บทที่ 4

อภิปรายผลการทดลอง

การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่

การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ในการศึกษาครั้งนี้ พิจารณาลักษณะปริมาณสารเมือกใน เมล็ด เป็นลักษณะสำคัญ เพราะมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวสำหรับ เป็นแนวทาง ในการสร้างสายพันธุ์แมงลักที่มีปริมาณสาร เมือกสูงไว้ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมยา และ เพื่อลด ขนาดยา (dose) ในการรับประทาน เป็นยาระบาย

การคัดเลือกทำทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ครั้งแรกจากการปลูกครั้งที่ 1 โดยคัดเลือกแมงลัก ไว้ 6 สายพันธุ์ จาก 18 สายพันธุ์ ครั้งที่ 2 จากการปลูกครั้งที่ 2 คัดเลือกให้เหลือ 4 สายพันธุ์ หลังจากศึกษาลักษณะปริมาณสาร เมือกและลักษณะทางปริมาณบางลักษณะของแมงลักทั้ง 6 สายพันธุ์ แล้ว ครั้งที่ 3 จากการปลูกครั้งที่ 4 คัดเลือกให้เหลือ 2 สายพันธุ์ หลังจากศึกษาลักษณะปริมาณ สาร เมือกของแมงลัก 4 สายพันธุ์แล้ว โดย เลือก เอาสายพันธุ์ที่มีปริมาณสาร เมือกสูงที่สุดและต่ำที่สุด ไว้ เพื่อศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะบางอย่าง

1. <u>การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ครั้งแรก</u>

จากแมงลักจำนวน 18 สายพันธุ์ ที่ปลูกในครั้งที่ 1 ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มี ปริมาณสาร เมือกสูงและต่ำไว้อย่างละ 3 สายพันธุ์ ซึ่งนอกจากพิจารณาถึงปริมาณสาร เมือกแล้ว ยังพิจารณาความแข็งแรงของต้น รวมทั้งปริมาณเมล็ดจากการผสมตัว เองที่เก็บเกี่ยวไว้ในแต่ละ สายพันธุ์ เพื่อใช้สำหรับการปลูกครั้งต่อไปด้วย จึงไม่ได้คัดเลือกสายพันธุ์ที่ 10 และ 16 ซึ่งมี ปริมาณสาร เมือกสูงและต่ำตามลำดับไว้ (ตารางที่ 1) เนื่องจากมีลักษณะต้นไม่แข็งแรงและ เมล็ด ที่ได้จากการผสมตัว เองมีน้อย

ในการปลูกพืช เพื่อคัดเลือกครั้งแรกนี้ไม่ได้ใช้แผนการทดลอง (experimental design) เพราะมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนสายพันธุ์ลงในขั้นแรกก่อนและประกอบกับจำนวน ตัวอย่างพืชที่มีอยู่มีมากบ้างน้อยบ้าง จำนวนสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ในครั้งแรกนี้ ได้คัดเลือกไว้เป็น จำนวนมาก เนื่องจากไม่ต้องการทิ้งบางสายพันธุ์ที่อาจมีลักษณะดีไปโดยยังไม่ได้ศึกษาอย่างละ เอียด และพืชอาจจะยังไม่ได้อยู่ในสภาพคงตัวทางพันธุกรรม

I16077660

การคัดเลือกทำโดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะปริมาณสารเมือกด้วยวิธีเปรียบเทียบสองตัวแทน (t-test) เนื่องจากไม่ได้ใช้แผนการทดลองในการปลูกพืช (จรัญ จันทลักขณา, 2523)

2. <u>การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ครั้งที่ 2 และการผสมเกสร</u>

การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ครั้งที่ 2 ทำหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางปริมาณบางลักษณะของแมงลัก 6 สายพันธุ์ ที่ปลูกจากเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ที่มี 3 ซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ โดยวิธี DMRT แล้ว ได้คัดเลือกสายพันธุ์ B และ C ออก เนื่องจากทั้งสองสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารเมือกอยู่ในช่วงกลาง ๆ ระหว่างกลุ่มที่มีปริมาณสารเมือกสูงกับกลุ่มที่มีปริมาณสารเมือกต่ำ ทั้งยังมีอายุเก็บเกี่ยวนาน ซึ่งจะทำให้เก็บผลผลิตได้ช้า จึงคัดออกเพื่อให้ได้สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความแตกต่างในลักษณะปริมาณสารเมือกมากยิ่งขึ้น และเพื่อให้ระยะเวลาที่ใช้ในการปลูกพืชทดลองสั้นลง

ในการปลูกแมงลักครั้งที่ 2 นี้ ได้แบ่งพืชกลุ่มหนึ่งไว้เพื่อทำการผสมเกสรระหว่างสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกสูงกับสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกต่ำ โดยทำการผสมเกสรทั้งหมดจำนวน 18 คู่ผสม (รวมทั้งการผสมสลับพ่อแม่) ก่อนที่จะทำการคัดเลือกครั้งที่ 2 การทำเช่นนี้จะเป็นการประหยัดเวลาที่จะต้องปลูกพืชเพื่อผสมเกสรอีกครั้งหนึ่งหลังการคัดเลือก แต่การผสมเกสรก่อนการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่ต้องการจริง ๆ ทำให้ต้องผสมเกสรมากเกินกว่าจำนวนคู่ผสมที่จะใช้ เพราะต้องผสมเกสรระหว่างพ่อแม่ทุกสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้จากครั้งแรก ดังนั้น ถ้าไม่คำนึงถึงระยะเวลาในการทดลอง ควรทำการผสมเกสรหลังจากคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่ต้องการได้แล้วจะเป็นการประหยัดแรงงานในการผสมเกสรได้มาก

หลังจากคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ได้สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกสูงและต่ำอย่างละ 2 สายพันธุ์แล้ว จึงเก็บผลของการผสมเกสรระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ดังกล่าวไว้เพียง 6 คู่ผสม (รวมคู่ผสมสลับพ่อแม่) จาก 18 คู่ผสม

3. <u>การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ครั้งที่ 3</u>

การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ครั้งที่ 3 ทำในการปลูกครั้งที่ 4 หลังจากวิเคราะห์ปริมาณสารเมือกของแมงลักทั้ง 4 สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกครั้งที่ 2 แล้ว จึงคัดเลือก

สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกสูงสุดและต่ำสุด เอาไว้อย่างละ 1 สายพันธุ์ เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกต่างกันมากที่สุดไว้ศึกษา คือสายพันธุ์ A และ D นอกจากนี้สายพันธุ์ A ยังมีกลีบดอกเป็นสีม่วง รวมทั้งกลีบเลี้ยง และก้านช่อดอก ซึ่งแตกต่างจากสายพันธุ์ D ที่มีดอกเป็นสีขาว ฉรงค์ โฉมเฉลา (2514) รายงานว่า ลักษณะดอกสีม่วงของพืชในสกุล Ocimum บางชนิด ได้แก่ โหระพา (O. basilicum Linn.) ถูกควบคุมโดยยีนเด่น (dominant gene) ดังนั้น จึงน่าจะเป็นลักษณะเด่นในแมงลักซึ่งเป็นพืชในสกุล Ocimum ด้วย ลักษณะนี้สามารถใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบลูกผสมที่ได้จากการผสมเกสร ในการปลูกครั้งที่ 4 จึงเก็บข้อมูลของ 2 คู่ผสม (รวมคู่ผสมสลับพ่อแม่) ไว้สำหรับศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะบางอย่าง

จากการคัดเลือกทั้ง 3 ครั้ง จะเห็นได้ว่า การวิเคราะห์ปริมาณสารเมือกในเมล็ดที่ได้จากการปลูกแต่ละครั้งให้ค่าเฉลี่ยต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ (ตารางที่ 2 5 7 และ 10) อาจเนื่องมาจาก

1. ปริมาณสารเมือกเป็นลักษณะที่ขึ้นกับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมมาก โดยพิจารณาจากค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (ตารางที่ 12) เมื่อปลูกในฤดูต่างกัน สถานที่ต่างกัน ค่าที่ได้จึงแตกต่างกันไปบ้าง

2. ปริมาณของเมล็ดที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งต่างกัน คือ ในการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 เก็บเมล็ดได้น้อย จึงวิเคราะห์ค่าดรรชนีการพองตัวจากเมล็ดจำนวนเพียง 0.4 และ 0.5 กรัมตามลำดับ ส่วนในการปลูกครั้งที่ 4 เก็บเมล็ดได้มาก จึงวิเคราะห์จากเมล็ดจำนวน 1 กรัม ค่าที่วัดได้จึงอาจคลาดเคลื่อนกันแต่ในครั้งหลังสุดจะมีความถูกต้องมากกว่า เพราะใช้เมล็ดปริมาณมาก

3. พันธุกรรมของเมล็ดที่วิเคราะห์มีความแตกต่างกันคือ ในการคัดเลือกแต่ละครั้งจะทำการผสมเกสรแบบผสมตัวเอง (selfing) ของพืชแต่ละต้น และเก็บเมล็ดที่ได้ไปปลูกในครั้งต่อไป ดังนั้น พืชจึงมีความคงตัวทางพันธุกรรม (homozygosity) เพิ่มขึ้นในการปลูกครั้งต่อ ๆ มา ยีโนไทป์ของเมล็ดในชั่วต่าง ๆ จึงแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของตัวแทนจึงเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละชั่วของลูกผสมตัวเอง (Allard, 1960)

4. จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกัน คือ ในการปลูกครั้งที่ 1 นำเมล็ดที่เก็บได้ของแต่ละสายพันธุ์มารวมกันแล้ววิเคราะห์ปริมาณสารเมือก โดยทำเพียง 2-3 ซ้ำ ส่วนในการปลูกครั้งที่ 2 และ 4 มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD แล้วหาปริมาณสารเมือก

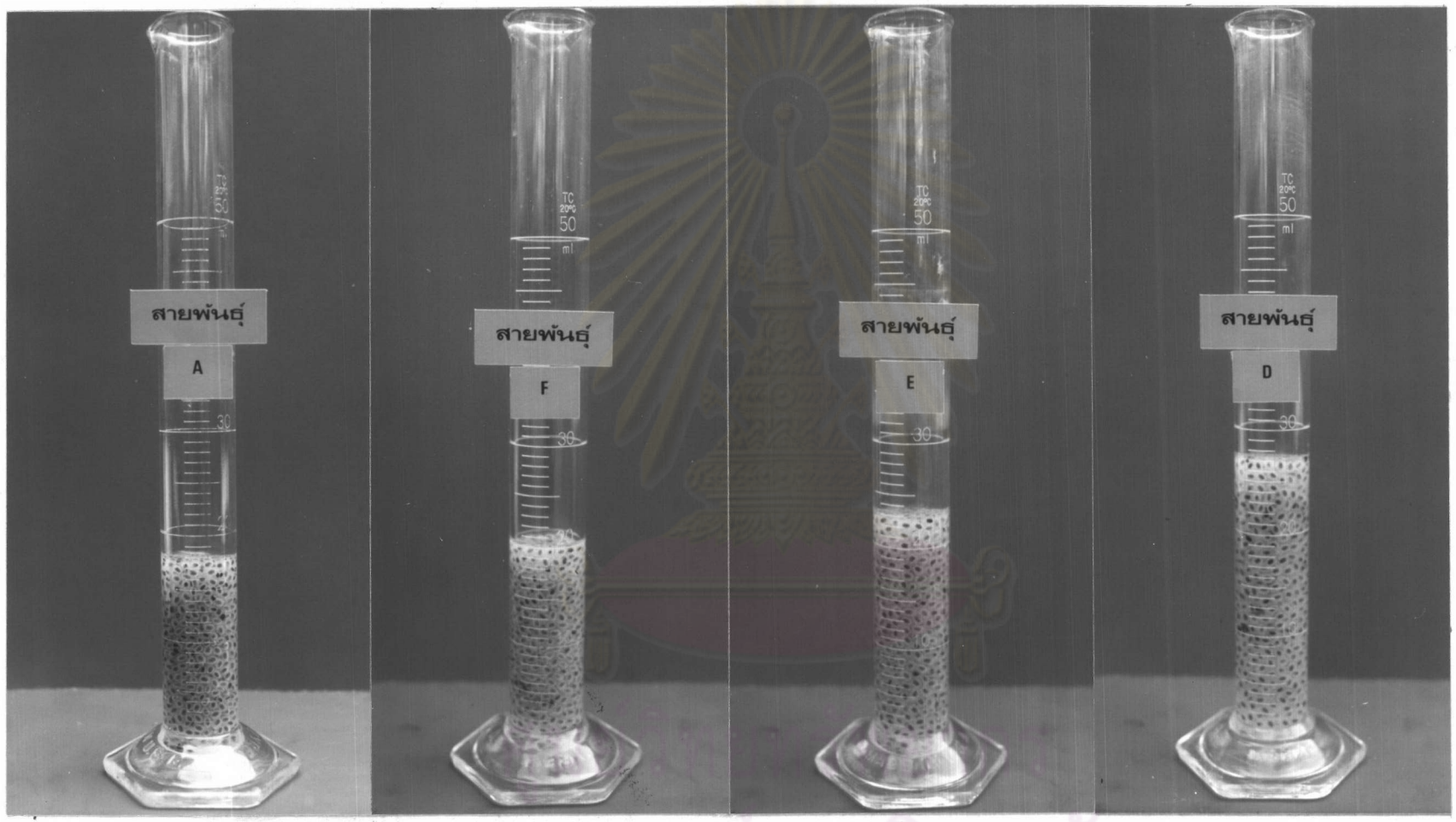
2 ซ้ำในแต่ละต้นของแต่ละสายพันธุ์ นอกจากนั้น จำนวนพืชที่เก็บตัวอย่างมีจำนวนมากขึ้น คือ จำนวน 10 ต้น ในการปลูกครั้งที่ 2 และ 24 ต้น ในการปลูกครั้งที่ 4 ซึ่งในการปลูกครั้งที่ 4 นี้ ได้ทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ครั้งแรกทำการวิเคราะห์ในแมงลัก 4 สายพันธุ์ ๆ ละ 24 ต้น ครั้งที่ 2 วิเคราะห์ในแมงลักสายพันธุ์ A และ D ที่คัดเลือกไว้ โดยแบ่งเป็น 2 คู่ผสม จึงวิเคราะห์จากสายพันธุ์ละ 12 ต้นต่อ 1 คู่ผสม อาจมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเมือกที่วิเคราะห์ได้แต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า สายพันธุ์ที่จัดไว้ในกลุ่มที่มีปริมาณสารเมือกต่ำและสูงยังคงอยู่ในกลุ่มเดิมในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง เพียงแต่มีลำดับของค่าเฉลี่ยแตกต่างไปบ้าง สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกต่ำคือ A และ F ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกสูงคือสายพันธุ์ E และ D โดยสายพันธุ์ D มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารเมือกสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติจากสายพันธุ์ E ในการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 และ 3

สายพันธุ์ที่มีค่าดรรชนีการพองตัวสูง จะมีปริมาตรเมล็ดเมื่อพองตัวเต็มที่สูงด้วย (ภาพที่ 1) เนื่องจากปริมาตรเมล็ดแห้งค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละสายพันธุ์ ลักษณะเมล็ดเมื่อพองตัวเต็มที่ของสายพันธุ์ที่มีค่าดรรชนีการพองตัวสูง จะมีสารเมือกหนาและอยู่กันอย่างหลวม ๆ มากกว่าสายพันธุ์ที่มีค่าดรรชนีการพองตัวต่ำ ซึ่งมีสารเมือกเป็นชั้นบาง ๆ อัดติดกันแน่นกับเมล็ด (ภาพที่ 2 และ 3)

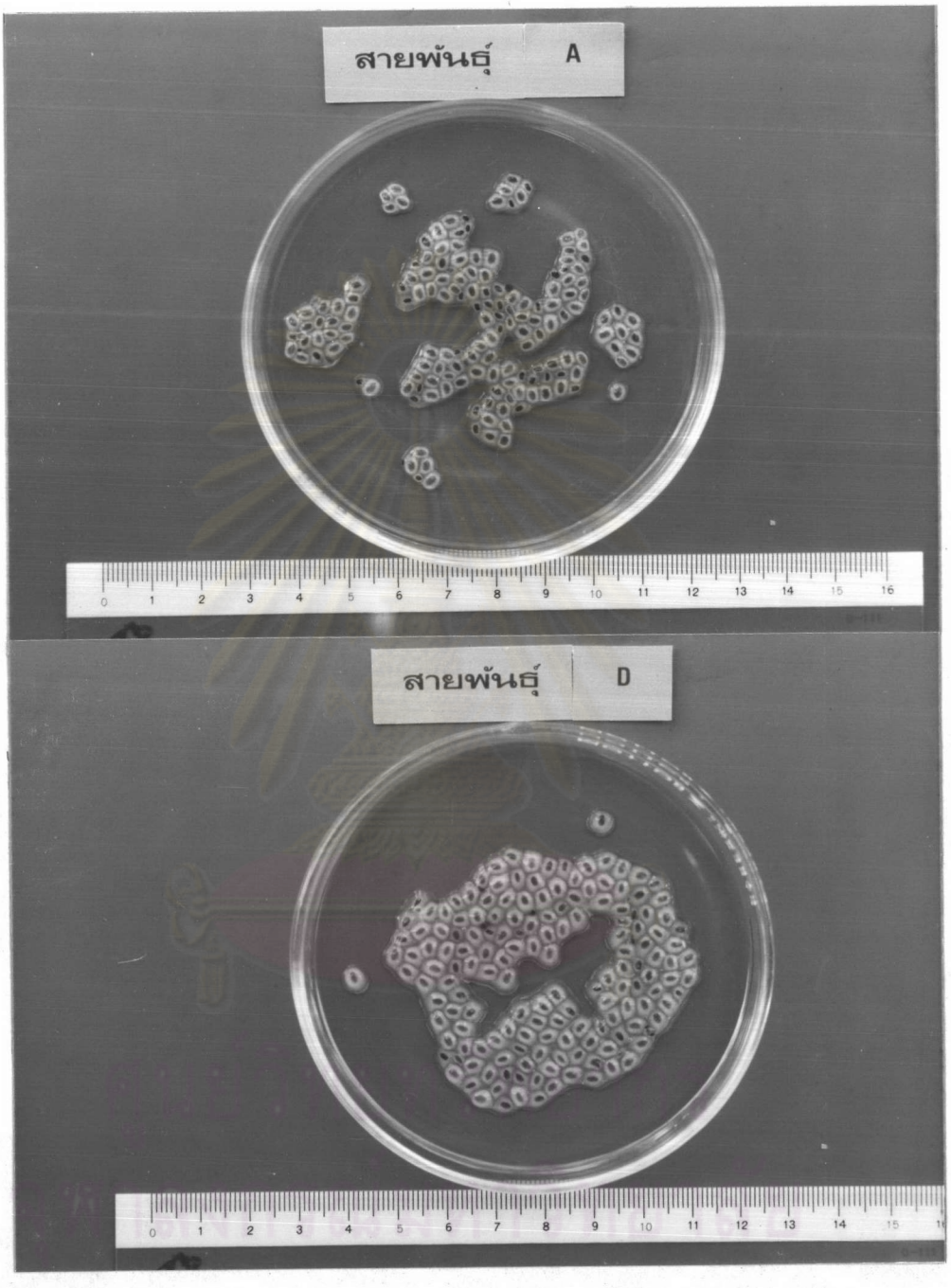
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะปริมาณสารเมือก ผลผลิตเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่า คู่ผสมตรง และคู่ผสมสลับพ่อแม่ ให้ผลค่อนข้างสอดคล้องกัน (ตารางที่ 10 และ 11) ในลักษณะปริมาณสารเมือก ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 ของคู่ผสม AxD มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ D ซึ่งมีปริมาณสารเมือกสูงที่ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อในคู่ผสมสลับพ่อแม่ DxA ลูกผสมชั่วที่ 1 ก็ให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ D ส่วนลูกผสมชั่วที่ 2 มีค่าเฉลี่ยค่อนมาทางสายพันธุ์ D ซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่ จึงเห็นได้ว่า ผลของทั้ง 2 คู่ผสมมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ส่วนลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ลูกผสมชั่วที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกับสายพันธุ์ D ซึ่งมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง ไม่ว่าจะเป็นคู่ผสมตรงหรือคู่ผสมสลับพ่อแม่ ทำนองเดียวกับลักษณะปริมาณสารเมือก การที่ลูกผสมมีค่าเฉลี่ยไปในทางเดียวกัน ไม่ว่าจะใช้สายพันธุ์

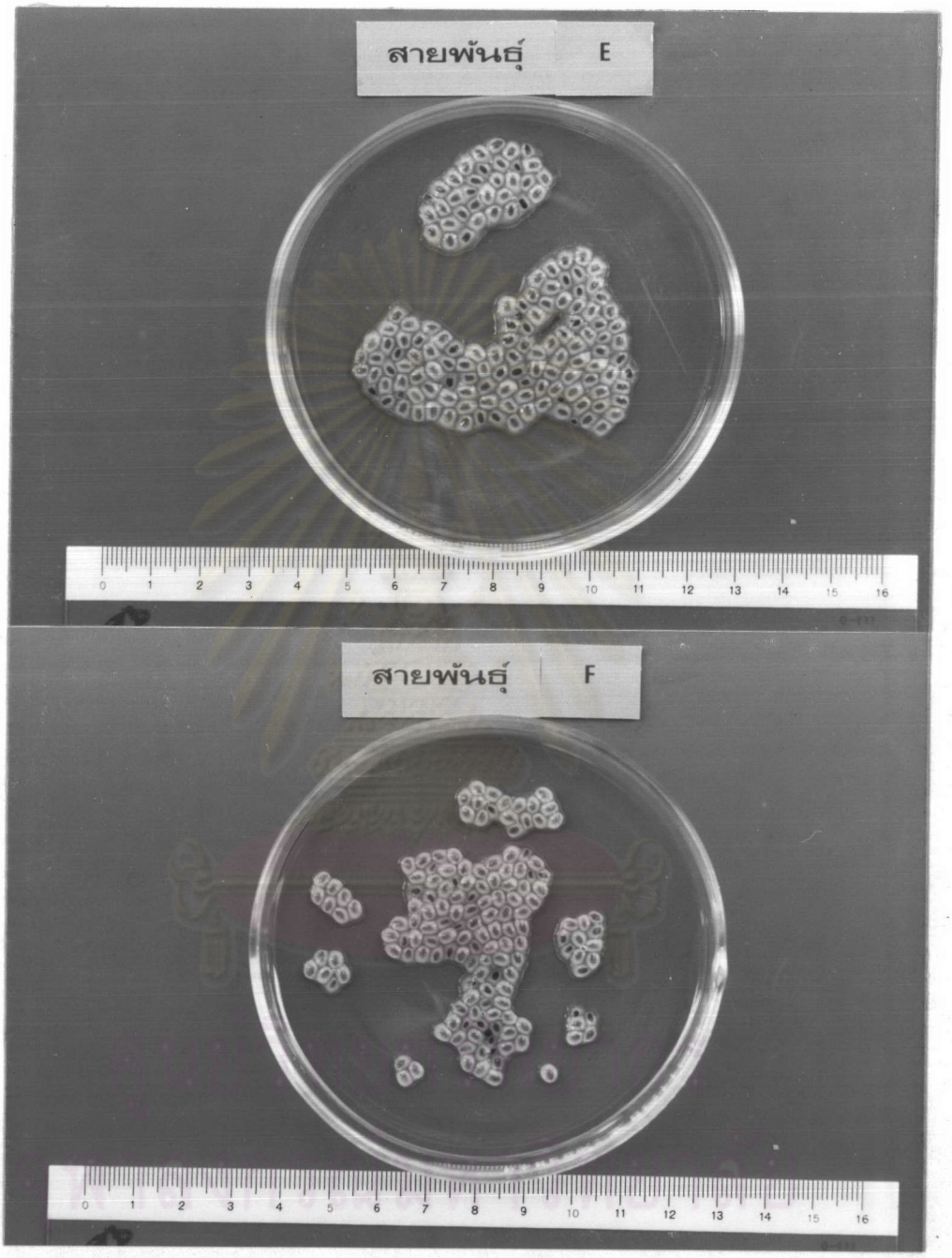


ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปริมาตรเมล็ด 1 กรัม เมื่อพองตัวเต็มที่ของแมงลักสายพันธุ์ A F E และ D

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะ เมล็ด เมื่อพองตัว เต็มที่ของแมงลักสายพันธุ์ A และ D



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะ เมล็ด เมื่อพองตัว เต็มที่ของแมงลักสายพันธุ์ E และ F

ใด เป็นแม่ แสดงว่าลักษณะทั้งสองนี้ไม่มีอิทธิพลทางฝ่ายแม่ (maternal effect) หรือยีนใน ไซโตพลาสซึม เข้ามา เกี่ยวข้อง (Gardner and Snustad, 1984) ส่วนลักษณะผลผลิต เมล็ดต่อต้น ไม่มีความแตกต่างในทุก ๆ ชั่วที่ศึกษาทั้งในคู่ผสมตรงและคู่ผสมสลับพ่อแม่ เป็น เพราะการศึกษาครั้งนี้ ใช้ลักษณะปริมาณสาร เมือก เป็นหลักในการคัด เลือก สายพันธุ์ที่มีปริมาณสาร เมือกสูงและต่ำที่คัด เลือก ไว้อาจจะไม่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิต และในการปลูกแต่ละครั้ง การ เก็บ เมล็ดผสมตัว เองจะ เลือกจากต้นที่แข็งแรงและให้ เมล็ดมากไว้ปลูกในครั้งต่อไป จึง เป็นการคัด เลือก เฉพาะต้นที่ให้ผลผลิตสูง เอาไว้ เท่านั้น นอกจากนี้การ เก็บ เกี่ยวผลผลิตในแมงลักยังกระทำได้ยาก เนื่องจาก เมล็ดร่วงได้ง่าย เมื่อแก่จัด และทยอยแก่จากโคนช่อดอกไปถึงปลาย จึง เก็บผลผลิตได้ไม่ สมบูรณ์ การศึกษา เกี่ยวกับลักษณะนี้จึงควรทำซ้ำ เพื่อยืนยันอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้สายพันธุ์ที่มีผลผลิต เมล็ดต่อต้นแตกต่างกันมาก ๆ และปรับปรุงวิธีการ เก็บ เกี่ยวผลผลิตให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จากการที่ลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่า เฉลี่ยโน้ม เอียงมายังสายพันธุ์ที่มีค่า เฉลี่ยสูงกว่าในลักษณะ ปริมาณสาร เมือกและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ไม่ว่าจะใช้สายพันธุ์ที่มีค่า เฉลี่ยสูงกว่า เป็นพ่อหรือแม่ (กราฟที่ 1 และ 3) แสดงว่าปฏิกิริยาการทำงานของยีนมีแนวโน้มจะ เป็นแบบข่ม (Falconer, 1981) ซึ่งต้องทำการศึกษาโดยละ เอียดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อยืนยัน อย่างไรก็ตามจะ เห็นได้ว่า ในทั้ง 3 ลักษณะนั้น ลูกผสมชั่วที่ 1 ไม่แสดงความดี เด่น เหนือพ่อหรือแม่ที่มีค่า เฉลี่ยของลักษณะนั้นสูง แสดง ว่าไม่มีความดี เด่นของลูกผสม (heterosis) ในลักษณะดังกล่าว (Poehlman, 1979) ซึ่งในพืช ผสมตัว เองนั้น การที่ลูกผสมไม่ดีไปกว่าพ่อหรือแม่ซึ่ง เป็นพันธุ์แท้ การปรับปรุงพันธุ์โดยการสร้าง ลูกผสมจะไม่คุ้มค่า (กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2528)

อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแนวกว้าง

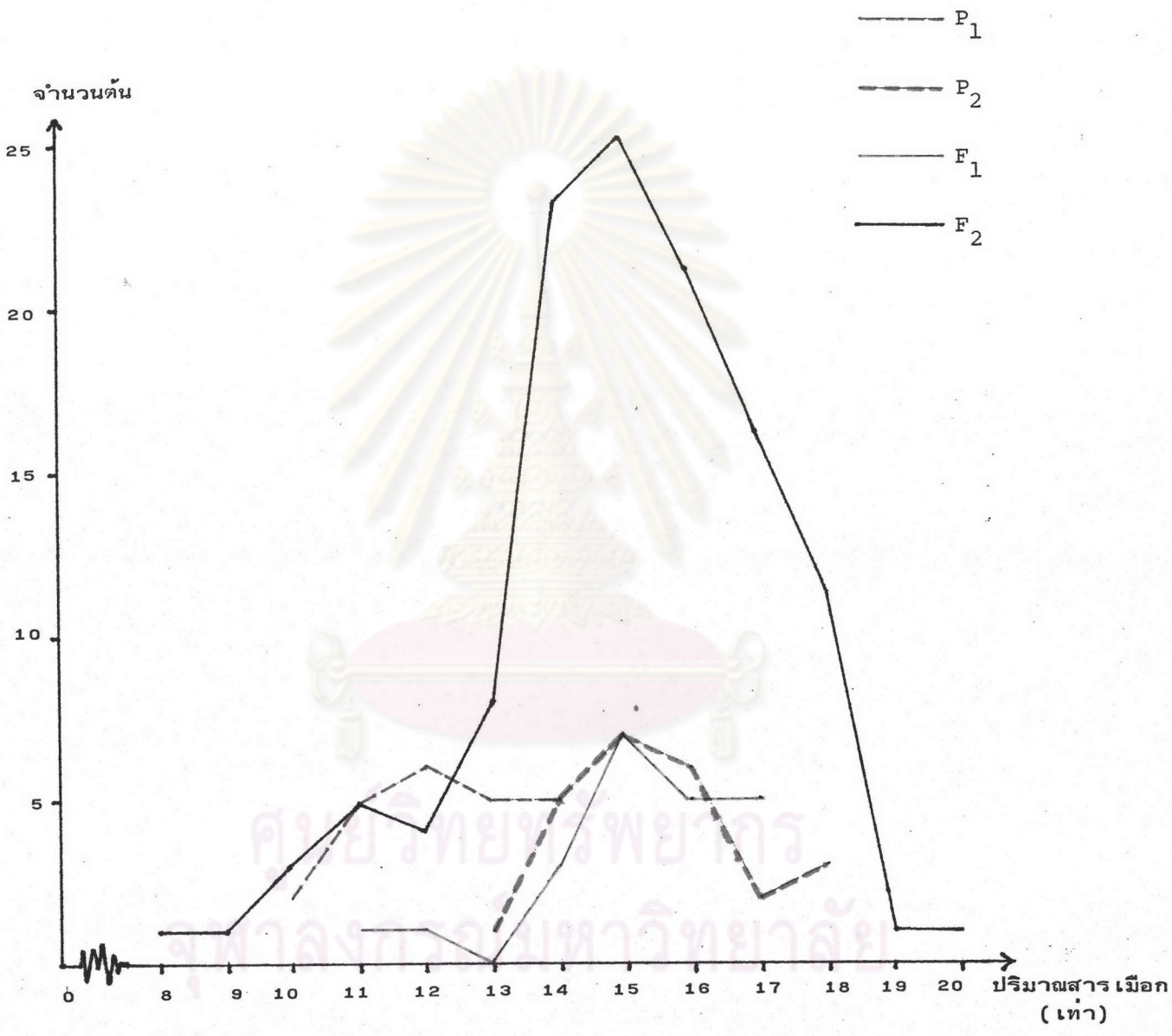
การศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแนวกว้างของลักษณะปริมาณสาร เมือก ผลผลิต เมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ตารางที่ 11) พบว่า ลักษณะปริมาณสาร เมือกมีค่าอัตรา การถ่ายทอดทางพันธุกรรมค่อนข้างต่ำในคู่ผสมตรง และปานกลางในคู่ผสมสลับพ่อแม่ ส่วนลักษณะ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมปานกลาง ซึ่งคล้ายกับที่มีรายงานใน ถั่วเขียว (Empig, Lautican and Escuro, 1970) แต่ต่างจากในงา ซึ่งมีรายงานว่า ค่า อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สูงถึง 87.83% (Solanki and Palival, 1981)

การที่ค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณสาร เมือกและลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าแตกต่างกันในคู่ผสมตรงและคู่ผสมสลับพ่อแม่ โดยเฉพาะลักษณะปริมาณสาร เมือก อาจเป็นเพราะสิ่งแวดล้อมในแปลงที่ปลูกคู่ผสมทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่ง Warner (1952) กล่าวว่า ค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ที่ประเมินได้จะแปรปรวนไปตาม สภาพแวดล้อม ส่วนลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้น มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำมาก เกือบ เป็นศูนย์ในคู่ผสมตรง แต่ให้ค่าปานกลางค่อนข้างสูงในคู่ผสมสลับพ่อแม่ การที่ค่าที่ได้มีความ แตกต่างกันมากใน 2 คู่ผสม ที่เปรียบเสมือนเป็นซ้ำ (replication) ของกันและกัน จึงควรมี การทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผลการทดลองครั้งนี้อีก นอกจากนี้การเก็บข้อมูลผลผลิตเมล็ดต่อต้นกระทำ ได้ยาก เพราะเมล็ดแมงลักทยอยกันแก่ตั้งแต่เมล็ดชุดแรกเริ่มสุกไปจนถึงต้นแก่ เมล็ดที่แก่ก่อน เมื่อถูกความชื้นจะร่วงหล่นไป ทำให้ขาดความแม่นยำในการคำนวณผล อาจทำการปรับปรุงการ เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ด โดยปลูกแมงลักให้ถึงระยะเก็บเกี่ยวหลังฤดูฝน และเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย ต่อแปลงย่อยแทนการเก็บแต่ละต้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาลักษณะผลผลิต เมล็ดต่อต้นในพืชชนิดอื่น เช่น พืชตระกูลถั่ว พบว่ามีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำ (Bliss, Barker, Franckowiak and Hall, 1973)

จากการที่ลักษณะปริมาณสาร เมือก ผลผลิตเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีอัตรา การถ่ายทอดทางพันธุกรรมค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง ประกอบกับมีการกระจายตัวในแต่ละชั่วต่อ เนื่อง กันไปโดยเฉพาะในลูกผสมชั่วที่ 2 นั้น ไม่สามารถแบ่งแยกออกเป็นพวก ๆ ได้อย่างเด่นชัด (กราฟ ที่ 1 2 และ 3) แสดงว่าลักษณะทั้งสามเป็นลักษณะทางปริมาณถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ และมี อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องอยู่มาก (Allard, 1960) การคัดเลือกลักษณะดังกล่าวเพื่อการ ปรับปรุงพันธุ์จึงทำได้ยาก อาจต้องใช้วิธีทดสอบรุ่นลูก (progeny test) เข้าช่วย การจะใช้ วิธีคัดเลือกวิธีใดจึงจะเหมาะสมที่สุดนั้น ควรมีการศึกษาอิทธิพลของยีนร่วมด้วย เช่น ถ้ามีปฏิกิริยา ระหว่างสภาพแวดล้อมกับพันธุกรรมก็อาจต้องใช้วิธีการคัดเลือกหลาย ๆ แบบและกระทำภายใต้ หลาย ๆ สภาพแวดล้อม (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2525) การปรับปรุงพันธุ์ลักษณะทั้งสามจึงอาจ ต้องอาศัยการคัดเลือกและปรับปรุงลักษณะอื่นที่มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับลักษณะที่ต้องการ และ เป็นลักษณะที่มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง จะทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่า (Baha-Eldin et al., 1968)

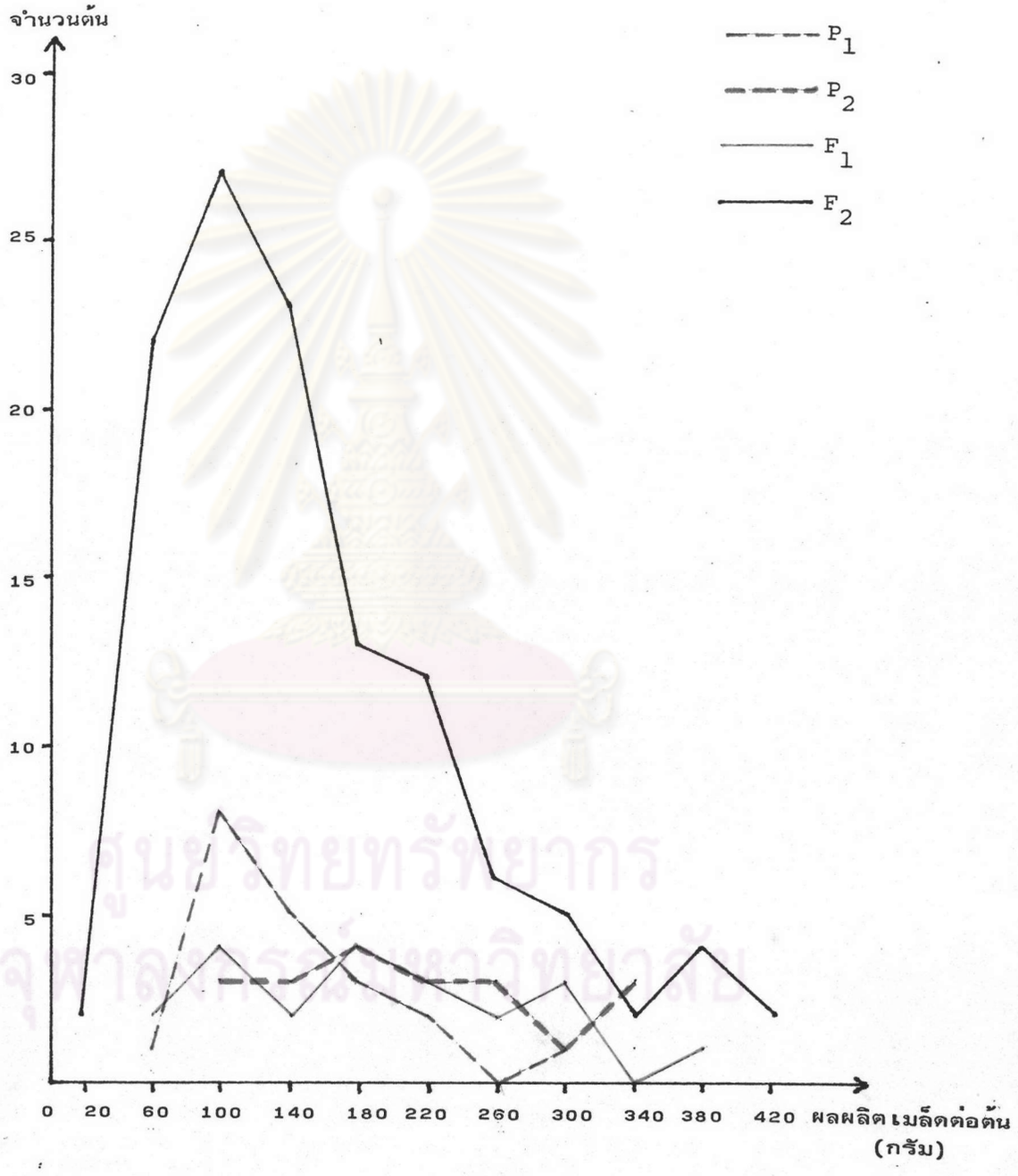
นอกจากนี้ค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมยังใช้ทำนายค่าของความก้าวหน้าในการ คัดเลือกลักษณะ (genetic advance) ได้ด้วย ลักษณะที่มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

กราฟที่ 1 กราฟแสดงความถี่การกระจายของลักษณะปริมาณสาร เมือก ใน P_1 P_2 F_1 และ F_2



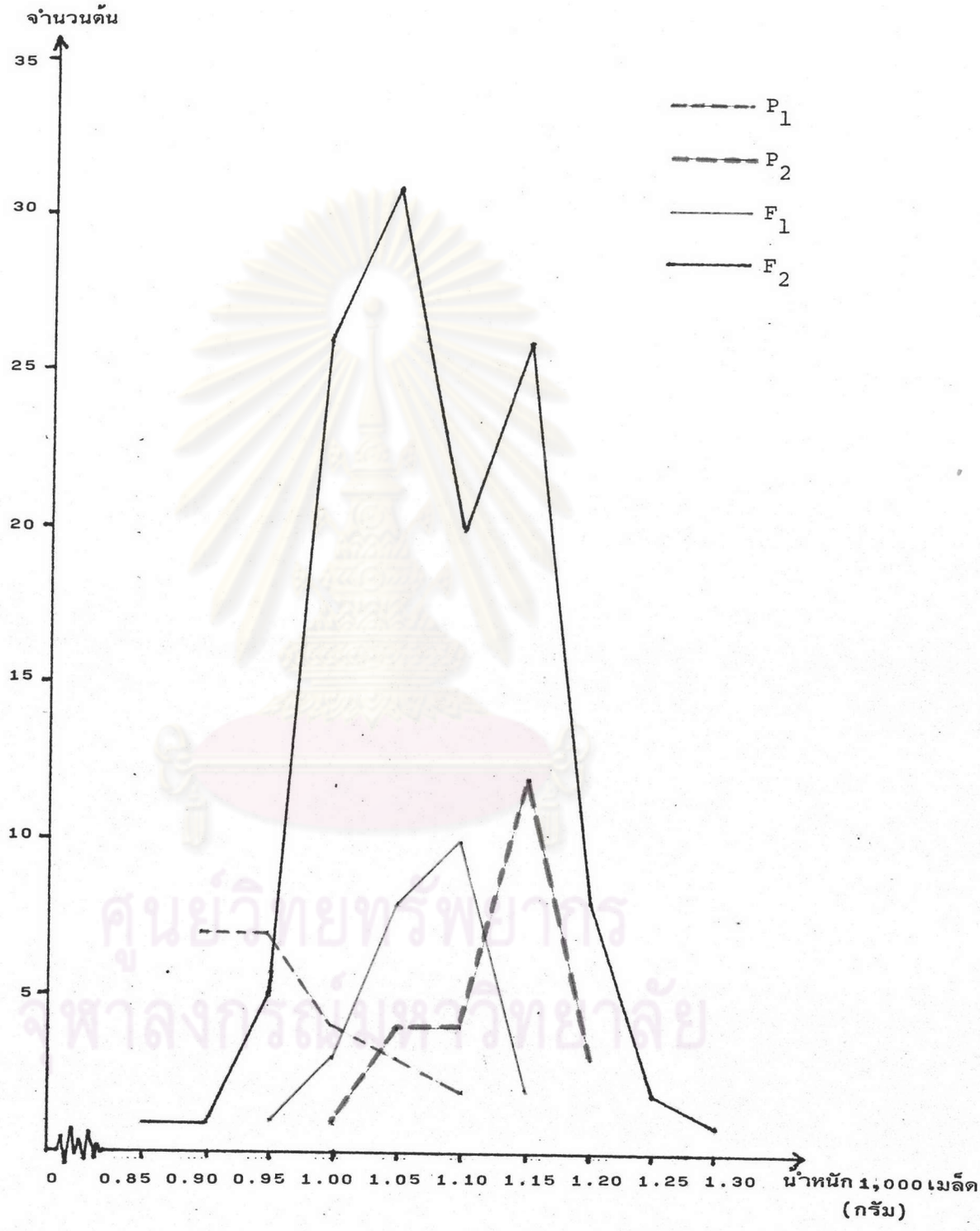
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟที่ 2 กราฟแสดงความถี่การกระจายของลักษณะผลผลิต เมล็ดต่อต้น ใน P_1 P_2 F_1 และ F_2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟที่ 3 กราฟแสดงความถี่การกระจายของลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ใน P_1 P_2 F_1 และ F_2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่อนข้างต่ำนี้ สามารถทำนายได้ว่าจะมีค่าของความก้าวหน้าในการคัดเลือกต่ำ แต่ทั้งนี้ยังขึ้นกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะนั้น ๆ และค่าความเข้มของการคัดเลือก (intensity of selection) อีกด้วย (Allard, 1960) ดังนั้น ถ้าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกอาจทำโดยลดความผันแปรของสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม หรือทำการคัดเลือกพืชในแต่ละครั้งไว้ให้น้อยที่สุด (high selection intensity) ซึ่งสามารถทำได้ง่าย แต่ควรระวังผลเสียที่อาจเกิดตามมาถ้าหากประชากรมีขนาดเล็กเกินไป (กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2528)

ในการศึกษาค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแนวกว้างไม่สามารถแยกความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene effect) ออกมาได้เหมือนอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแนวแคบ (narrow sense heritability) ดังนั้น อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแนวแคบจึงมีประโยชน์มากกว่า ทั้งนี้เพราะความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบข่ม (dominance) และแบบข่มข้ามคู่ (epistasis) เป็นคุณสมบัติของยีโนไทป์ (genotype) ไม่ใช่ของยีนตัวใดตัวหนึ่ง จึงเปลี่ยนแปลงได้ในตอนแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส ลูกที่ได้อาจมียีโนไทป์แตกต่างออกไป ค่าความแปรปรวนของยีโนไทป์ (genotypic variance) ก็เปลี่ยนไปด้วย อย่างไรก็ตาม อัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแนวกว้างก็มีประโยชน์ใน 2 กรณี คือ 1. เมื่อพืชนั้น ขยายพันธุ์ด้วยส่วนอื่น ๆ นอกจากเมล็ด นักปรับปรุงพันธุ์สามารถใช้ปฏิกิริยาของยีนทุกชนิดที่มีอยู่ในต้นที่ต้องการได้ 2. เมื่อต้องการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของลูกผสม ก็จะเป็นการใช้ปฏิกิริยาของยีนทุกชนิดเช่นกัน (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2525)

อย่างไรก็ตาม ค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นคุณสมบัติเฉพาะของลักษณะหนึ่งๆ ในประชากรหนึ่งภายใต้สิ่งแวดล้อมหนึ่ง (Warner, 1952) ดังนั้น การใช้ค่านี้ซึ่งทำการศึกษาเพียงครั้งเดียวในสิ่งแวดล้อมเดียวไปทำนายประชากรอื่นจะต้องมีการพิจารณาความคล้ายคลึงของประชากรและสิ่งแวดล้อมด้วย ในทางทฤษฎีค่าประเมินของอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจะสูงขึ้นเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยหลายๆ สภาพแวดล้อม ทั้งนี้เพราะความแปรปรวนของฟีโนไทป์ (phenotypic variance) จะมีแนวโน้มลดลง ดังนั้น การเปรียบเทียบค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในลักษณะเดียวกันจึงควรทำด้วยความระมัดระวังเพราะขึ้นอยู่กับวิธีการประเมิน หน่วยที่ใช้ ประชากร สภาพแวดล้อม ฯลฯ (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2525) จึงควรมีการศึกษาค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทั้งสามในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กันอีกครั้ง รวมทั้งลักษณะองค์ประกอบผลผลิตอื่น ๆ โดยเฉพาะลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารเมือกและผลผลิตเมล็ดต่อต้น เพื่อใช้ประโยชน์

ในการปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกลักษณะเหล่านี้แทน ถ้าหากลักษณะเหล่านั้นมีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมอยู่ในระดับสูง

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ศึกษา

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ในทุก ๆ ชั่ว (ตารางที่ 13 14 15 และ 16) พบว่า ลักษณะปริมาณสารเมือกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะอายุถึงวันดอกแรกบาน เฉพาะในลูกผสมชั่วที่ 2 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะใด ๆ ในชั่วอื่น ๆ แสดงว่าในลูกผสมชั่วที่ 2 นี้ แมงลักที่ออกดอกช้ามีแนวโน้มจะให้เมล็ดที่มีปริมาณสารเมือกสูง ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ออกดอกช้าจึงน่าจะเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเมือกสูงไปด้วย ซึ่งจะเป็นการสะดวกต่อการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณสารเมือก เพราะการพิจารณาดูอายุถึงวันดอกแรกบานสามารถกระทำได้ง่ายและรวดเร็วในแปลงปลูก ส่วนการวัดปริมาณสารเมือกต้องรอเก็บเกี่ยวเมล็ดมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งยุ่งยากและใช้เวลานานกว่ามาก นอกจากนี้ลักษณะอายุถึงวันดอกแรกบานยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้น การคัดเลือกสายพันธุ์แมงลักเพื่อเพิ่มปริมาณสารเมือกจึงไม่กระทบต่อผลผลิตถึงแม้ว่าลักษณะทั้งสองนี้จะไม่มีความสัมพันธ์กันโดยตรง แต่การใช้ประโยชน์ของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปริมาณสารเมือกกับลักษณะอายุถึงวันดอกแรกบานนี้ยังต้องระมัดระวัง เนื่องจากแสดงความสัมพันธ์เฉพาะในลูกผสมชั่วที่ 2 และมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกอยู่ในระดับต่ำ ($r=0.255$) ดังนั้น ค่า r^2 จึงต่ำ (0.065) หมายความว่า การใช้ลักษณะอายุถึงวันดอกแรกบานไปทำนายลักษณะปริมาณสารเมือกจะมีความแม่นยำต่ำมาก เพียง 6.5% เท่านั้น

ลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นในทุก ๆ ชั่ว ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากการหาค่าผลผลิตเมล็ดต่อต้นได้นำเอาจำนวนช่อดอกต่อต้นมาคำนวณด้วย ซึ่งก็ตรงกับความจริงที่พืชที่มีจำนวนช่อดอกมากก็ย่อมให้เมล็ดมากด้วย การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงโดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีจำนวนช่อดอกมากจะให้ผลดีและมีความแม่นยำสูงพอสมควร ทั้งนี้เพราะมีค่า r^2 ค่อนข้างสูงในทุกชั่ว คือ 0.775 และ 0.873 ในชั่วพ่อแม่ 0.539 ในลูกผสมชั่วที่ 1 และ 0.750 ในลูกผสมชั่วที่ 2 แสดงว่าการใช้ลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นไปทำนายลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้นในชั่วพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 จะให้ความแม่นยำถึง 77.5 87.3 53.9 และ 75.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และควรมีการศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นด้วย เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุง

ลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้น นอกจากนี้ยังพบว่าในลูกผสมชั่วที่ 2 นั้น ลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำจนถึงปานกลางค่อนข้างต่ำกับลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ($r=0.304$) ทำนองเดียวกับในถั่วเขียว (ดำรงค์ จิรสุทัศน์, 2525) ทั้งยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะอายุถึงวันดอกแรกบาน ($r=0.261$) และความสูงของต้น ($r=0.305$) ซึ่งคล้ายกับใน niger (Sahu and Patnaik, 1981) แสดงว่าแมงลักที่มีความสมบูรณ์ของต้นคือมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง มีช่อดอกมาก ต้นสูง มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตเมล็ดสูง แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้นกับลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อายุถึงวันดอกแรกบาน และความสูงของต้น มีค่าค่อนข้างต่ำ จึงมีค่า r^2 ต่ำ (0.092 0.068 และ 0.093 ตามลำดับ) ทั้งยังมีความสัมพันธ์เฉพาะในลูกผสมชั่วที่ 2 เท่านั้น จึงยังไม่ควรนำลักษณะเหล่านี้ไปทำนายลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้น เนื่องจากมีความแม่นยำเพียง 6.8 ถึง 9.3% เท่านั้น

ส่วนลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะปริมาณสารเมือกตามที่คาดไว้ว่า เมล็ดที่สมบูรณ์น้ำหนักสูง จะให้สารเมือกมาก ทั้งยังมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับผลผลิตและพบเฉพาะในลูกผสมชั่วที่ 2 เท่านั้น เนื่องจากการหาปริมาณสารเมือกในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีหาค่าดรรชนีการพองตัวตามหลักทางเภสัชวิทยา จึงได้ทดลองหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด กับปริมาณสารเมือกที่ได้จาก 1,000 เมล็ด ในลูกผสมชั่วที่ 2 โดยใช้ปริมาตรเมล็ดเมื่อพองตัวเต็มที่ลบด้วยปริมาตรเมล็ดแห้ง มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก ($r=0.328$) และมีค่า r^2 เป็น 0.108 (ตารางที่ 17) แสดงว่า การหาค่าปริมาณสารเมือกจากเมล็ดจำนวนหนึ่งโดยตรง แทนการหาค่าดรรชนีการพองตัว จะทำให้ปริมาณสารเมือกมีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้มีค่าต่ำ จึงมีค่า r^2 ต่ำด้วย เพราะฉะนั้น การนำเอาค่าของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ไปทำนายค่าของปริมาณสารเมือก จะมีความแม่นยำต่ำเพียง 10.8% เท่านั้น

ความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้มักจะมีค่าต่ำแทบทั้งสิ้น ทำให้มีค่า r^2 ต่ำ การนำเอาค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้นี้ไปทำนายประชากรอื่น ๆ จึงต้องระมัดระวัง เนื่องจากมีความแม่นยำต่ำและยังมีความสัมพันธ์เฉพาะในบางชั่วเท่านั้น ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ในข้าวฟ่าง ที่พบว่า ลักษณะบางอย่างมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างกันในแต่ละชั่วและชนิดของลูกผสม (Chauhan and Singh, 1975; พิเชษฐ์ กรุดลอยมา, 2527) นอกจากนี้ยังแตกต่างกันในแต่ละคู่ผสม เช่น ในมะเขือจาน (จรัสศรี นวลศรี, 2527) ดังนั้น การนำเอาค่าสหสัมพันธ์

ตารางที่ 17 แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปริมาณสารเมือกที่ได้จากแมงลัก 1,000 เมล็ด กับลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของแมงลักลูกผสมชั่วที่ 2 ของสายพันธุ์ A กับ D (n=120)

ลักษณะ	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด
ปริมาณสารเมือก	0.328** (0.108)[1/]

$r_{(.05,118)} = 0.174$

$r_{(.01,118)} = 0.228$

1/ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่า r^2

** มีความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่คำนวณได้ไปทำนายในประชากรอื่น จึงควรศึกษาความคล้ายคลึงกันของประชากรนั้น ๆ ด้วย และควรมีการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปริมาณสารเมือกและผลผลิตเมล็ดต่อต้นกับลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ความยาวช่อดอก จำนวนชั้นของดอก จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก เป็นต้น เพื่อหาว่าลักษณะใดที่มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับลักษณะทั้งสองนี้ จะได้นำไปประกอบการคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะดังกล่าวได้มากขึ้น

โดยทั่ว ๆ ไป การปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเอง อาจทำได้ทั้งผลิตสายพันธุ์บริสุทธิ์และการผลิตลูกผสม ทั้งนี้ควรพิจารณาจากปฏิกิริยาของยีน ถ้าปฏิกิริยาการทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะส่วนใหญ่เป็นแบบผลบวก หรือมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งแบบผลบวกกับผลบวก ควรจะคัดเลือกเพื่อผลิตสายพันธุ์บริสุทธิ์ แต่ถ้าปฏิกิริยาการทำงานของยีนเป็นแบบข่ม หรือปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งแบบผลบวกกับแบบข่มหรือแบบข่มกับแบบข่ม ควรจะผลิตลูกผสมเพื่อใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาของยีนดังกล่าวให้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาความแตกต่างค่าเฉลี่ย ค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ พบว่า การปรับปรุงพันธุ์แมงลักเพื่อเพิ่มปริมาณสารเมือกโดยสร้างลูกผสมจะได้ผลไม่คุ้มค่า เนื่องจากลูกผสมไม่แสดงความดีเด่นเหนือพ่อแม่ ทั้งในลักษณะปริมาณสารเมือก และผลผลิตเมล็ดต่อต้น การกำจัดเกสรตัวผู้ในการผสมเกสรทำได้ยาก และยังไม่พบสายพันธุ์ตัวผู้เป็นหมัน ดังนั้น ในการปรับปรุงพันธ์จึงควรผลิตสายพันธุ์แท้จากประชากรที่มีความผันแปรของลักษณะที่ต้องการสูง และมีค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้น ๆ อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งอาจต้องอาศัยการผสมพันธุ์เพื่อทำให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ ๆ ขึ้น โดยเฉพาะในพืชผสมตัวเอง ถ้าปราศจากการผสมพันธุ์ การคัดเลือกพืชย่อมมีขีดจำกัด และไม่สามารถทำให้เกิดพันธุ์ใหม่ๆ ที่ดีกว่าเดิมได้ (กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2528) เนื่องจากลักษณะที่สนใจมีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำ และเป็นลักษณะที่ศึกษาได้ยาก จึงอาจต้องอาศัยคัดเลือกลักษณะอื่นที่ทำการศึกษาได้ง่าย มีความสัมพันธ์กับลักษณะที่ต้องการโดยตรง ทั้งมีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง สำหรับลักษณะปริมาณสารเมือกและผลผลิตเมล็ดต่อต้น หลังจากคัดเลือกสายพันธุ์แท้ที่มีปริมาณสารเมือกและผลผลิตสูงตามต้องการแล้ว เมื่อนำไปปลูกอาจต้องมีการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อทำการปรับปรุงด้านเขตกรรมเพื่อให้ลักษณะที่ต้องการแสดงออกได้มากที่สุด เนื่องจากสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะทั้งสองค่อนข้างมาก