การวิเคราะห์พันธุศาสตร์ปริมาณ

280948

ทุเรียน ทาเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์.
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โดยทั่วไปการศึกษาพันธุศาสตร์ปริมาณส่วนใหญ่จะเน้นการศึกษาลักษณะปริมาณที่มีการแสดงออกของลักษณะประจำของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มากมายที่ได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดยใช้วิธีทางสถิติในการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยการกระจายตัวของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมของลักษณะต่างๆ ตรวจวัดได้โดยการศึกษาลักษณะปริมาณนั้นศึกษายาก เพราะไม่สามารถแยกแยะผลของการแสดงออกของยีนหน่วยหนึ่งๆ ต่อฟีโนไทป์รวมได้ และสภาพแวดล้อมก็มีอิทธิพลต่อฟีโนไทป์อย่างมาก จึงต้องมีการชั่ง ตวง หรือ วัด ลักษณะเชิงปริมาณซึ่งส่วนใหญ่เป็นลักษณะพันธุกรรมที่มีความสำคัญทางการเกษตรและมียีนหลายคู่ควบคุม โดยยีนเหล่านี้อาจจะมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมคนละคู่กัน หรือยีนบางคู่อาจจะอยู่บนโครโมโซมชนิดเดียวกันก็ได้ แต่ไม่อาจจะแยกกลุ่มฟีโนไทป์ได้ชัดเจนเหมือนกับพันธุกรรมของลักษณะเชิงคุณภาพ เช่น สีของเมล็ดถั่วลันเตา ส่วนการถ่ายทอดยีนต่างๆ จากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่งเป็นไปตามแบบของ Mendel

1. การวิเคราะห์ลักษณะปริมาณโดยวิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์ลักษณะปริมาณจะต้องมีการใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วยในการแบ่งแยกความแตกต่างหรือความแปรปรวน (variance) ที่เกิดขึ้นในประชากรออกเป็นส่วนๆ เพื่อจะวิเคราะห์ให้ทราบว่าลักษณะดังกล่าวนั้นเป็นผลเนื่องมาจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่าความแปรปรวนในลูกรุ่นที่ 2 (F2) จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าในชั่วพ่อแม่ และลูกรุ่นที่ 1 (F1) เพราะค่าในลูกรุ่นที่ 1 เกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเพียงอย่างเดียว เนื่องจากลักษณะที่ศึกษานี้เป็นลักษณะปริมาณถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ซึ่งรวมเรียกว่า โพลียีน (polygenes) ยีนเหล่านี้อาจมีการทำงานที่ต่างกันและไม่สามารถจะแยกแยะผลของการแสดงออกของยีนแต่ละหน่วยได้ จึงต้องอาศัยค่าสถิติช่วยในการอธิบายความ

แปรปรวนที่กระจายตัวแบบต่อเนื่อง (continuous) โดยวิเคราะห์ออกมาในรูปของค่าทางสถิติต่างๆ

1.1 ค่าทางสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะปริมาณที่สำคัญมีดังนี้ คือ

1. **ค่าเฉลี่ย (mean)** $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ คือค่าที่เกิดจากการนำผลรวมของค่าสังเกต หารด้วยจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด

โดย $\sum x_i$ คือ ผลรวมของค่าสังเกต
และ n คือ จำนวนค่าสังเกต

ข. ค่าความแปรปรวนของประชากร (variance) คือค่าที่ทำให้รู้ว่าข้อมูลนั้นๆ มีการกระจายตัวไปจากศูนย์กลางหรือมีการเกาะกลุ่มกันอยู่มากน้อยแค่ไหน วิธีที่นิยมใช้คือการหาค่าความแปรปรวนของประชากร (variance) เขียนย่อว่า S^2

$$S^2 = \frac{\sum (x-\bar{x})_2}{n-1}$$

$$\sum x^2 - (\sum x)^2/n = \frac{}{n-1}$$

โดยประชากรที่มีความแปรปรวนน้อย จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำและประชากรที่มีความแปรปรวนมากจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง

ค. ค่าโอกาสการเกิด (probability) คือค่าสัดส่วนของจำนวนครั้งที่เหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง จะเกิดขึ้นได้จากจำนวนเหตุการณ์ทั้งหมด ตัวอย่าง การโยนเหรียญอันหนึ่งสามารถที่จะออกหัวหรือก้อยได้เพียงอย่างเดียวต่อการโยนหนึ่งครั้งเท่านั้น เช่นเดียวกับการเกิดจีโนไทป์ก็ไม่สามารถรับรองว่าจะเกิดจีโนไทป์โอกาสเท่าใด

ง. การกระจายตัวไบโนเมียล (Binomial expansion) คือค่าสำหรับคำนวณอัตราส่วนของฟีโนไทป์ของวิธีสามเหลี่ยมพาสคาล (Pascal 's triangle) และใช้สมการของคอมบิเนชัน (combination) โดยนำค่าเหล่านี้มาใช้หาสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวไบโนเมียล การใช้การกระจายตัวไบโนเมียล เนื่องจากวิธีนี้จะสามารถรวมทุกคอมบิเนชันของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ไว้หมดโดยใช้หลัก $(a + b)^n$

โดย a = โอกาสการเกิดของยีนเด่น b = โอกาสการเกิดของยีนด้อย และ n = ขนาดของกลุ่มเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น $(a+b)^n = a^2 + 2ab + b^2$ เมื่อ n = 2

1.2 หลักในการคำนวณลักษณะปริมาณ

การกระจายตัวแบบไบโนเมียลจะรวมทุกคอมบิเนชันของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นทั้งหมด จากกลุ่มที่มีขนาดแตกต่างกันไป จะหาโอกาสการเกิด ได้จาก $(a+b)^n$ โดยกรณีที่กำลังของไบโนเมียลมีค่ามากขึ้นจะหาโอกาสของบางคอมบิเนชันของจีโนไทป์หรือฟีโนไทป์โดยไม่สนใจลำดับของเหตุการณ์ ควรใช้การคำนวณแบบแฟกทอเรียล (factorial) โดยมีสูตรดังนี้ คือ

1. วิธีการหาสัมประสิทธิ์ของไบโนเมียลโดยวิธีกระจายสามเหลี่ยมพาสคาล

ตัวอย่างเช่น

	binomial coefficient	Total number of combinations
n = 0	1	1
n = 1	1 1	2
n = 2	1 2 1	3
n = 3	1 3 3 1	4
n = 4	1 4 6 4 1	5

ดังนั้นถ้า n = 4 การกระจายตัวของไบโนเมียลจะหาได้ ดังนี้

$(a+b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$

จะเห็นว่ากำลังของ a จะลดลงจาก 4 ถึง 0 (จากซ้ายไปขวา) และขณะที่กำลังของ b จะเพิ่มขึ้นในทางกลับกัน (จากขวาไปซ้าย) เมื่อทราบโอกาสของ a และ b ก็จะสามารถหาโอกาสของเหตุการณ์แต่ละแบบได้

ถ้า a = โอกาสเกิดยีนเด่น = ½

b = โอกาสเกิดยีนด้อย = ½

ดังนั้น a^4 หมายถึง มียีนเด่น 4 ตัว เช่น AABB

b^4 หมายถึง มียีนด้อย 4 ตัว เช่น aabb

ข. วิธีการหาสัมประสิทธิ์โดยวิธีแฟกทอเรียล (factorial)

สูตรสัมประสิทธิ์ $= \frac{n!}{r!(n-r)!} a^r b^{n-r}$

n = จำนวนอัลลีลทั้งหมด

r = จำนวนยีนเด่น

$(a+b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$

เช่น ถ้าต้องการหาสัมประสิทธิ์ของ a^2b^2 คือ จีโนไทป์นี้มียีนเด่น 2 ตัว และยีนด้อย 2 ตัว ดังนั้น n = 4, r = 2

เพราะฉะนั้น สัมประสิทธิ์ของ $a^2b^2 = \frac{n!}{r!(n-r)!} a^2b^2$

$= \frac{4!}{2!(4-2)!} = \frac{4!}{2!2!} a^2b^2$

$= \frac{4 \times 3 \times 2 \times 1}{(2 \times 1)(2 \times 1)} a^2b^2$

ดังนั้น a^2b^2 จะมีสัมประสิทธิ์ = 6 a^2b^2

ดังนั้นจากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้นสามารถนำวิธีเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณในแง่การศึกษาด้านการปรับปรุงพันธุ์จากโจทย์ตัวอย่างดังต่อไปนี้

โจทย์ตัวอย่างการคำนวณ

จากการผสมพันธุ์ทิวลิปพันธุ์แท้ 2 พันธุ์ที่มีความสูงต่างกัน คือ พันธุ์แม่สูง 60 cm และ พันธุ์พ่อสูง 36 cm จะได้ลูกชั่วที่ 1 มีความสูง x cm และเมื่อปล่อยให้ลูกชั่วที่ 1 ผสมตัวเองจนได้ลูกรุ่นที่ 2 พบว่า มีลูก 30 ต้นในจำนวนทั้งหมด 1,920 ต้นที่มีความสูงเหมือนกับพันธุ์พ่อที่สูง 36 cm จงหา

1. **ลักษณะความสูงของต้นทิวลิปนี้ควบคุมด้วยยีนกี่คู่**

สูตร จำนวนคู่ของยีนที่ควบคุม = $(1/4)^n$ = อัตราส่วนของลูก F_2 ที่เหมือนพ่อหรือแม่

โดย n = จำนวนคู่ของยีน

แทนค่า $(1/4)^n$ = อัตราส่วนของลูก F_2 ที่เหมือนพ่อหรือแม่=30/1920

$(1/4)^n$ = 30/1920

$(1/4)^n = 1/6^4$

$(1/4)^n = (1/4)^3$

n = จำนวนคู่ของยีน=3

ดังนั้นลักษณะความสูงถูกควบคุมด้วยยีน 3 คู่ (หรือ 6 อัลลีล) Ans

2. **ยีนบวกแต่ละตัวให้ความสูงเพิ่มขึ้นเท่าไร**

ยีนบวกแต่ละตัวเพิ่มความสูง

$$= \frac{\text{ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนอัลลีลของยีน}}$$

$$= \frac{60-36}{6} = 24/6 = 4 \text{ cm.} \qquad \text{Ans}$$

3. **ลูกรุ่นที่ 1 มีความสูงเท่าไร**

ลูกรุ่นที่1มีความสูง $= \frac{\text{ความสูงของแม่+ความสูงของแม่}}{2}$

$$= \frac{60+36}{2}$$

$$= 48 \text{ cm.} \qquad \text{Ans}$$

4. **จงหาอัตราส่วนฟีโนไทป์ของลูกรุ่นที่ 2ทุกชนิด โดยวิธีโดยวิธีสามเหลี่ยมพลาสคาล**

วิธีการหาสัมประสิทธิ์ของไบโนเมียลโดยวิธีกระจายสามเหลี่ยมพาสคาล

	binomial coefficient	Total number of combinations
n = 0	1	1
n = 1	1 1	2
n = 2	1 2 1	3
n = 3	1 3 3 1	4
n = 4	1 4 6 4 1	5
n = 5	1 5 10 10 5 1	6
n = 6	1 6 15 20 15 6 1	7

ดังนั้นถ้า n = 6 การกระจายตัวของไบโนเมียลจะหาได้ ดังนี้

$$(a+b)^6 = 1a^6 + 6a^5b + 15a^4b^2 + 20a^3b^3 + 15a^2b^4 + 6ab^5 + b^6$$

จะเห็นว่ากำลังของ a จะลดลงจาก 6 ถึง 0 (จากซ้ายไปขวา) และขณะที่กำลังของ b จะเพิ่มขึ้นในทางกลับกัน (จากขวาไปซ้าย) เมื่อทราบโอกาสของ a และ b ก็จะสามารถหาโอกาสของเหตุการณ์แต่ละแบบได้

ถ้า a = โอกาสเกิดยีนเด่น = ½

b = โอกาสเกิดยีนด้อย = ½

ดังนั้น a^6 หมายถึง มียีนเด่น 6 ตัว เช่น AABBCC

b^6 หมายถึง มียีนด้อย 6 ตัว เช่น aabbcc

เพราะฉะนั้น แทนค่า a = 1/2 , b = 1/2

โดย a = โอกาสของการเกิดยีนเด่น b = โอกาสของการเกิดยีนด้อย

$(a+b)^6 = 1a^6 + 6a^5b + 15a^4b^2 + 20a^3b^3 + 15a^2b^4 + 6ab^5 + b^6$

แทนค่า

$$1(1/2)^6 + 6(1/2)^5(1/2) + 15(1/2)^4(1/2)^2 + 20(1/2)^3(1/2)^3 + 15(1/2)^2(1/2)^4 + 6(1/2)(1/2)^5 + (1/2)^6$$

ดังนั้นได้อัตราส่วนฟีโนไทป์ $= 1a^6 + 6a^5b + 15a^4b^2 + 20a^3b^3 + 15a^2b^4 + 6ab^5 + b^6$

$= 1/64 : 6/64 : 15/64 : 20/6 : 15/64 : 6/64 : 1/64$

ฟีโนไทป์ (cm) = 60 56 52 48 44 40 36

5. **จงหาอัตราส่วนฟีโนไทป์ของลูกรุ่นที่ 2 ที่มียีนบวก 4 ตัว และ ยีนศูนย์ 2 ตัว โดยวิธีแฟกทอเรียล**

วิธีการหาสัมประสิทธิ์โดยวิธีแฟกทอเรียล (factorial)

สูตรสัมประสิทธิ์ $= \frac{n!}{r!(n-r)!} a^r b^{n-r}$

n = จำนวนอัลลีลทั้งหมด

r = จำนวนยีนเด่น

เช่น ถ้าต้องการหาสัมประสิทธิ์ของ a^4b^2 คือ จีโนไทป์นี้มียีนเด่น 4 ตัว และยีนด้อย 2 ตัว ดังนั้น n = 6, r = 2

เพราะฉะนั้น สัมประสิทธิ์ของ $a^2b^2 = \frac{n!}{r!(n-r)!} a^4b^2$

$= \frac{6!}{2!(6-2)!} = \frac{6!}{2!4!} a^4b^2$

$= \frac{6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1}{(2 \times 1)(4 \times 3 \times 2 \times 1)} a^4b^2$

ดังนั้น a^4b^2 จะมีสัมประสิทธิ์ = 15 a^4b^2

เพราะฉะนั้นจากการแทนค่าสัมประสิทธิ์จะได้อัตราส่วน ดังนี้

แทนค่า a = 1/2 , b = 1/2

โดย a = โอกาสของการเกิดยีนเด่น b = โอกาสของการเกิดยีนด้อย

$=15(1/2)^4(1/2)^2 = 15/64$

ดังนั้นได้อัตราส่วนฟีโนไทป์ 15/64 ที่มีฟีโนไทป์เป็น 52 cm Ans

บรรณานุกรม

MAEJO VISION

ทุเรียน ทาเจริญ. (2549). **พันธุศาสตร์เบื้องต้น.** เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นลินี รุ่งเรืองศรี. (2549). **พันธุศาสตร์.** เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. (2547). **พันธุศาสตร์.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hartwell, L.H., L. Hood, M.L. Goldberg, A.E. Reynolds, L.M. Silver and R.C. Veres. (2000). **Genetics : From Genes to Genomes.** Boston: McGraw-Hill Companies.