ภาพที่ 16 การสะสมน้ำหนักแห้งของฟางทะเลายไจรก่อนการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ



ภาพที่ 17 การสะสมน้ำหนักใบแห้งของฟางทะเลายไจรก่อนการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ



ภาพที่ 18 การสะสมน้ำหนักลำต้นแห้งของฟ้ายะลาขจรก่อนการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ ที่ปลูกใน
ฤดูกาลต่าง ๆ

2.2 การศึกษาเสถียรภาพของผลผลิตและปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร

2.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแยกแต่ละสภาพแวดล้อม

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแต่ละสภาพแวดล้อมเพื่อหาแหล่งรวบรวมที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมเฉพาะ โดยพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรของแต่ละแหล่งรวบรวม แยกตามสภาพแวดล้อมที่ทดสอบ

แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549)

สำหรับผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549) (ตารางที่ 7) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของความสูงต้น น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น แหล่งรวบรวมที่มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยของความสูงต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต่อต้น สูงที่สุด คือ accession KPS/7 โดยมีค่าเฉลี่ย 48.15 เซนติเมตร 93.75 กรัม และ 26.15 กรัม ตามลำดับ ส่วน accession RY/2 ให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบต่อต้นสูงที่สุด คือ 2,544 ตารางเซนติเมตร และแหล่งรวบรวมที่ให้จำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ accession SSK ทั้งนี้พบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวมโดย accession RY/2 ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักใบต่อต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุด คือ 40.67 เซนติเมตร 68.91 กรัม 88.59 กรัม 12.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของค่า LWR สูงที่สุด คือ 0.49

แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2550)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2550) (ตารางที่ 8) พบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยความสูงต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวม ซึ่ง accession SSK ให้ค่าความสูงต้นสูงที่สุด คือ 39.89 เซนติเมตร ส่วน

accession KPS/7 และ accession RY/2 ให้ค่าเฉลี่ยของค่า LWR สูงที่สุด คือ 0.56 และ accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุด คือ 8.73 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลักษณะอื่น ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย accession KPS/7 ให้ค่าความกว้างทรงพุ่ม และค่าน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงที่สุดคือ 36.80 เซนติเมตร และ 27.97 กรัม และให้ค่าจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ accession RY/2 คือ 20 กิ่งต่อต้น อีกทั้ง accession RY/2 มีน้ำหนักใบต่อต้นสูงที่สุดคือ 54.68 กรัม ส่วน accession SSK มีค่าน้ำหนักสด พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นสูงที่สุดคือ 107.42 กรัม 2,099 ตารางเซนติเมตร 53.20 กรัม และ 20 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ

แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูร้อน

(เดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2550)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549) (ตารางที่ 9) พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแหล่งรวบรวมที่ทดสอบของลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวม โดยแหล่งรวบรวมที่ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกิ่งต่อต้นสูงที่สุด คือ accession KPS/7 คือ 109.53 กรัม และ accession RY/2 มีปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุดคือ 11.63 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งไม่พบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะอื่น ๆ ที่ทดสอบ โดยแหล่งรวบรวมที่มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด ได้แก่ accession KPS/7 คือ 47.26 เซนติเมตร 39.46 เซนติเมตร และ 25.53 กรัม ตามลำดับ ส่วน accession SSK ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่า LWR สูงสุด คือ 72.80 กรัม 2,488 ตารางเซนติเมตร 22 กิ่งต่อต้น และ 0.52 ตามลำดับ accession RY/2 ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อต้นสูงที่สุด คือ 101.25 กรัม

ผลการทดสอบฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในทุกฤดูกาลปลูก (ตารางที่ 7-9) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลักษณะความสูงต้น การสร้างน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น สภาพแวดล้อมที่ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงที่สุดคือ การปลูกในช่วงฤดูแล้ง ส่วนสภาพแวดล้อมที่ให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบต่อต้นสูงที่สุดคือ การปลูกในฤดูฝน และสภาพแวดล้อมที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุดคือ การปลูกในฤดูร้อน สำหรับลักษณะความกว้างทรงพุ่ม พบว่าเฉพาะการปลูกในฤดูฝนเท่านั้นที่แสดงความแตกต่างทางสถิติ โดยแหล่งรวบรวมที่มีค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุดได้แก่

accession RY/2 คือ 40.67 เซนติเมตร ส่วนลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น พบว่า เฉพาะการปลูกในช่วง
ฤดูฝนเท่านั้นที่แสดงความแตกต่างทางสถิติ โดยแหล่งรวบรวมที่ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักใบต่อต้น
มากที่สุด ได้แก่ accession RY/2 คือ 68.91 กรัม

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549)

แหล่งรวบรวม	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่งต่อต้น)	LWR	ปริมาณสาร แลคโตน (เปอร์เซ็นต์)
Accession KPS/7	48.15	37.27ab	93.75	26.15	66.91a	1,902	88.59a	20.5	0.43b	9.64b
Accession RY/2	46.36	40.67a	90.50	24.26	68.91a	2,544	70.96a	20.5	0.49a	12.19a
Accession SSK	43.91	33.71b	91.50	22.88	52.52b	2,005	73.58b	21.5	0.41b	10.43b
Prob.	0.28	0.02	0.97	0.19	0.02	0.19	0.01	0.75	0.04	< 0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบด้วย DMRT

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2550)

แหล่งรวบรวม	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่งต่อต้น)	LWR	ปริมาณสาร แคโรทีน (เปอร์เซ็นต์)
Accession KPS/7	39.36b	36.80	100.64	27.97	53.69	2,045	42.04	20.00	0.56a	8.73a
Accession RY/2	38.84b	36.06	106.84	27.29	54.68	2,053	43.61	19.50	0.56a	7.95c
Accession SSK	39.89a	35.41	107.42	22.48	53.40	2,099	53.20	20.00	0.50b	8.45b
Prob.	< 0.01	0.4	0.34	0.76	0.94	0.94	0.92	0.61	0.01	< 0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบด้วย DMRT

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2549)

แหล่งรวบรวม	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่งต่อต้น)	LWR	ปริมาณสาร แอลคาลอยด์ (เปอร์เซ็นต์)
Accession KPS/7	47.26	39.46	98.75	25.53	68.56	2,443	109.53a	20.50	0.39	10.36b
Accession RY/2	44.06	36.35	101.25	22.18	66.82	2,412	72.76b	21.00	0.48	11.63a
Accession SSK	42.83	34.66	91.25	20.92	72.80	2,488	69.37b	22.00	0.52	10.43b
Prob.	0.14	0.13	0.89	0.66	0.79	0.98	0.03	0.81	0.16	< 0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับจากการทดสอบด้วย DMRT

แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในฤดูฝน
(เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549)

สำหรับผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549) (ตารางที่ 10) พบว่า มีเพียงลักษณะน้ำหนักสดต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวมเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ฟ้าทะลายโจร accession KPS/7 ให้ค่าน้ำหนักสดต่อต้นสูงสุด คือ 214.78 กรัม รองลงมา คือ accession SSK และ accession RY/2 เท่ากับ 169.07 และ 162.47 กรัม ตามลำดับ ส่วน accession RY/2 พบว่า ให้ค่าปริมาณสารแลคโตนรวมมากที่สุด คือ 12.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ accession SSK และ accession KPS/7 คือเท่ากับ 11.74 และ 11.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะ น้ำหนักแห้งต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่า LWR สูงที่สุด คือ 62.08 กรัม 97.68 กรัม 3,496 ตารางเซนติเมตร 179.18 กรัม 19.50 กิ่งต่อต้น และ 0.36 ตามลำดับ โดย accession RY/2 ให้ค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด คือ 47.82 เซนติเมตร สำหรับ accession SSK นั้นให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะความสูงต้นมากที่สุด คือ 51.82 เซนติเมตร และให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ accession KPS/7 คือ 19.50 กิ่งต่อต้น

แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในฤดูแล้ง
(เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2550)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง มกราคม พ.ศ. 2550) (ตารางที่ 11) พบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะความกว้างทรงพุ่มและปริมาณสารแลคโตนรวม โดย accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด คือ 38.96 เซนติเมตร รองลงมา คือ accession RY/2 และ accession SSK ได้แก่ 35.75 และ 34.70 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับปริมาณสารแลคโตนรวมนั้นพบว่า accession RY/2 ให้ค่าสูงที่สุด คือ 12.81 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ accession SSK และ accession KPS/7 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.70 และ 11.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้ง accession KPS/7 ยังให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะความสูงต้น น้ำหนักใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุด คือ 38.72 เซนติเมตร 53.59 กรัม 2,086 ตารางเซนติเมตร 41.49 กรัม และ 22 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ ส่วน accession RY/2 ให้ค่าเฉลี่ย

ของค่าน้ำหนักสดต่อต้นมากที่สุด คือ 87.11 กรัม สำหรับ accession SSK พบว่า ให้ค่าเฉลี่ยของ น้ำหนักแห้งต่อต้น และค่า LWR สูงที่สุด คือ 28.82 กรัม และ 0.58 ตามลำดับ

**แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในฤดูร้อน
(เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2550)**

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในฤดูร้อน (เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2550) (ตารางที่ 12) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลักษณะน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวม โดยที่ accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนักกิ่งต่อต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 153.75 กรัม 36.75 กรัม 119.97 กรัม และ 70.53 กรัม ตามลำดับ ส่วนแหล่งรวบรวมที่ให้ปริมาณสารแลคโตนรวมสูงที่สุด คือ accession SSK คือมีค่าเท่ากับ 13.08 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ accession RY/2 และ accession KPS/7 มีค่า 12.45 และ 11.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับลักษณะอื่น ๆ พบว่า accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะความกว้างทรงพุ่ม พื้นที่ใบต่อต้น และ จำนวนกิ่งต่อต้นสูงที่สุด คือ 36.87 เซนติเมตร 1,929 ตารางเซนติเมตร และ 20 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ และพบว่า accession SSK ให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้น และค่า LWR มากที่สุด คือ 41.56 เซนติเมตร และ 0.64 ตามลำดับ

ผลการทดสอบฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในทุกฤดูกาลปลูก (ตารางที่ 10-12) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลักษณะความสูงต้น พื้นที่ใบต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่า LWR สภาพแวดล้อมที่ให้ค่าเฉลี่ยของความสูงต้น และค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบต่อต้นมากที่สุดคือ การปลูกในช่วงฤดูฝน ส่วนสภาพแวดล้อมที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุดคือ การปลูกในฤดูแล้ง

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549)

แหล่งรวบรวม	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่งต่อต้น)	LWR	ปริมาณสาร แลคโตน (เปอร์เซ็นต์)
accession KPS/7	49.37	47.05	214.78a	62.08	97.68	3,496	179.18	19.50	0.36	11.31c
accession RY/2	51.07	47.82	162.47b	53.17	73.61	2,674	148.21	19.00	0.33	12.61a
accession SSK	51.82	45.75	169.07b	52.74	72.95	2,477	142.70	19.50	0.33	11.74b
Prob.	0.27	0.67	0.01	0.13	0.11	0.06	0.18	0.91	0.80	< 0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบด้วย DMRT

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2550)

แหล่งรวบรวม	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่งต่อต้น)	LWR	ปริมาณสาร แลคโตน (เปอร์เซ็นต์)
accession KPS/7	38.72	38.96a	85.33	26.52	53.59	2,086	41.49	22.00	0.56	11.88b
accession RY/2	38.60	35.75b	87.11	28.07	52.97	1,997	39.34	21.00	0.57	12.81a
accession SSK	37.54	34.70b	84.37	28.82	52.71	1,938	38.75	21.00	0.58	12.70a
Prob.	0.48	0.01	0.51	0.42	0.81	0.49	0.44	0.51	0.74	< 0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบด้วย DMRT

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม เมื่อปลูกที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2549)

แหล่งรวบรวม	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่งต่อ ต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่งต่อต้น)	LWR	ปริมาณสาร แคโรทีน (เปอร์เซ็นต์)
accession KPS/7	39.04	36.87	153.75a	36.75a	19.97a	1,929	70.53a	20.00	0.63	11.26c
accession RY/2	40.58	36.86	111.25b	26.32b	84.78b	1,850	2.43b	18.00	0.62	12.45b
accession SSK	41.56	36.53	107.50b	24.73b	83.56b	1,448	49.04b	19.50	0.64	13.08a
Prob.	0.08	0.93	0.02	0.02	0.02	0.22	0.02	0.20	0.52	< 0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบด้วย DMRT

2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม

ในการทดสอบเอกภาพของความแปรปรวนของข้อมูลตามวิธี Hartley's test พบว่าความแปรปรวนของแต่ละข้อมูลมีความเป็นเอกภาพ สามารถนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combine analysis of variance) เพื่อทดสอบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์กรรมและสภาพแวดล้อมได้

วิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่า LWR และ ปริมาณสารแลคโตนรวม ทั้งหมด 10 ลักษณะ ปลูกที่แปลงทดลอง อ. เมือง จ. สระบุรี และ แปลงทดลอง อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2549) ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง มกราคม พ.ศ. 2550) และฤดูร้อน (เดือนมกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2550) รวม 3 ฤดูกาล

ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญของอิทธิพลของพันธุ์กรรมต่อลักษณะความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่า LWR และ ปริมาณสารแลคโตนรวม แต่ทั้งนี้พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญของอิทธิพลของพันธุ์กรรมต่อลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น (ตารางที่ 13)

และพบว่ามีความสำคัญทางสถิติของความแปรปรวนของลักษณะความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักกิ่งต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวม (ตารางที่ 14-19) อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างสถานที่ปลูกและฤดูกาลต่อลักษณะ แสดงว่าฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ เมื่อปลูกในสถานที่ปลูกที่ต่างกันจะให้ค่าลักษณะความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักกิ่งต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวม แตกต่างกันไปในฤดูกาลปลูกที่แตกต่างกัน

ดังนั้นหากจะทำการประเมินลักษณะความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักกิ่งต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรควรคำนึงถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อม คือ สถานที่ปลูกและฤดูกาลร่วมด้วย เนื่องจากในแต่ละฤดูกาลได้รับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อให้ค่าลักษณะที่แสดงออกของฟ้าทะลายโจรแตกต่างไปจากพันธุ์กรรมจริง

อีกทั้งพบว่า มีอิทธิพลของปฏิภริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกของลักษณะความสูงต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น (ตารางที่ 14 และ 17) ดังนั้นหากจะทำการประเมินลักษณะดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงการเลือกใช้ฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่าง ๆ และการเลือกสถานที่ปลูกที่เหมาะสมต่อการทดสอบลักษณะดังกล่าวด้วย

จากการทดลองดังกล่าว (ตารางที่ 13-22) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลอันเนื่องมาจากพันธุกรรมมีผลต่อลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรน้อยกว่าอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมมาก ทั้งนี้ฟ้าทะลายโจรที่ใช้ในการทดลองแม้ว่าจะมาจากแหล่งรวบรวมที่แตกต่างกัน แต่การที่ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชป่า ความก้าวหน้าในการปรับปรุงลักษณะทางพันธุกรรมมีน้อย และยังคงความเป็นพืชที่มีเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองสูง จึงทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ ดังนั้นความแปรปรวนของลักษณะทดสอบที่แสดงออกนั้น ส่วนมากจึงเกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ สถานที่ปลูก ฤดูกาลปลูก อีกทั้งเกิดจากปฏิภริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม

สำหรับอิทธิพลของปฏิภริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม คือ สถานที่และฤดูกาลปลูกนั้น พบว่ามีผลต่อลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักกิ่งต่อต้น ปริมาณสารแลคโตนรวม น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้น จึงนำมาวิเคราะห์หาเสถียรภาพของแหล่งรวบรวมตามวิธีของ Francis and Kannenberg (1978) ต่อไป และเนื่องจากไม่พบปฏิภริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลของค่า LWR และลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นจึงไม่นำลักษณะดังกล่าวมาพิจารณาเปรียบเทียบเสถียรภาพของแหล่งรวบรวมต่าง ๆ

ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะพื้นที่ใบต่อต้นของ ฟ้ายะลาโย
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	279617	0.79
Season (S)	2	1102162	0.73
Locations x Seasons (LS)	2	3317311	0.11
Rep. within Locations and Seasons	18	774719	<0.01
Genotype (G)	2	129646	<0.01
Genotypes x Locations (GL)	2	37364	0.94
Genotypes x Seasons (GS)	4	339430	0.75
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	716145	0.04
Pooled error	36	268120	
Total	71		

ตารางที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะความสูงต้นของฟ้ายะลาโย
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	132.89	0.57
Season (S)	2	248.06	0.50
Locations x Seasons (LS)	2	238.57	<0.01
Rep. within Locations and Seasons	18	8.51	0.11
Genotype (G)	2	22.08	0.87
Genotypes x Locations (GL)	2	129.27	0.02
Genotypes x Seasons (GS)	4	45.61	0.13
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	13.47	0.05
Pooled error	36	5.317	
Total	71		

ตารางที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างทรงพุ่มของฟ้าทะลายโจร
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	624.28	0.18
Season (S)	2	169.96	0.49
Locations x Seasons (LS)	2	163.54	0.03
Rep. within Locations and Seasons	18	7.01	0.27
Genotype (G)	2	31.88	0.60
Genotypes x Locations (GL)	2	42.10	0.22
Genotypes x Seasons (GS)	4	26.67	0.36
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	18.70	0.02
Pooled error	36	5.60	
Total	71		

ตารางที่ 16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักกิ่งต่อต้นของฟ้าทะลายโจร
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	27353	0.36
Season (S)	2	14916	0.59
Locations x Seasons (LS)	2	19638	0.02
Rep. within Locations and Seasons	18	747.04	<0.01
Genotype (G)	2	46.12	0.99
Genotypes x Locations (GL)	2	2172.52	0.46
Genotypes x Seasons (GS)	4	6086.24	0.18
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	2312.94	<0.01
Pooled error	36	248.51	
Total	71		

ตารางที่ 17 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนกิ่งต่อต้นของฟ้าทะลายโจร
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	20.05	0.32
Season (S)	2	0.16	0.98
Locations x Seasons (LS)	2	9.05	<0.01
Rep. within Locations and Seasons	18	2.35	0.94
Genotype (G)	2	6.16	0.55
Genotypes x Locations (GL)	2	6.72	0.05
Genotypes x Seasons (GS)	4	2.33	0.14
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	0.722	0.96
Pooled error	36	4.79	
Total	71		

ตารางที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจร
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	49.86	0.10
Season (S)	2	3.85	0.65
Locations x Seasons (LS)	2	6.81	0.03
Rep. within Locations and Seasons	6	0.019	<0.01
Genotype (G)	2	3.53	0.32
Genotypes x Locations (GL)	2	1.30	0.28
Genotypes x Seasons (GS)	4	1.49	0.26
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	0.75	<0.01
Pooled error	12	0.0016	
Total	35		

ตารางที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า LWR ของฟ้าทะลายโจร 3 แห่งรวบรวม
ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	0.01	0.83
Season (S)	2	0.14	0.55
Locations x Seasons (LS)	2	0.16	<0.01
Rep. within Locations and Seasons	18	0.003	0.29
Genotype (G)	2	0.007	0.87
Genotypes x Locations (GL)	2	0.03	0.06
Genotypes x Seasons (GS)	4	0.02	0.06
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	0.005	0.11
Pooled error	36	0002	
Total	71		

ตารางที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักใบต่อต้นของฟ้าทะลายโจร
3 แห่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	6755.28	0.99
Season (S)	2	3020.92	0.39
Locations x Seasons (LS)	2	293.06	0.77
Rep. within Locations and Seasons	18	712.01	<0.01
Genotype (G)	2	465.97	0.62
Genotypes x Locations (GL)	2	320.62	0.62
Genotypes x Seasons (GS)	4	685.68	0.45
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	611.77	0.02
Pooled error	36	194.31	
Total	71		

ตารางที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักรากแห้งต่อต้นของ ฟ้ายะลายโจร
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	6313.50	0.19
Season (S)	2	1227.80	0.44
Locations x Seasons (LS)	2	307.18	0.48
Rep. within Locations and Seasons	18	137.42	<0.01
Genotype (G)	2	10.33	0.93
Genotypes x Locations (GL)	2	66.34	0.8
Genotypes x Seasons (GS)	4	307.18	0.48
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	296.22	<0.01
Pooled error	36	38.41	
Total	71		

ตารางที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความน้ำหนักรากสดต่อต้นของฟ้ายะลายโจร
3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกใน 3 ฤดูกาล

Source of variation	df	MS	Prob.
Location (L)	1	45757	0.29
Season (S)	2	4204.95	0.66
Locations x Seasons (LS)	2	7189.05	0.25
Rep. within Locations and Seasons	18	1659.66	<0.01
Genotype (G)	2	30.60	0.97
Genotypes x Locations (GL)	2	97.93	0.96
Genotypes x Seasons (GS)	4	4204.13	0.38
Genotypes x Locations x Seasons (GLS)	4	3098.49	<0.01
Pooled error	36	492.69	
Total	71		

2.2.3 การวิเคราะห์หาเสถียรภาพของแหล่งรวบรวมตามวิธีของ Francis and Kannenberg (1978)

เนื่องจากพบปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่อลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณสารแลคโตนรวม น้ำหนักแห้งต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้นของฟ้าทะลายโจร จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาเสถียรภาพของแหล่งรวบรวมตามวิธีของ Francis and Kannenberg (1978) โดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของข้อมูล

ในการทดลองของ Francis and Kannenberg (1978) ทำการแบ่งกลุ่มแหล่งรวบรวมที่ทดสอบออกเป็นกลุ่มตามผลผลิตเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Coefficient of variation; cv) ได้ 4 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ
- กลุ่มที่ 2 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง
- กลุ่มที่ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ
- กลุ่มที่ 4 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ (ตารางที่ 23) เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณสารแลคโตนรวม และน้ำหนักแห้งต่อต้นพบว่า accession RY/2 สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978) คือ ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น 2,368 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักใบต่อต้น 69.98 กรัม ความสูงต้น 45.33 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม 40.93 เซนติเมตร ปริมาณสารแลคโตนรวม 11.60 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักแห้งต่อต้น 34.14 กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคือ 2,283 ตารางเซนติเมตร 69.45 กรัม 44.76 เซนติเมตร 39.65 เซนติเมตร 11.03 เปอร์เซ็นต์ 33.77 กรัม ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของลักษณะดังกล่าวต่ำ คือเท่ากับ 23.48 14.76 8.32 9.22 17.38 39.90 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนเฉลี่ยที่มีค่าเท่ากับ 24.22 21.99 9.50 10.36 17.49 43.32 ตามลำดับ

ส่วน accession SSK สามารถจัดอยู่ได้ในกลุ่มที่ 3 คือ ให้ค่าลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น และ น้ำหนักใบต่อต้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณสารแลคโตน และน้ำหนักแห้งต่อต้น พบว่า สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 4 คือ ให้ค่าลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น และน้ำหนักใบต่อต้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย และสำหรับลักษณะความสูงต้น พบว่า accession SSK สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ ให้ค่าลักษณะความสูงต้นสูงกว่าค่าเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย

สำหรับ accession KPS/7 พบว่า เมื่อพิจารณาถึงลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น สามารถที่จะจัด accession KPS/7 อยู่ในกลุ่มที่ 4 คือ มีค่าพื้นที่ใบต่อต้นต่ำกว่าค่าพื้นที่ใบเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย และสำหรับลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนักแห้งต่อต้น accession KPS/7 สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ มีค่าน้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงกว่าค่าเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย และเมื่อพิจารณาลักษณะความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และปริมาณสารแลคโตนรวม พบว่า accession KPS/7 สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 คือ มีค่าความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และปริมาณสารแลคโตนรวมต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย

สำหรับลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้น พบว่า accession SSK สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 ตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978) คือ ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้นเท่ากับ 90.27 กรัม ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นเฉลี่ย คือ 88.78 กรัม และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 47.76 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย คือ 47.12 ส่วน accession KPS/7 สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 คือ ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้นต่ำกว่าค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นเฉลี่ย และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย และ accession RY/2 สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 4 คือ ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้นต่ำกว่าค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นเฉลี่ยและมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย

และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะน้ำหนักสดต่อต้น พบว่า accession KPS/7 สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ มีค่าน้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 124.50 กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ย คือ 123.20 กรัม และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน เท่ากับ 40.80 ซึ่งสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย คือ 34.00 สำหรับ accession RY/2 และ accession SSK สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 คือ ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักสดต่อต้นต่ำกว่าค่าน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ยและมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเฉลี่ย

ดังนั้นการเลือกใช้แหล่งรวบรวมเพื่อปลูกในสภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไป สามารถเลือกใช้ accession RY/2 ได้ เนื่องจากมีลักษณะส่วนมากจัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978) โดยให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณสารแลคโตนรวม และน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงและมีค่าความแปรปรวนต่อสภาพแวดล้อมต่ำ

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของข้อมูลฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม รวมทุกสถานที่และทุกฤดูกาลที่ทำการทดสอบ

แหล่งรวบรวม		พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักใบ ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	ปริมาณแลค โตนรวม (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักแห้ง ต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)
accession KPS/7	mean	2,237	76.73	88.56	43.65	39.34	10.53	34.17	124.5
	CV	39.85	31.33	43.65	7.78	8.67	14.32	43.34	40.8
accession RY/2	mean	2,368	69.98	87.52	45.33	40.93	11.60	34.14	122.46
	CV	23.48	14.76	49.95	8.32	9.22	17.38	39.90	30.85
accession SSK	mean	2,246	68.45	90.27	45.29	38.69	10.95	33.02	122.63
	CV	9.34	19.89	47.76	12.39	13.2	20.77	46.73	30.34
ค่าเฉลี่ย	mean	2,283	69.45	88.78	44.76	39.65	11.03	33.77	123.20
	C.V.	24.22	21.99	47.12	9.50	10.36	17.49	43.32	34.00

2.3 การศึกษาองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร

วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะที่สำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร คือ น้ำหนักกิ่งต่อต้น (กรัม) น้ำหนักใบต่อต้น (กรัม) น้ำหนักแห้งต่อต้น (กรัม) น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม) พื้นที่ใบต่อต้น (ตารางเซนติเมตร) จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่งต่อต้น) ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวม (เปอร์เซ็นต์) จากฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวมที่ทำการทดสอบ 2 สถานที่ และ 3 ฤดูกาล พบว่าสามารถแยกองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจรได้เป็น

1. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม (genotypic variance: σ^2_G)
2. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของสถานที่ปลูก (location variance: σ^2_L)
3. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล (season variance: σ^2_s)
4. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูก (genotype by location interaction : σ^2_{GL})
5. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล (genotype by season interaction : σ^2_{GS})
6. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างสถานที่ปลูกกับฤดูกาล (genotype by location interaction : σ^2_{LS})
7. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกและฤดูกาล (genotype by location by season interaction : σ^2_{GLS})
8. ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของซ้ำในสถานที่กับฤดูกาล (Rep. within Locations and Seasons variance: σ^2_R)

ตารางที่ 24 สัดส่วนองค์ประกอบของความแปรปรวน (variance component) (เปอร์เซ็นต์) ของลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม
เมื่อประเมินจาก 2 สถานที่ 3 ฤดูกาล

องค์ประกอบผลผลิต	องค์ประกอบความแปรปรวน (เปอร์เซ็นต์)							
	σ^2_G	σ^2_L	σ^2_S	σ^2_{LS}	σ^2_{GL}	σ^2_{GS}	σ^2_{L*S*G}	σ^2_R
น้ำหนักกิ่งต่อต้น	0	7.86	0	50.54	0	17.00	18.60	5.99
น้ำหนักใบต่อต้น	0.51	31.94	18.83	0	0	1.57	17.77	29.38
น้ำหนักแห้งต่อต้น	0	17.33	1.23	5.18	0	0.15	57.58	18.54
น้ำหนักสดต่อต้น	0	47.27	0	9.97	0	0.16	26.67	15.92
พื้นที่ใบต่อต้น	4.11	0	0	36.75	0	0	23.58	35.55
จำนวนกิ่งต่อต้น	0	98.85	0	0.64	0.36	0.14	0	0
ค่า LWR	0	0	0	70.55	11.14	14.85	3.46	0
ปริมาณสารแลคโตน	3.04	56.89	0	24.23	2.17	4.41	9.13	0.14

2.3.1 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม

พบความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมหรือค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad sense heritability) ในลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวม โดยลักษณะ มีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.51 4.11 และ 3.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 24) ซึ่งถือว่ามีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมต่ำ สำหรับลักษณะในด้านอื่น ๆ นั้นไม่พบความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรม นั่นคือ อิทธิพลทางพันธุกรรมมีผลในปริมาณต่ำ จึงทำให้ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมมีค่าต่ำตามไปด้วย (พีระศักดิ์, 2525) ซึ่งช่วงความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมที่พบนั้นมีค่าความแปรปรวนต่ำกว่าช่วงความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลอื่น ๆ

2.3.2 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของสถานที่ปลูก

ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของสถานที่ปลูก คือ อ.เมือง จ.สระบุรี และอ.กำแพงแสน จ. นครปฐม มีค่าอยู่ระหว่าง 7.86-98.85 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) โดยเรียงลำดับจากค่าความแปรปรวนต่ำสุดไปถึงสูงสุด คือ น้ำหนักกิ่งต่อต้น 7.86 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งต่อต้น 17.33 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักใบต่อต้น 31.94 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสดต่อต้น 47.27 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารแลคโตนรวม 56.89 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนกิ่งต่อต้น คือ 98.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ลักษณะน้ำหนักสดต่อต้น ปริมาณสารแลคโตนรวม และจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของสถานที่ปลูกในปริมาณสูง และมีความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลด้านอื่น ๆ ต่ำ ทำให้การประเมินคัดเลือกสามารถทำได้ยาก จำเป็นต้องประเมินในหลายสถานที่เพื่อควบคุมความแปรปรวนจากสถานที่ปลูก และเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการประเมิน

2.3.3 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล

ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูแล้ง (ตารางที่ 24) พบว่า ลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนักแห้งต่อต้น มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลปลูก คือ 18.83 และ 1.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลของลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้น น้ำหนักสดต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่า LWR และปริมาณสารแลคโตนรวม สำหรับลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนัก

แห่งต่อต้าน ถือว่ามีค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลต่ำ ดังนั้นการประเมินลักษณะดังกล่าวจึงไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบในหลายฤดูกาล

2.3.4 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูก

พบความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูก (ตารางที่ 24) ของลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้าน ค่า LWR และปริมาณสารแลคโทรวม เท่ากับ 0.36 11.14 และ 2.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจัดว่ามีค่าความแปรปรวนที่เกิดเนื่องจากปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกในระดับต่ำ คือ การประเมินลักษณะดังกล่าวได้รับอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกในปริมาณน้อย

2.3.5 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล

มีเพียงลักษณะพื้นที่ใบต่อต้านเท่านั้นที่ไม่ได้รับอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล สำหรับลักษณะอื่น ๆ นั้น พบว่า มีค่าความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลอยู่ระหว่าง 0.14-17.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) โดยเรียงลำดับจากค่าความแปรปรวนต่ำสุดไปถึงสูงสุด คือ จำนวนกิ่งต่อต้าน 0.14 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห่งต่อต้าน 0.15 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสดต่อต้าน 0.16 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักใบต่อต้าน 1.57 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารแลคโทรวม 4.41 เปอร์เซ็นต์ ค่า LWR 14.85 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักกิ่งต่อต้าน 17.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลต่ำ

2.3.6 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างสถานที่ปลูกกับ ฤดูกาล

พบความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างสถานที่ปลูกกับ
ฤดูกาล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.64-70.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) โดยเรียงลำดับจากค่าความแปรปรวน
ต่ำสุดไปถึงสูงสุด คือ จำนวนกิ่งต่อต้น 0.64 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งต่อต้น 5.18 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก
สดต่อต้น 9.97 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารแลคโตนรวม 24.23 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ใบต่อต้น 36.75
เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักกิ่งต่อต้น 50.54 เปอร์เซ็นต์ และค่า LWR 70.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้
ลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้น และค่า LWR มีค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วม
ระหว่างสถานที่ปลูกกับฤดูกาลสูง ดังนั้นการประเมินลักษณะดังกล่าวต้องคำนึงถึงอิทธิพลของ
ปฏิภณาร่วมระหว่างสถานที่ปลูกกับฤดูกาลด้วย จึงควรที่จะทำการทดสอบประเมินค่าในหลาย
สถานที่ และหลายฤดูกาล

2.3.7 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับ สถานที่ปลูกกับฤดูกาล

ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูก
กับฤดูกาล มีค่าอยู่ระหว่าง 3.46-57.58 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) โดยเรียงลำดับจากค่าความแปรปรวน
ต่ำสุดไปถึงสูงสุด คือ ค่า LWR 3.46 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารแลคโตนรวม 9.13 เปอร์เซ็นต์
น้ำหนักใบต่อต้น 17.77 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักกิ่งต่อต้น 18.60 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ใบต่อต้น 23.58 เปอร์เซ็นต์
น้ำหนักสดต่อต้น 26.67 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำหนักแห้งต่อต้น 57.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าความ
แปรปรวนของลักษณะดังกล่าวมีค่าต่ำมาก แสดงว่าลักษณะดังกล่าวได้รับอิทธิพลของปฏิภณาร่วม
ระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกกับฤดูกาลน้อยมาก ส่วนลักษณะน้ำหนักแห้งต่อต้นนั้นมีค่าความ
แปรปรวนที่เกิดจากปฏิภณาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกกับฤดูกาลสูง ดังนั้นการประเมินค่า
น้ำหนักแห้ง ควรคำนึงถึงอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกกับฤดูกาลด้วย
เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการประเมินลักษณะ และสำหรับลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้น ไม่พบ
ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกกับฤดูกาล

2.3.8 ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของซ้ำในการทดลอง

ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของบล็อก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14-35.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) โดยเรียงลำดับจากค่าความแปรปรวนต่ำสุดไปถึงสูงสุด คือ ปริมาณสารแลกโตนรวม 0.14 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักกิ่งต่อต้น 5.99 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสดต่อต้น 15.92 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งต่อต้น 18.54 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักใบต่อต้น 29.38 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ใบต่อต้น 35.55 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ ลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นมีค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของความแตกต่างของลักษณะในแต่ละซ้ำที่ทำการทดสอบในปริมาณต่ำและลักษณะอื่น ๆ ไม่พบค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของซ้ำในแต่ละการทดลอง ดังนั้นในการประเมินลักษณะต่าง ๆ ทุกลักษณะที่ทำการทดสอบสามารถวางแผนการทดลองแบบไม่มีบล็อกได้

2.4 ศึกษาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร

จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรในทุกสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 24) พบว่า ลักษณะความสูงมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวม เท่ากับ 0.743 0.595 และ 0.527 ตามลำดับ ซึ่งลักษณะความกว้างทรงพุ่มมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวม เท่ากับ 0.479 0.710 และ 0.518 ตามลำดับ และยังพบว่า ลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณสารแลคโตนรวม เท่ากับ 0.408 จึงจะเห็นได้ว่า ลักษณะของปริมาณสารแลคโตนรวมอันเป็นสารสำคัญทางเภสัชวิทยาของฟ้าทะลายโจรนั้นจะมีปริมาณสูงหากต้นมีค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นมาก มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ และมีความสูงมากซึ่งส่งผลให้แนวโน้มมน้ำหนักสดมีค่าสูงเช่นกัน ทั้งนี้ค่าน้ำหนักสดต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนักกิ่งต่อต้น เท่ากับ 0.418 0.434 และ 0.782 ตามลำดับ แต่พบว่าค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นนั้นมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักแห้งต่อต้น คือเท่ากับ 0.139 แม้ว่าฟ้าทะลายโจรที่มีความสูงมาก มีทรงพุ่มขนาดใหญ่จะให้ค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นสูงและให้ค่าปริมาณสารแลคโตนรวมสูง แต่ก็จะให้ค่าน้ำหนักแห้งต่อต้นต่ำเช่นกัน ซึ่งหากมีวัตถุประสงค์ในการผลิตเพื่อผลิตสารสำคัญทางยาก็สามารถใช้ลักษณะ ทรงพุ่มที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักกิ่งต่อต้นสูงเป็นลักษณะในการคัดเลือกเบื้องต้นได้

ตารางที่ 25 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรรวมทุกสภาพแวดล้อม

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ใบ/ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวนกิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แลคโตน
ความสูง (<i>prob.</i>)		0.743**	0.595**	-0.148 (0.38)	0.340 (0.05)	-0.067 (0.69)	0.890 **	-0.113 (0.51)	0.527**
ความกว้างทรงพุ่ม(<i>prob.</i>)			0.479**	0.009 (0.95)	0.171 (0.31)	-0.111 (0.51)	0.710**	-0.301 (0.31)	0.581**
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)				-0.158 (0.35)	0.418*	0.434**	0.782**	-0.154 (0.36)	0.281 (0.09)
น้ำหนักแห้ง/ต้น(<i>prob.</i>)					-0.030 (0.85)	-0.173 (0.31)	-0.139**	-0.023 (0.89)	0.100 (0.55)
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						0.189 (0.26)	0.403*	-0.199 (0.31)	0.043 (0.80)
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)							0.072 (0.67)	-0.230 (0.17)	0.208 (0.22)
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								-0.199 (0.43)	0.408*
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)									-0.143 (0.40)

* มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

สำหรับฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูฝน (ตารางที่ 26) ไม่พบค่า สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของที่ระดับความชื้น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่จะพบว่า ที่ระดับ ความชื้น 93 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักกิ่งต่อต้นจะมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะน้ำหนักสดต่อ ต้น เท่ากับ 0.986 คือในฤดูฝนนี้หากน้ำหนักกิ่งต่อต้นมีค่าสูงแล้วค่าน้ำหนักสดต่อต้นก็จะมีค่าสูง ด้วย แต่ทั้งนี้การปลูกฟ้าทะลายโจรในช่วงฤดูฝนนั้น ไม่เหมาะสมต่อการประเมินลักษณะต่าง ๆ เนื่องจาก ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ นั้นมีค่าต่ำ จึงเกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในช่วงฤดูแล้ง (ตารางที่ 27) พบว่า ค่าน้ำหนักแห้งต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์ ทางลบกับลักษณะ พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น คือ มีค่าเท่ากับ 0.999 0.999 และ 0.398 ตามลำดับ และพบว่า ลักษณะพื้นที่ใบต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะ น้ำหนักกิ่งต่อต้น เท่ากับ 0.999 นั่นคือ หากฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในช่วงฤดูฝนที่ อ. เมือง จ. สระบุรี จะมีน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงหากมีค่าพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักกิ่งต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นต่ำสำหรับ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดู ร้อน (ตารางที่ 28) พบว่า ความสูงต้นมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความกว้างทรงพุ่ม และค่า น้ำหนักแห้งต่อต้น คือ 0.996 และ 0.999 ตามลำดับ นั่นคือ หากทำการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในช่วงฤดูร้อนแล้วหากทรงพุ่มมีขนาดสูงใหญ่จะให้ค่าน้ำหนักแห้งต่อต้นสูง สำหรับค่า น้ำหนักสดต่อต้นพบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ลบกับน้ำหนักใบต่อต้น เท่ากับ 0.999

ตารางที่ 26 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ จ. สระบุรี ในฤดูฝน

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ ใบ/ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวน กิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แอลกอฮอล์
ความสูง (<i>prob.</i>)		0.586 (0.60)	0.607 (0.58)	0.983 (0.11)	-0.061 (0.96)	0.854 (0.34)	0.730 (0.47)	-0.907 (0.27)	0.190 (0.87)
ความกว้างทรงพุ่ม (<i>prob.</i>)			-0.287 (0.81)	0.432 (0.71)	0.772 (0.48)	0.921 (0.25)	-0.124 (0.92)	-0.872 (0.32)	0.906 (0.27)
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)				0.739 (0.41)	-0.830 (0.37)	0.106 (0.93)	0.986 (0.10)	-0.216 (0.86)	-0.664 (0.53)
น้ำหนักแห้ง/ต้น (<i>prob.</i>)					-0.238 (0.84)	0.748 (0.46)	0.840 (0.36)	-0.817 (0.39)	0.012 (0.99)
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						0.465 (0.69)	-0.726 (0.48)	-0.363 (0.43)	0.968 (0.16)
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)							0.269 (0.82)	-0.993 (0.07)	0.672 (0.53)
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								-0.375 (0.75)	-0.531 (0.64)
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)									-0.585 (0.60)

ตารางที่ 27 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ จ. สระบุรี ในฤดูแล้ง

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ใบ/ ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวน กิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แอลกอฮอล์
ความสูง (<i>prob.</i>)		-0.472 (0.68)	0.082 (0.94)	-0.806 (0.40)	0.793 (0.41)	-0.951 (0.19)	0.797 (0.41)	0.863 (0.33)	0.628 (0.56)
ความกว้างทรงพุ่ม (<i>prob.</i>)			-0.917 (0.26)	0.090 (0.28)	-0.911 (0.27)	0.179 (0.88)	-0.908 (0.27)	0.037 (0.97)	0.388 (0.74)
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)				-0.655 (0.54)	0.672 (0.53)	0.226 (0.85)	0.667 (0.53)	-0.431 (0.71)	-0.723 (0.46)
น้ำหนักแห้ง/ต้น (<i>prob.</i>)					-0.999*	0.587 (0.60)	-0.999*	-0.398* (0.73)	-0.047 (0.96)
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						-0.568 (0.61)	0.999**	0.377 (0.75)	0.024 (0.98)
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)							-0.573 (0.61)	-0.976 (0.13)	-0.836 (0.36)
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								0.383 (0.74)	0.031 (0.98)
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)									0.935 (0.23)

* มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 28 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ จ. สระบุรี ในฤดูร้อน

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ใบ/ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวน กิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แลคโตน
ความสูง (<i>prob.</i>)	0.996*	0.525 (0.64)	0.999**	-0.378 (0.75)	-0.487 (0.67)	0.349 (0.12)	0.980 (0.28)	-0.295 (0.80)	
ความกว้างทรงพุ่ม (<i>prob.</i>)		0.593 (0.59)	0.996 (0.06)	-0.459 (0.22)	-0.557 (0.62)	0.961 (0.17)	-0.936 (0.22)	-0.216 (0.86)	
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)			0.521 (0.65)	-0.986 (0.10)	-0.999*	0.349 (0.77)	-0.838 (0.36)	0.657 (0.54)	
น้ำหนักแห้ง/ต้น (<i>prob.</i>)				-0.374 (0.75)	-0.483 (0.67)	0.981 (0.12)	-0.902 (0.28)	-0.300 (0.80)	
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)					0.992 (0.07)	-0.190 (0.87)	0.737 (0.47)	-0.772 (0.43)	
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						-0.307 (0.80)	0.813 (0.39)	-0.689 (0.51)	
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)							-0.803 (0.40)	-0.140 (0.68)	
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								-0.140 (0.91)	

* มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ส่วนการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูฝน (ตารางที่ 29) พบว่ามีเพียงลักษณะน้ำหนักรากแห้งต่อต้นกับน้ำหนักใบต่อต้น และลักษณะพื้นที่ใบต่อต้นกับน้ำหนักกิ่งต่อต้นเท่านั้นที่พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างลักษณะดังกล่าว คือเท่ากับ 0.999 และ 0.999 ตามลำดับ ซึ่งก็สอดคล้องเช่นเดียวกันกับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี คือ พบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ น้อยมาก แสดงว่าช่วงฤดูฝนนั้นไม่เหมาะที่จะทำการประเมินลักษณะต่าง ๆ ของผลผลิตดังกล่าว ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในฤดูแล้งนั้น (ตารางที่ 30) พบว่า ลักษณะความกว้างทรงพุ่มมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักกิ่งต่อต้น และ ลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น เท่ากับ 0.999 และ 0.998 ตามลำดับ ซึ่งยังพบว่า ลักษณะน้ำหนักใบต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะน้ำหนักรากแห้งต่อต้น คือ 0.999 และพบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะน้ำหนักรากแห้งต่อต้นกับพื้นที่ใบต่อต้นนั้นมีทิศทางลบต่อกัน คือเท่ากับ 0.996 ซึ่งทั้งนี้มีทิศทางที่สอดคล้องกันกับฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ. เมือง จ. สระบุรี ในฤดูแล้งเช่นกัน ดังนั้น ในฤดูแล้งหากมีค่าน้ำหนักรากแห้งต่อต้นสูงจะมีค่าพื้นที่ใบต่อต้นต่ำ ซึ่งอาจใช้ปริมาณพื้นที่ใบต่อต้นเป็นลักษณะที่ช่วยในการคัดเลือกฟ้าทะลายโจรที่มีค่าน้ำหนักรากแห้งต่อต้นสูงได้

สำหรับฟ้าทะลายโจรที่ปลูกที่ อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูร้อน (ตารางที่ 31) พบว่า ปริมาณสารแลคโตนมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะความสูงและความกว้างทรงพุ่ม เท่ากับ 0.998 และ 0.998 ตามลำดับ และลักษณะน้ำหนักรากต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะน้ำหนักรากแห้งต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น และน้ำหนักกิ่งต่อต้น คือมีค่าเท่ากับ 0.998 0.999 และ 0.997 ตามลำดับ อีกทั้งค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นยังมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะน้ำหนักรากแห้งต่อต้น เท่ากับ 0.999 ด้วย ดังนั้นการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงฤดูร้อน เพื่อให้ได้ปริมาณสารแลคโตนรวมสูง มีค่าผลผลิตสด และแห้งสูงนั้น ควรคัดเลือกลักษณะต้นฟ้าทะลายโจรที่มีลักษณะทรงพุ่มและลำต้นมีขนาดใหญ่ และมีค่าน้ำหนักกิ่งต่อต้นสูงด้วย

ตารางที่ 29 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ จ. นครปฐม ในฤดูฝน

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ ใบ/ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวน กิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แลคโตน
ความสูง (<i>prob.</i>)		-0.435 (0.71)	-0.913 (0.26)	-0.965 (0.16)	-0.992 (0.07)	-0.961 (0.17)	-0.986 (0.10)	-0.218 (0.85)	0.523 (0.64)
ความกว้างทรงพุ่ม (<i>prob.</i>)			0.030 (0.98)	0.186 (0.88)	0.324 (0.78)	0.169 (0.89)	0.283 (0.81)	-0.783 (0.42)	0.539 (0.63)
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)				0.987 (0.09)	0.955 (0.19)	0.990 (0.08)	0.967 (0.16)	0.592 (0.59)	-0.825 (0.38)
น้ำหนักแห้ง/ต้น (<i>prob.</i>)					0.989 (0.09)	0.999*	0.995 (0.06)	0.464 (0.69)	-0.726 (0.48)
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						0.987 (0.10)	0.999*	0.333 (0.78)	-0.621 (0.57)
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)							0.993 (0.07)	0.479 (0.68)	-0.738 (0.47)
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								0.373 (0.75)	-0.654 (0.54)
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)									-0.945 (0.21)

* มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 30 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ จ. นครปฐม ในฤดูแล้ง

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ใบ/ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวน กิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แลกโตน
ความสูง (<i>prob.</i>)		0.754 (0.45)	0.705 (0.50)	-0.808 (0.40)	0.853 (0.34)	0.788 (0.42)	0.732 (0.47)	0.577 (0.60)	-0.486 (0.67)
ความกว้างทรงพุ่ม (<i>prob.</i>)			0.067 (0.95)	-0.996 (0.06)	0.986 (0.10)	0.998*	0.999*	0.971 (0.15)	-0.940 (0.22)
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)				-0.153 (0.90)	0.232 (0.85)	0.120 (0.92)	0.034 (0.97)	-0.170 (0.89)	0.275 (0.82)
น้ำหนักแห้ง/ต้น (<i>prob.</i>)					-0.996*	-0.999*	-0.992 (0.07)	-0.947 (0.20)	0.907 (0.27)
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						0.993 (0.07)	0.980 (0.12)	0.918 (0.10)	-0.870 (0.32)
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)							0.996 (0.05)	0.957 (0.18)	-0.921 (0.25)
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								0.978 (0.13)	-0.950 (0.20)
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)									-0.994 (0.06)

* มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 31 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรเมื่อปลูกที่ จ. นครปฐม ในฤดูร้อน

	ความ สูง	ความ กว้าง ทรงพุ่ม	น้ำหนัก สด/ต้น	น้ำหนัก แห้ง/ต้น	พื้นที่ใบ/ต้น	น้ำหนัก ใบ/ต้น	น้ำหนัก กิ่ง/ต้น	จำนวน กิ่ง/ต้น	ปริมาณสาร แลคโตน
ความสูง (<i>prob.</i>)		-0.810 (0.39)	-0.948 (0.20)	-0.962 (0.17)	-0.878 (0.31)	-0.933 (0.23)	-0.969 (0.15)	-0.361 (0.76)	0.998*
ความกว้างทรงพุ่ม(<i>prob.</i>)			0.582 (0.60)	0.621 (0.57)	0.991 (0.08)	0.546 (0.63)	0.640 (0.55)	-0.25 (0.48)	0.998*
น้ำหนักสด/ต้น (<i>prob.</i>)				0.998*	0.681 (0.52)	0.999*	0.997*	0.638 (0.55)	-0.962 (0.17)
น้ำหนักแห้ง/ต้น(<i>prob.</i>)					0.716 (0.49)	0.995 (0.06)	0.999*	0.600 (0.59)	-0.974 (0.14)
พื้นที่ใบ/ต้น (<i>prob.</i>)						0.648 (0.53)	0.733 (0.47)	-0.127 (0.91)	-0.854 (0.34)
น้ำหนักใบ/ต้น (<i>prob.</i>)							0.993 (0.07)	0.671 (0.53)	-0.949 (0.20)
น้ำหนักกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)								0.580 (0.60)	-0.979 (0.12)
จำนวนกิ่ง/ต้น (<i>prob.</i>)									-0.406 (0.73)

* มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

สรุป

1. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองและการผสมข้ามของฟ้าทะลายโจร พบว่า ฟ้าทะลายโจรจัดเป็นพืชที่มีการผสมตัวเองเท่ากับ 89.5 เปอร์เซ็นต์ และ 10.5 เปอร์เซ็นต์สำหรับการผสมข้าม และพบว่า การผสมเกสรนั้นเกิดขึ้นในขณะที่กัลีบดอกยังปิดอยู่ (cleistogamy)

2. การศึกษาเสถียรภาพของผลผลิตและปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร พบอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม คือ สถานที่และฤดูกาลปลูก ต่อลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักกิ่งต่อต้น ปริมาณสารแลคโตนรวม น้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้น

3. จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของลักษณะสำคัญบางประการของฟ้าทะลายโจร พบว่า เมื่อพิจารณาถึงลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณสารแลคโตนรวม และน้ำหนักแห้งต่อต้นนั้น accession RY/2 สามารถจัดอยู่ได้ในกลุ่มที่ 1 ตามวิธีการของ Francis and Kannenberg (1978) คือ ให้ผลผลิตเฉลี่ยของลักษณะสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนต่ำ สำหรับลักษณะน้ำหนักกิ่ง พบว่า accession SSK สามารถจัดอยู่ได้ในกลุ่มที่ 2 คือ ให้น้ำหนักกิ่งเฉลี่ยสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของลักษณะสูง ส่วน accession KPS/7 ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักสดต่อต้นสูงที่สุด และสามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ ให้น้ำหนักสดต่อต้นสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง

3. จากการศึกษาความแปรปรวนขององค์ประกอบของผลผลิต พบว่า ลักษณะน้ำหนักใบต่อต้น น้ำหนักสดต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และปริมาณสารแลคโตนรวม ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของสถานที่ปลูกในปริมาณสูง คือ 31.94 47.27 98.85 และ 56.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนลักษณะน้ำหนักกิ่งต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น และค่า LWR มีค่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างสถานที่ปลูกกับฤดูกาลปลูกในปริมาณสูง คือ 50.54 36.75 และ 70.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสำหรับลักษณะน้ำหนักแห้งต่อต้น พบว่า มีค่าความแปรปรวนที่เกิดเนื่องจากอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสถานที่ปลูกกับฤดูกาลสูง คือ 57.58 เปอร์เซ็นต์

4. จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแลคโตนรวมอันเป็นของฟัทะลายโจรในทุภสภาพแวดล้อมพบว่า ลักษณะของปริมาณสารแลคโตนรวมอันเป็นสารสำคัญทางเภสัชวิทยาของฟัทะลายโจรนั้นจะมีปริมาณสูงหากต้นมีค่าน้ำหนักกิ่งต้อต้นมาก มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ และมีความสูงมากซึ่งส่งผลให้แนวโน้มของน้ำหนัภสดมีค่าสูงด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2528. **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. ข้อมูลสภาพอากาศปี 2549-2550. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

เจริญ สุขพงษ์. 2533. **คู่มือแนะนำลักษณะและประโยชน์ของสมุนไพรที่ไม่ทางการแพทย์**
ยอมรับ ฉบับสมบูรณ์. สำนักพิมพ์หมึกจีน, กรุงเทพฯ.

ชาวไร่ กาญจโนมัย 2538. **อิทธิพลของฤดูปลูก ต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วเหลือง ในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณพพร คำรังสีริ. 2530. **พฤษกษอนุกรมวิธาน**. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2540. **สมุนไพรใช้ในกึ่งลูกได้ใบ พญาขอ ฟ้ายะลายโจร. ข้าวเกษตรและ
เทคโนโลยี 2: 37-54.**

ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา, ประนอม เดชวิศิษฎ์สกุล, เย็นจิตร เตชะดำรงสิน, จารีย์ บันสิทธิ์ และ
อัญชล จุฑะพุทธิ. 2544. **มาตรฐานสมุนไพรไทย ฟ้ายะลายโจร**. สถาบันวิจัยสมุนไพร.
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข.

นคร เหลืองประเสริฐ, นิภา เขื่อนควบ, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ และเบญจารักษ์ สุวรรณสิงห์.
2538. **การศึกษาฤดูปลูกและวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมในการผลิตฟ้ายะลายโจรในสภาพ
ดินทรายชายทะเล**. น. 74-78. ใน **สรุปผลการดำเนินงานวิจัยโครงการวิจัยอุดหนุนวิจัย
ประเภท ข. ประจำปี 2537 และ 2538**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2546. **เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทวัน บุญประภัสร์. 2529. **ก้าวไปกับสมุนไพร**. ธรรมมถการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

- นิจศิริ เรืองรังษี และพะยอม ตันติวัฒน์. 2534. **พืชสมุนไพร**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญส่ง คงคาทิพย์. 2537. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรและขมิ้นจากแหล่งปลูกต่าง ๆ. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2537. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2540. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรและขมิ้นชันจากแหล่งปลูกต่าง ๆ และ **ขมิ้นชันผงที่ผลิตในขบวนการผลิตเพื่ออุตสาหกรรม**. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2540. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปฏิพร เตมียกุล. 2548. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของฟ้าทะลายโจรในประเทศไทยด้วย **เครื่องหมาย AFLP**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เพียว เหมือนวงษ์ญาติ. 2534. **คู่มือการใช้สมุนไพร**. สำนักพิมพ์แมคคัลล์ มีเดีย, กรุงเทพฯ.
- พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. **พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เย็นจิตร จิวเวชดำรงกุล, วารุณี จิรวัดนาพงศ์ และทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยู่ชยา. 2533. การพัฒนา **วิธีวิเคราะห์สารประเภทแอลคาลอยด์ในสมุนไพรฟ้าทะลายโจร**. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. 32(2): 53-61.
- ราชนนทร์ ถิรพร. 2537. การเขตกรรมและการปรับปรุงพันธุ์ฟ้าทะลายโจร. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2537. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันดี กฤษณพันธ์. 2539. **เกร็ดความรู้สมุนไพร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เฟื่องฟ้าพรินติ้ง, กรุงเทพฯ.
- วิทย์ เทียงบุญธรรม. 2531. **พจนานุกรมสมุนไพรไทย**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริมา พรสุวัฒนา, ประสาน ชรรณอุปกรณ์ และอุมา กิติยานี. 2532. ทดสอบฤทธิ์การป้องกันและรักษา
แผลกระเพาะอาหารของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร และปลั่งน้อย. **ไทยเภสัชสาร 14(1): 35-45.**

สมจิตร ใจวังเย็น. 2544. **อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการพัฒนาสายพันธุ์ถั่วเหลืองโปรตีนสูงใน
ประเทศไทย.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมภพ ประธานธรรักษ์. 2539. **อนุกรมวิธานพืชสมุนไพร.** โอ. เอส. พรินติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2525. **การปรับปรุงพันธุ์พืช.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตร
แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุนทรี สิงหนุตรา. 2536. **สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด.** โอ. เอส. พรินติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

สุมาลี ทองดอนแอ. 2545. **การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของฟ้าทะลายโจร (*Andrographis
paniculata* Wall. ex Nees) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและรูปแบบไอโซไซม์.** ปัญหาพิเศษ
ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. 2533. **สมุนไพรใน
งานสาธารณสุขมูลฐานสำหรับบุคลากรสาธารณสุข.** โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก,
กรุงเทพฯ.

สำลี ใจดี, รพีพล ภโรรวาท, สุนทรี วิทยานารถไพศาล และชัยโย ชัญญาญทิพยุทธ. 2522. **การใช้สมุนไพร
เล่ม 1.** บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ.

หัตยา พรมโต. 2539. **อิทธิพลของวันปลูกและจำนวนต้นต่อพื้นที่ต่อคุณภาพและการให้ผลผลิตของ
ฟ้าทะลายโจร.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

หฤทัย โฉมงาม. 2550. **รูปแบบการออกดอก การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ และอายุการเก็บเกี่ยวที่มี
ผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจร.** บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อำนาจ โยธาศิริ. 2540. อิทธิพลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้ายะลวยโจร.
 รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนการวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2539. ภาควิชาพืชไร่
 คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Allard, R.W. and Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant
 breeding. **Crop Sci. 4: 504-507.**

Becker, H.C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica 30:**
835-840.

Comstock, R.E. and R.H. Moll. 1963. **Genotype-environment interactions**, p. 164-196. *In* W.D. Hanson
 and H.F. Robinson. Statistical genetics and plant breeding. NAS-NRC Pub. Washington, D.C.

Eberhart, S.A., W.A. Russell and L.H. Penny. 1964. Double cross hybrid prediction in maize when epistasis is
 present. **Crop Sci. 4: 363-366.**

Farnworth, N.R. and N. Bunyaphatsara. 1992. **Thai Medicinal Plants**. Medicinal Plant Information
 Center Faculty of Pharmacy. Mahidol University, Bangkok. P. 279.

Finley, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Aust. J.**
Agr. Res. 14: 1029-1034.

Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. **Can. J. Plant Sci.**
38: 1029-1034.

Heinrich, G.M., C.A. Francis and T.D. Eastin. 1983. Stability for grain sorghum yield components across
 diverse environments. **Crop Sci. 23: 209-212.**

Horner, T.W. and K.J. Frey. 1957. Method for determining natural areas for oat varietal recommendations.

Agron. J. 41: 313-315.

Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovich. 1986. Stability analysis: Where do we stand?. **Crop Sci.**

26: 894-900.

Maison Tathaporn. 2005. **Genetic Diversity of *Andrographis paniculata* Wall. ex Nees as Revealed by**

Morphological Characters and Molecular Markers. M.S. Thesis, Kasetsart University.

Perry, L. M. 1980. **Medicinal plants of east and southeast asia.** The MIT Press, England.

Sprague, G.F. and W.T. Federer. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. **Agron. J.**

43: 535-541.

Valantin, M., B.E., Vaissiere, C., Gary and Robin, P. 2006. Source-Sink Balance Affects

Reproductive Development and Fruit Quality in Cantaloupe Melon (*Cucumis melo* L.).

The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 81(1): 105-117.

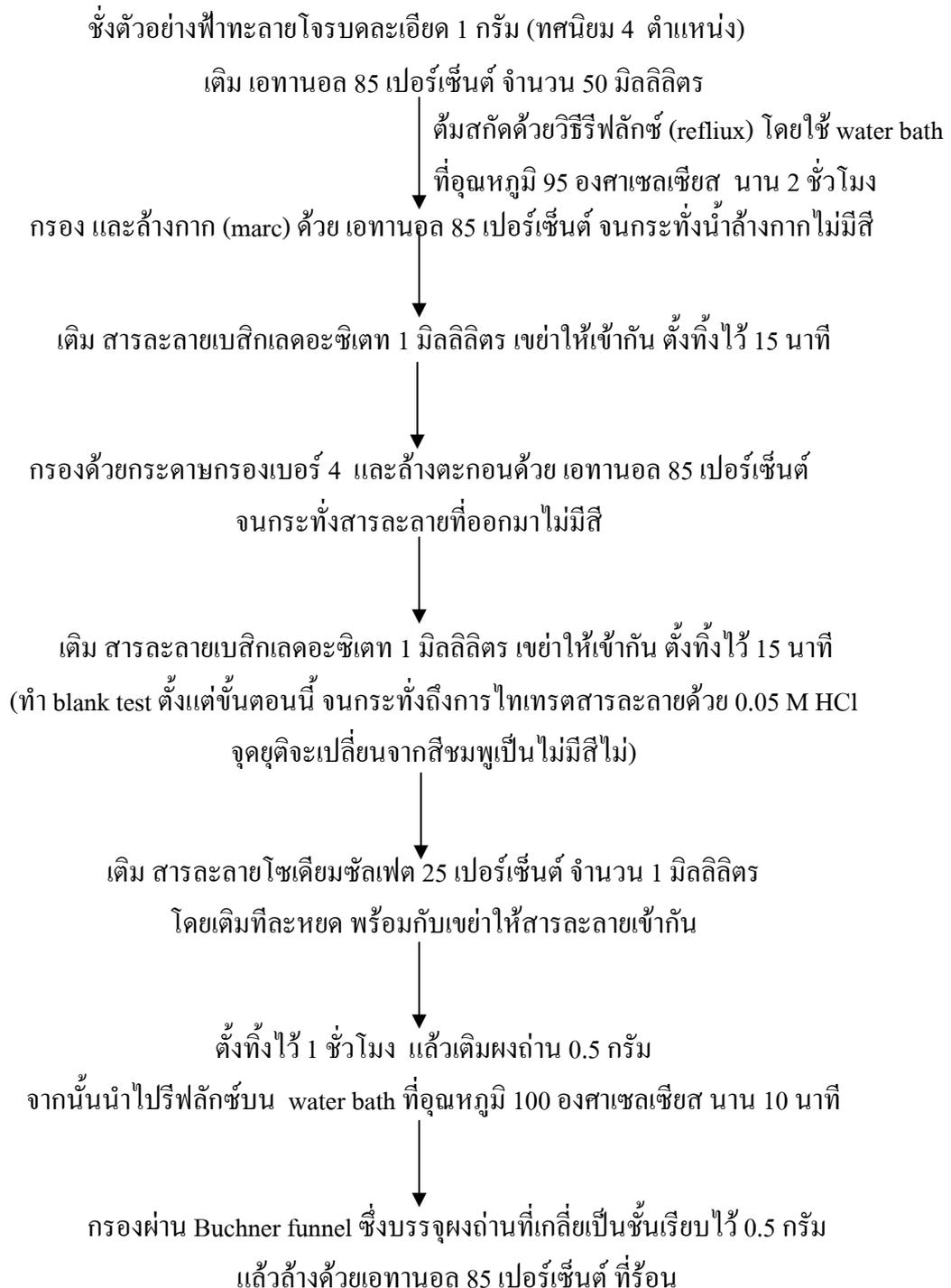
Vollmann J., C.N. Fritz, H. Wagenristl and P. Ruchenbauer. 2000. Environment and genetic variation of

soybean seed protein content under Central European growing conditions. **J. Sci. Food Agric.**

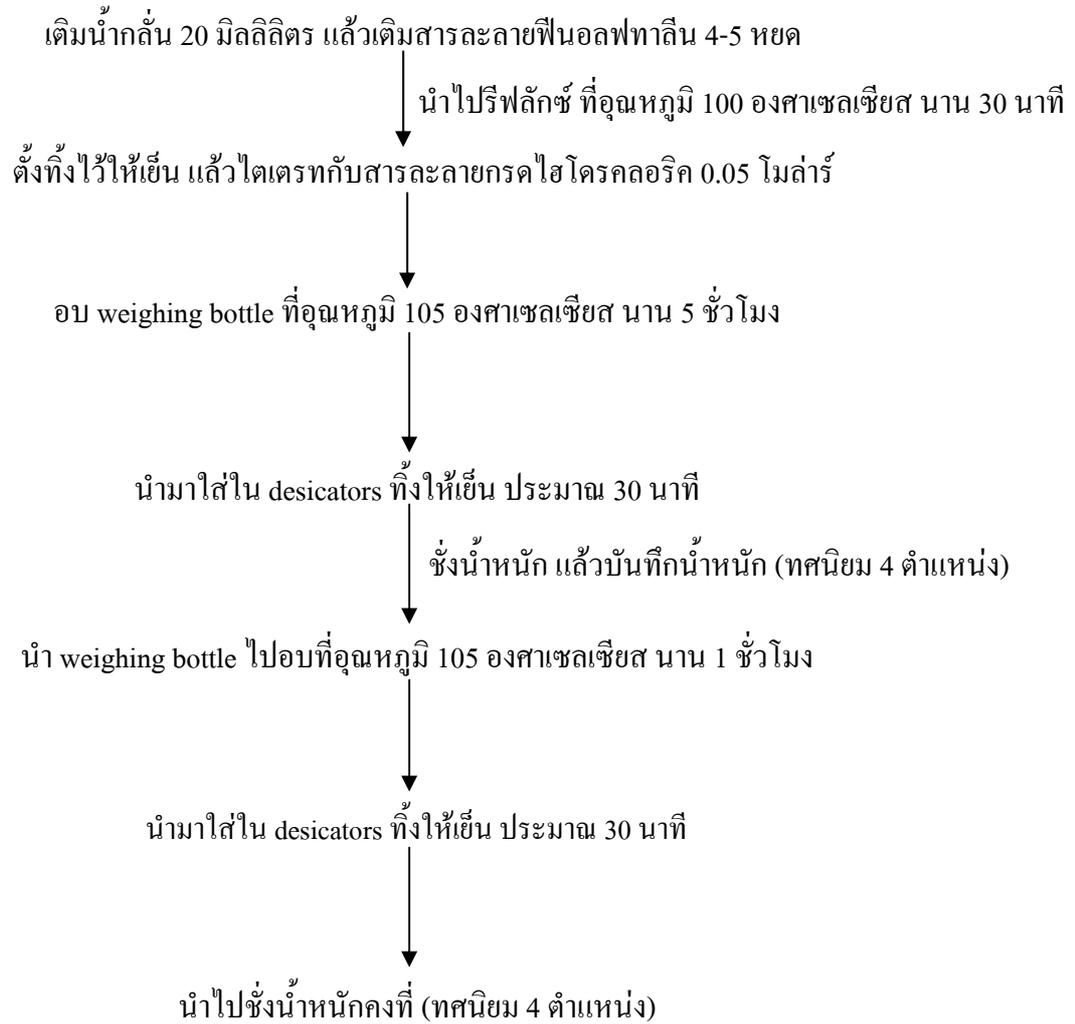
80(9): 1300-1306.

Westcott, B. 1987. A method of assessing the yield stability of crop genotypes. **J. Agr. Sci.** **108: 267-274.**

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณแลคโตนรวม ตามวิธีการของ ทวีผล และคณะ (2544)



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณสารแลคโตนรวมของฟ้าทะลายโจรจากแหล่งรวบรวมต่างๆ ในประเทศไทย

Accession	Origin	lactone content (%)
		Mean±SD
1	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	11.85 ± 0.14 abc
2	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	6.48 ± 4.55 cd
3	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	12.28 ± 0.21 abc
4	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	7.49 ± 1.86 abcd
5	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	8.26 ± 0.10 abcd
6	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	9.62 ± 0.06 abcd
7	Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom	13.80 ± 0.05 a
8	Kanchanaburi	13.28 ± 0.08 ab
9	Chanthaburi	8.01 ± 0.13 abcd
10	Chiang Rai	9.60 ± 0.03 abcd
11	Chiang Mai	6.99 ± 3.11 bcd
12	Chumphon	11.93 ± 0.34 abc
13	Nakhon Si Thammarat	11.32 ± 0.03 abc
14	Phetchaburi	10.51 ± 0.57 abcd
15	Buri Ram	9.97 ± 0.19 abcd
16	Songkhla	7.99 ± 0.11 abcd
17	Rayong 1	13.72 ± 0.25 a
18	Phitsanulok	1.11 ± 0.21 d
19	Rayong 2	8.72 ± 0.20 abcd
20	Si Sa Ket	13.23 ± 0.26 ab
21	Pak Chong, Nakhon Ratchasima 1	10.65 ± 0.51 abcd
22	Pak Chong, Nakhon Ratchasima 2	13.53 ± 0.14 ab

Means follow by different letters are significantly different at $P < 0.01$ by DMRT

ที่มา: Maison (2005)

ตารางผนวกที่ 2 สภาพอากาศโดยเฉลี่ยรายเดือนของ จ. สระบุรี ตลอดการทดลอง

ข้อมูลจากสถานี ตรวจอากาศ ลพบุรี	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	รวม	เฉลี่ยต่อวัน
	พ.ศ. 2549					
เมษายน	35.16	24.48	95	85	154.6	5.15
พฤษภาคม	34.21	24.37	98	59	184.4	5.95
มิถุนายน	34.11	23.87	98	84	179.3	5.98
กรกฎาคม	33.39	23.49	97	85	86.8	2.80
สิงหาคม	33.10	24.67	97	84	93.2	3.01
กันยายน	32.77	24.43	98	90	334.8	11.16
ตุลาคม	33.12	24.25	96	67	116.5	3.76
พฤศจิกายน	34.02	22.40	92	59	0.0	0.0
ธันวาคม	32.28	21.80	89	43	0.0	0.0
พ.ศ. 2550						
มกราคม	32.79	21.94	72.65	40.32	56.48	0.00
กุมภาพันธ์	33.74	22.43	87.25	48.14	67.70	0.00
มีนาคม	35.95	25.29	88.48	49.77	69.13	0.10
เมษายน	36.10	25.19	89.53	50.13	69.83	3.40

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550

ตารางผนวกที่ 3 สภาพอากาศโดยเฉลี่ยรายเดือนของ จ. นครปฐม ตลอดการทดลอง

ข้อมูลจากสถานี ตรวจอากาศ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	รวม	เฉลี่ยต่อวัน
พ.ศ. 2549						
เมษายน	38.0	23.0	97	29	38.6	7.72
พฤษภาคม	37.8	22.9	96	40	117.0	8.36
มิถุนายน	36.6	23.7	99	47	162.5	10.16
กรกฎาคม	35.3	23.7	97	50	74.3	5.72
สิงหาคม	37.0	22.5	98	45	90.1	5.01
กันยายน	36.7	22.8	96	47	338.2	16.10
ตุลาคม	34.2	22.0	93	52	114.1	8.15
พฤศจิกายน	35.5	17.8	95	36	5.7	1.90
ธันวาคม	33.9	11.1	96	30	7.2	18.0
พ.ศ. 2550						
มกราคม	30.55	19.67	94.39	49.06	71.73	0.23
กุมภาพันธ์	33.28	21.02	94.04	44.32	69.18	0.00
มีนาคม	36.20	24.55	93.48	39.87	66.68	0.50
เมษายน	35.94	24.94	93.33	47.73	70.53	5.00

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550

ตารางผนวกที่ 4 อายุวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ และปริมาณสารแลกโตนรวมของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกที่ จ. สระบุรี

แหล่งรวบรวม	อายุวันเก็บเกี่ยว (วัน)	น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ (กิโลกรัม)	ปริมาณสารแลกโตนรวม (เปอร์เซ็นต์)
ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2549)			
accession KPS/7	128	1800.00	9.64
accession RY/2	130	1737.60	12.19
accession SSK	132	1756.80	9.32
ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง มกราคม พ.ศ. 2550)			
accession KPS/7	138	1932.29	8.73
accession RY/2	142	2051.33	7.96
accession SSK	140	2062.46	8.45
ฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2549)			
accession KPS/7	132	1896.00	10.37
accession RY/2	134	1944.00	11.64
accession SSK	129	1752.00	10.43

ตารางผนวกที่ 5 อายุวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ และปริมาณสารแลกโคตินรวมของฟ้าทะลายโจร 3 แหล่งรวบรวม ที่ปลูกที่ จ. นครปฐม

แหล่งรวบรวม	อายุวันเก็บเกี่ยว (วัน)	น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ (กิโลกรัม)	ปริมาณสารแลกโคตินรวม (เปอร์เซ็นต์)
ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2549)			
accession KPS/7	134	3823.78	11.31
accession RY/2	136	3119.42	12.61
accession SSK	134	3246.14	11.74
ฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง มกราคม พ.ศ. 2550)			
accession KPS/7	137	1638.24	11.88
accession RY/2	146	1672.46	12.81
accession SSK	142	1619.95	12.70
ฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2549)			
accession KPS/7	128	2952.00	11.26
accession RY/2	136	2136.00	12.54
accession SSK	134	2064.00	13.08

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดลองของฟ้าทะลายโจรจาก 3 แหล่งรวบรวม

แหล่งรวบรวม	ความ สูงต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม (ซม.)	น้ำหนัก สดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนัก แห้งต่อต้น (กรัม)	น้ำหนัก ใบต่อต้น (กรัม)	พื้นที่ใบ ต่อต้น (ตร.ซม.)	น้ำหนักกิ่ง ต่อต้น (กรัม)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่ง)	ปริมาณสาร แลคโตนรวม (%)	LWR
Accession KPS/7	43.65	39.35	124.50	46.57	76.76	2237.00	88.56	20.42	10.53	0.49
Accession RY/2	45.33	40.93	122.63	34.14	69.98	2368.60	87.53	19.50	11.60	0.47
Accession SSK	45.30	38.69	122.63	33.02	68.45	2246.00	90.27	20.33	10.42	0.45

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวปฏิพร เตมียกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 16 มกราคม 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงาน	การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของฟ้าทะลายโจร ในประเทศไทยด้วยเครื่องหมาย AFLP
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการวิจัย “การพัฒนาเพิ่มผลผลิตและปริมาณสาร แอลคานของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์เพื่อใช้ในปศุสัตว์แบบ ยั่งยืนในเขตจังหวัดสระบุรี” ภายใต้การสนับสนุนทุน วิจัยโดย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)