Population genetics (พันธุศาสตร์ประชากร)

ประชากร หมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (species) ที่อาศัยอยู่ร่วมกันในพื้นที่หนึ่งๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยประชากรหนึ่งๆ จะประกอบด้วยสมาชิกที่มียีนควบคุมลักษณะต่างๆ เรียกผลรวมของแอลลีลจากยีนทั้งหมดที่มีอยู่ในประชากรว่า **ยีนพูล (gene pool)**

พันธุศาสตร์ประชากร คือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน (gene frequency) หรือการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล (allele frequency) และปัจจัยที่ทำให้ความถี่ของแอลลีลเปลี่ยนแปลง

ความถี่ของแอลลีล (allele frequency) หมายถึง อัตราส่วนของแอลลีลชนิดใดชนิดหนึ่งต่อแอลลีลทั้งหมด

ความถี่ของจีโนไทป์ (genotype frequency) หมายถึง อัตราส่วนของจีโนไทป์ชนิดใดชนิดหนึ่งต่อประชากรทั้งหมด

ความถี่ของฟีโนไทป์ (genotype phenotype) หมายถึง อัตราส่วนของฟีโนไทป์ชนิดใดชนิดหนึ่งต่อประชากรทั้งหมด

ตัวอย่าง ในประชากรดอกชบาลักษณะสีดอกถูกควบคุมโดยยีน 2 แอลลีล คือ

R ควบคุมลักษณะดอกสีแดงเป็นลักษณะเด่น

r ควบคุมลักษณะดอกสีขาวเป็นลักษณะด้อย

จากการสำรวจดอกชบาจำนวน 1000 ต้น พบลักษณะดอกสีแดง 960 ต้น และสีขาว 40 ต้น

โดยดอกสีแดงที่มีจีโนไทป์แบบ RR มีจำนวน 640 ต้น และ Rr มีจำนวน 320 ต้น

สามารถหาความถี่ของฟีโนไทป์ ความถี่ของจีโนไทป์ และความถี่ของแอลลีล ได้ดังนี้

Phenotype	ดอกสีแดง 960 ต้น		ดอกสีขาว 40 ต้น
phenotype frequency	f(สีแดง) = 960/1000 = 0.96		f(สีขาว) = 40/1000 = 0.04
Genotype	RR 640 ต้น	Rr 320 ต้น	rr 40 ต้น
genotype frequency	f(RR) = 640/1000 = 0.64	f(Rr) 320/1000 = 0.32	f(rr) 40/1000 = .04

จำนวน allele	RR = 640*2	R = 320, r = 320	rr = 40*2
สรุปจำนวน allele	RR = 640*2 R = 320 =1,280 + 320 =1,600		rr = 40*2 r = 320 = 80 + 320 = 400
allele frequency	f(R) = 1,600 / 2,000 = 0.8		f(r) 400/ 2,000 r = 0.2

<u>แบบฝึกหัด</u>

1. กำหนดให้แอลลีล R ควบคุมการมีสีแดงข่มแอลลีล r ซึ่งควบคุมการมีสีขาวแบบ codominance

หากโคนมฝูงหนึ่งมีสีแดง 300 ตัว สีโรน 500 ตัว และสีขาว 200 ตัว จงหาความถี่ของฟีโนไทป์ ความถี่ของจีโนไทป์ และความถี่ของแอลลีล

สีของโคนม	จีโนไทป์	จำนวนโคนม	จำนวนแอลลีล	
			R	r
รวม				

ความถี่ของฟีโนไทป์

f(สีแดง)

f(สีโรน)

f(สีขาว)

ความถี่ของจีโนไทป์

f(RR)

f(Rr)

f(rr)

ความถี่ของแอลลีล

f(R)

f(r)

ผลรวมของความถี่ฟีโนไทป์ :

ผลรวมของความถี่จีโนไทป์ :

ผลรวมของความถี่แอลลีล :

2. การศึกษาฟีโนไทป์ของหมู่เลือดระบบ MN ในประชากรแห่งหนึ่งจำนวน 1,000 คน พบว่ามีเลือดหมู่ M 280 คน เลือดหมู่ MN 490 คน และเลือดหมู่ N 230 คน จงหาความถี่ของฟีโนไทป์ ความถี่ของจีโนไทป์ และความถี่ของแอลลีล

กฎสภาวะสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (The Hardy-Weinberg Equilibrium Principle)

ปี ค.ศ.1908 นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ จี.เอช.ฮาร์ดี (G.H. Hardy) และนายแพทย์ชาวเยอรมัน ชื่อ ดับเบิลยู ไวน์เบิร์ก (W. Weinberg) มีแนวคิดตรงกันว่าค่าความถี่แอลลีลและค่าความถี่จีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะมีค่าคงที่ในทุกชั่วรุ่น ถ้าประชากรอยู่ในเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. กลุ่มของประชากรมีขนาดใหญ่
2. มีการผสมพันธ์แบบสุ่ม (random mating)
3. ไม่มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างกลุ่มประชากร (no migration)
4. ไม่เกิดมิวเทชัน ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอลลีลในกลุ่มประชากร
5. ไม่เกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติ คือ สิ่งมีชีวิตทุกตัวมีโอกาสอยู่รอดและสืบพันธุ์เท่าๆ กัน

กฎฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (The Hardy-Weinberg Law)

ค่าความถี่ของจีโนไทป์จะสัมพันธ์กับค่าความถี่ของแอลลีล ตามกฎ binomial expension ตามรูปแบบของสมการ

$$p+q = 1$$

$$(p+q)^2 = p^2+2pq+q^2 = 1$$

ตัวอย่าง 1 จากการสำรวจดอกชบาจำนวน 1000 ต้น พบว่ามีดอกสีแดงที่มีจีโนไทป์แบบ RR มีจำนวน 640 ต้น Rr มีจำนวน 320 ต้น และ rr 40 ต้นจงคำนวนหาประชากรดอกชบาที่มีสีแดงทั้งหมด

วิธีทำ จากสูตร $(p+q)^2 = p^2+2pq+q^2 = 1$

p คือความถี่ของแอลลีล f(R) =

q ความถี่ของแอลลีล f(r) =

ประชากรดอกชบาที่มีสีแดง คือ p^2+2pq

ตัวอย่าง 2

ในประชากรหนึ่งมีคนเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ (aa) จำนวน 9 คน จากจำนวนประชากรทั้งหมด 10,000 คน จงหาผู้ที่เป็นพาหะในประชากรนี้

วิธีทำ

หาความถี่ของจีโนไทป์ aa คือ q^2

ความถี่ของแอลลีล a คือ q

<u>แบบฝึกหัด</u>

1. ประชากรของหนูกลุ่มหนึ่งอยู่ในภาวะสมดุลฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก มีสมาชิก 100 ตัว แบ่งเป็นหนูสีดำ 64 ตัว หนูสีขาว 36 ตัว จงหาหนูสีดำที่เป็นเฮเทอโรไซกัส

2. ลักษณะของผิวเผือกควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย ในกลุ่มประชากร 20,000 คน อยู่ในภาวะสมดุลฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก พบคนผิวเผือก 18 คน ในกลุ่มประชากรนี้จะมีคนเป็นพาหะอยู่เท่าใด

3. ประชากรของต้นถั่วลันเตา 100 ต้น อยู่ในภาวะสมดุลฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก พบว่ามีดอกสีม่วง 84 ต้น จงหาจำนวนประชากรของต้นถั่วลันเตาที่มีดอกม่วงและดอกสีขาวที่เป็นฮอโมไซกัส

4. ประชากรยีราฟในที่แห่งหนึ่ง ขนาดของจุดมียีนที่ควบคุมประกอบด้วยแอลลีล S ทำให้จุดมีขนาดใหญ่ และแอลลีล s ทำให้จุดมีขนาดเล็ก ยีราฟที่มีจีโนไทป์แบบ heterozygous จะมีจุดขนาดกลาง ในชั่วรุ่นพ่อแม่ความถี่ของแอลลีล S เท่ากับ และความถี่ของแอลลีล 0.4 s เท่ากับ 0.6 ถ้าประชากรอยู่ในสมดุลของฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก จงหาความถี่จีโนไทป์ในรุ่นลูกทั้งหมด

5. สำรวจคนหมู่เลือดต่างๆ ในประชากรที่อยู่ในสมดุลฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก พบคนหมู่เลือดA 39% หมู่เลือดB 24% หมู่เลือดO 25%

5.1 จงคำนวณหาคาความถี่ของอัลลีล I^A, I^B และ i

5.2 จงคำนวณหาความถี่ของจีโนไทป์ทุกแบบในประชากร

6. ประชากรหนึ่งที่อยู่ในสมดุลฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก มีความถี่แอลลีลที่ควบคุมลักษณะพันธุกรรมเลือดระบบ ABO เป็น $I^A = 0.3$ $I^B = 0.2$ $i = 0.5$ ประชากรนี้มีหมู่เลือด A ร้อยละเท่าใด

7. นกฝูงหนึ่งจำนวน 5 ตัวบินออกจากฝูงเดิมและเริ่มต้นก่อตั้งประชากรใหม่ในที่แห่งหนึ่ง นกฝูงนี้ประกอบไปด้วย genotype AA จำนวน 4 ตัว และ Aa จำนวน 1 ตัว หลังจากมีการผสมพันธุ์แบบสุ่มผ่านไปหลายชั่วรุ่น จนประชากรของนกเพิ่มเป็น 100 ตัว จะมีนกที่มี genotype AA และ Aa จำนวนเท่าใดตามลำดับ

8.ประชากรบนเกาะแห่งหนึ่งเริ่มต้นด้วยคนที่มีจีโนไทป์ AA จำนวน ๑๐ คนและ aa 10 คน ต่อมาเมื่อประชากรบนเกาะนี้เข้าสู่ภาวะสมดุลของฮาร์วี-ไวน์เบิร์ก และยังคงมีขนาดเท่าเดิม จะประกอบด้วยคนที่มีจีโนไทป์แบบใดและจำนวนเท่าใด