หลักการทดลองทั่วไป

การทดลอง

งานวิจัย (Research)

เป็นการค้นคว้าหาคำตอบ หรือ ความจริง หรือเป็นการสอบย้ำความจริงที่ยังไม่แน่นอนไม่สมบูรณ์พอ ซึ่งเมื่อนำผลไปปรับใช้อาจจะได้ผลไม่ดีเท่าที่เคยทราบมา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาพแวดล้อมของผลจากการทดลองแตกต่างกับในสภาพที่นำไปใช้ เช่น การทดลองที่ทำในต่างประเทศ ซึ่งมีสภาพอากาศแตกต่างกับประเทศไทยเรา จะนำผลนั้นมาใช้ในบ้านเราก็ไม่ได้ หรืออาจจะได้ผลไม่ดี เป็นต้น ในการค้นคว้า หรือการสอบย้ำนั้นจะต้องเป็นไปอย่างมีแบบแผนที่แน่นอน โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) เข้ามาช่วย เริ่มด้วยการรวบรวมความจริงหรือทฤษฎีมาประกอบกันตั้งเป็นสมมุติฐาน แล้วทำการทดลองขึ้นเพื่อหาข้อสรุป

ปัจจุบันนี้งานวิจัยที่ถือว่ามีคุณค่า หรือเป็นที่ยอมรับนับถือ จะต้องสามารถรับประกันความถูกต้องได้ คือสามารถบอกถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ ซึ่งในการสรุปผลนิยมใช้ข้อความว่า ในการทดลองผลปรากฏว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (nonsignificant) หรือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (significant) หรือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (highly significant) นั่นก็หมายถึง ความคลาดเคลื่อนในการสรุปผลมีมากกว่า 5% น้อยกว่า 5% และน้อยกว่า 1% ตามลำดับ ในการทดลองที่สรุปผลว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ก็หมายถึง ถ้านำผลนั้นไปปฏิบัติจะไม่ได้ผลเช่นเดียวกับผลจากการทดลอง หรือมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าสรุปว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ก็แสดงว่า ถ้านำผลนั้นไปปฏิบัติจะได้ผลเช่นเดียวกับการทดลอง โดยเฉลี่ย 95 ครั้งใน 100 ครั้ง ทำนองเดียวกันถ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อนำผลไปปฏิบัติก็จะได้ผลเหมือนผลที่ได้ในการทดลอง โดยเฉลี่ย 99 ครั้งใน 100 ครั้ง

สำหรับความหมายของคำว่า งานวิจัยนี้ จะครอบคลุมไปถึงงานสำรวจ (survey) เป็นการเสาะหาความจริงจากสภาพที่เป็นอยู่จริงๆ โดยการแจงนับบางส่วนของประชากร นั่นก็คือ การใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง (sampling techniques) แต่ในทางวิทยาศาสตร์ งานทดลองจะทำโดยการจำลองสภาพการทดลองจากสภาพความเป็นจริง ทั้งนี้จะต้องอาศัยวิธีการทางสถิติที่เรียกว่า การวางแผนทดลอง (experimental designs) เข้ามาช่วย ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

ส่วนประกอบของการทดลอง

ทรีทเมนต์ (Treatment)

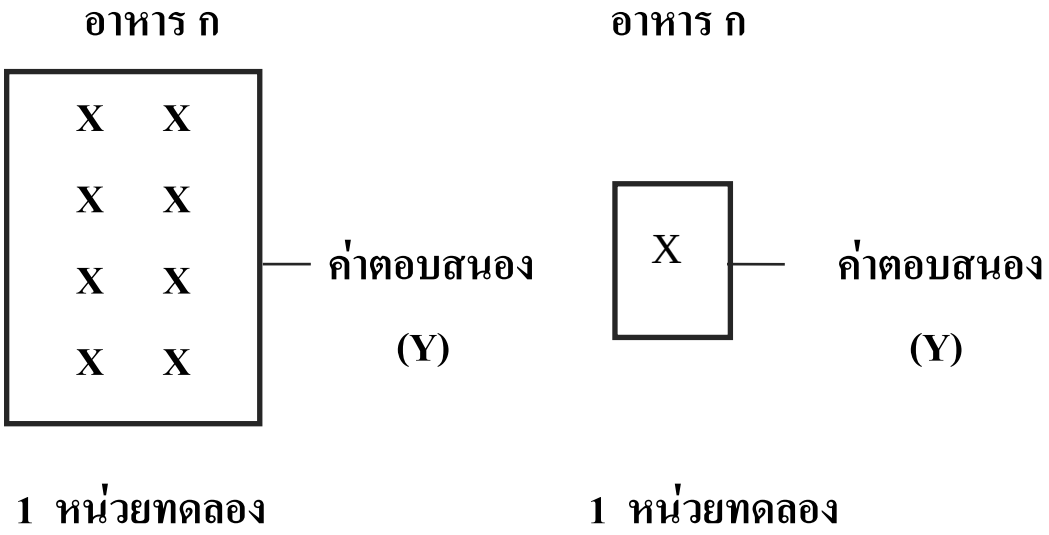
หมายถึง สิ่งหรือวิธีการ ที่เราใช้ปฏิบัติต่อวัตถุทดลอง เพื่อวัดผลมาเปรียบเทียบกันตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง เช่น การทดลองเปรียบเทียบวัตถุดิบอาหารพลังงานสำหรับสัตว์ แล้วนำผลการเจริญเติบโตของสัตว์ที่ได้รับวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกัน ในที่นี้ทรีทเมนต์ก็คือ อาหารพลังงานแต่ละชนิดที่ใช้ทดลอง

ในการทดลองโดยทั่วไป มักจะให้มีสิ่งหรือวิธีการที่ใช้ปฏิบัติอยู่ก่อนแล้วเป็น ทรีทเมนต์หนึ่งเพื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ ซึ่งนิยมเรียกว่า คอนโทรล (control) หรือ สแตนดาร์ด (standard) หรืออาจจะเรียกว่า พลาซีโบ (placebo) ในทางการแพทย์ ดังเช่น ในการให้อาหารสัตว์เราใช้รำเป็นมาตรฐานอยู่ก่อนแล้ว แต่เราต้องการเปลี่ยนมาใช้มันเส้นแทนรำ เราก็ทำการทดลองเปรียบเทียบกับการใช้รำ

หน่วยทดลอง (Experimental unit)

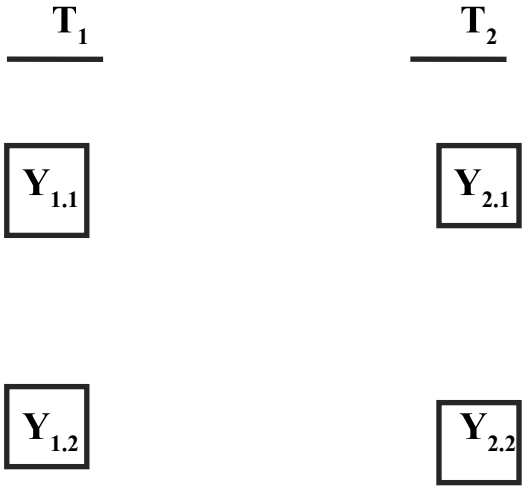
หมายถึง หน่วยหรือกลุ่มของวัตถุทดลอง (experimental material) ที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน เช่น ในการทดลองอาหารสัตว์ ถ้าขังสัตว์หลายๆ ตัวไว้ในคอกเดียวกันสัตว์ทั้งคอกก็จะเป็นหน่วยทดลอง แต่ถ้าขังสัตว์เดี่ยวในคอกสัตว์แต่ละตัวก็จะเป็นหนึ่งหน่วยทดลอง

เราจะดูว่าเป็นหน่วยทดลองเดียวกันหรือไม่ อาศัยความเป็นอิสระต่อกัน (independence) ของวัตถุทดลอง เช่น สุกรที่ขังรวมกันในคอกเดียวกันจะไม่เป็นอิสระต่อกัน เพราะจะมีการแย่งกินอาหาร และน้ำ ตัวที่โตกว่าย่อมจะแย่งได้เก่งกว่าตัวเล็ก แต่สุกรที่แยกขังเดี่ยวในคอกจะมีความเป็นอิสระต่อกัน



ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Experimental error)

หมายถึง ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน



ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลอง ก็คือ ความแตกต่างระหว่าง $Y_{1.1}$ และ $Y_{1.2}$ หรือ ความแตกต่างระหว่าง $Y_{2.1}$ กับ $Y_{2.2}$ ความแตกต่างนี้มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความแตกต่างทางด้านพันธุกรรมของสัตว์ ความแตกต่างน้ำหนักตัวสัตว์เมื่อเริ่มทดลอง ฯลฯ เป็นต้น ในการทดลองเราจะต้องพยายามลดความคลาดเคลื่อนนี้ให้น้อยที่สุด เพื่อให้การทดลองมีประสิทธิภาพสูง โดยเราจะต้องทราบสาเหตุของการเกิดความคลาดเคลื่อนเพื่อที่จะควบคุมให้เกิดน้อยที่สุด ความคลาดเคลื่อนนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

1) ความผันแปรที่เกิดขึ้นก่อนการทดลอง (Inherent variability) เป็นความผันแปรที่มีอยู่ในวัตถุทดลองก่อนแล้ว เช่น กรรมพันธุ์ของสัตว์ไม่เหมือนกัน เพศ น้ำหนักตัวเริ่มทดลอง ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว

2) ความผันแปรที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง (extraneous variability) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นเพราะผู้ทดลองขาดความระมัดระวัง ขาดความละเอียดละออทำให้การบันทึกข้อมูลผิดพลาด การใช้เครื่องชั่งไม่ดี การให้อาหารไม่เท่ากัน การชั่งน้ำ หนักคนละวันหรือคนละเวลา เป็นต้น

ดังนั้น ในการทดลอง เราจึงต้องพยายามทำให้หน่วยทดลอง มีความสม่ำเสมอ มีความคลาดเคลื่อนน้อยเพื่อที่จะสามารถบอกความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ได้อย่างแน่ชัด

การซ้ำ หรือ จำนวนซ้ำ (Replication)

หมายถึง การที่ทรีทเมนต์ใดทรีทเมนต์หนึ่งปรากฏซ้ำ หรือ กระทำซ้ำต่อหน่วยทดลองตั้งแต่สองหน่วยขึ้นไป ในการทดลองครั้งหนึ่งๆ เช่น ในการทดลองอาหารสัตว์ เราให้อาหารแก่สัตว์ตัวหนึ่ง การทดลองนี้จะไม่มีซ้ำ แต่ถ้าให้อาหาร ก กับสัตว์อีกตัวหนึ่ง หรือมากกว่าสองตัวขึ้นไป ก็จะมีการซ้ำเกิดขึ้น

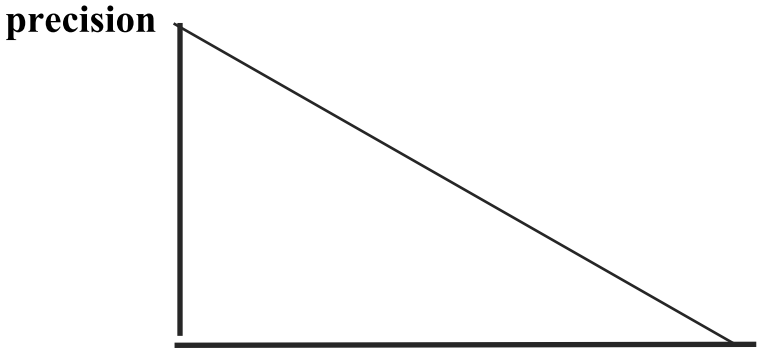
อาหาร A	อาหาร B
☐ $Y_{A.1}$	☐ $Y_{B.1}$
☐ $Y_{A.2}$	☐ $Y_{B.2}$
	☐ $Y_{B.3}$

ในลักษณะเช่นนี้ การใช้อาหาร A จะมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2 และการใช้อาหาร B มีจำนวนซ้ำเท่ากับ 3 การทดลองนี้เป็นการทดลองที่มีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน (unequal replication)

สาเหตุที่เราจะต้องมีจำนวนซ้ำก็เพราะว่าถ้ามีเพียงซ้ำเดียว เราจะไม่สามารถบอก หรือประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) ได้ นั่นก็คือ เราไม่สามารถรู้ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลอง เราก็สรุปผลการทดลองไม่ได้ หรือไม่สามารถประกันความผิดพลาดได้

นอกจากการซ้ำจะช่วยประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลองแล้ว ยังช่วยทำให้การทดลองมีความเที่ยงตรง (precision) มากขึ้น ในทางสถิติการสรุปผลเราจะพูดถึงความเที่ยงมากกว่าความถูกต้อง (accuracy) เพราะการทดลองโดยทั่วไปไม่สามารถหาความถูกต้องได้ ซึ่งจะต้องทำทั้งประชากร ในทางปฏิบัติทำไม่ได้ เราจะต้องสุ่มตัวแทนออกมาแล้วประมาณค่าออกมาเป็นค่าความเที่ยงตรง ซึ่งถ้าผลการทดลองหลาย ๆ ครั้ง มีค่าใกล้เคียงกันหรือซ้ำ ๆ กัน แสดงว่ามีการซ้ำที่เดิม (repeatability) สูงก็จะมีความเที่ยงตรงมาก

ความเที่ยงตรงของการทดลอง จะเป็นสัดส่วนกลับกับ ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ค่าความคลาดเคลื่อนจะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่าง (n) หรือเหมือนกับเป็นจำนวนซ้ำ ดังนั้นถ้าเราต้องการให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ เราก็ต้องเพิ่มจำนวนซ้ำให้มากขึ้น เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนต่ำก็จะมีผลทำให้ความเที่ยงตรงมากขึ้น



error $\left(\sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{n} \right)$

การซ้ำยังช่วยให้ขอบเขตของการสรุปผลขยายกว้างขึ้น การทดลองซ้ำในหลายๆ สถานที่จะทำให้การสรุปผลได้กว้างขวางกว่าทำในสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง เช่น การศึกษาสมรรถภาพของสัตว์ ถ้าทำในหลายๆ จังหวัด เช่น เชียงใหม่ สุรินทร์ ปทุมธานี สงขลา ฯลฯ เป็นต้น การสรุปผลก็สามารถสรุปผลได้ทั่วทุกภาคของประเทศ การทดลองในสัตว์ ถ้าเราทำซ้ำในเพศผู้และเพศเมีย เราก็สรุปผลใช้ได้กับสัตว์ทั้งสองเพศ

การสุ่ม (Randomization)

เป็นการจัดหน่วยทดลองให้กับทรีทเมนต์ต่าง ๆ โดยแต่ละหน่วยมีโอกาสที่จะถูกจัดให้กับทรีทเมนต์ใดก็ได้ หรือในการจัดสมาชิกของหน่วยทดลองก็จะต้องทำโดยการสุ่ม นั่นก็คือ การจัดกลุ่มของวัตถุทดลองโดยให้แต่ละวัตถุทดลองมีโอกาสเท่า ๆ กันที่จะอยู่ในกลุ่มหรือหน่วยใดก็ได้

วัตถุประสงค์ของการสุ่ม ได้แก่

1) ขจัดความลำเอียงหรืออคติ (bias) ซึ่งอาจจะเกิดจากตัวผู้ทำการทดลองในการจัดหน่วยทดลองให้แก่ทรีทเมนต์ เช่น การจัดหน่วยทดลองที่มีสภาพดีให้แก่ทรีทเมนต์ที่ผู้ทำการทดลองคิดว่าจะได้ผลไม่ดีเท่าทรีทเมนต์อื่น เพื่อช่วยให้ผลออกมาดีไม่แพ้ทรีทเมนต์อื่น

2) *เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์วาเรียนซ์* ซึ่งมีข้อกำหนด (assumption) ว่า ความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) และเป็นอิสระต่อกัน (independently distribution) โดยการจัดหน่วยทดลองให้กับแต่ละทรีทเมนต์จะต้องทำโดยการสุ่ม

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$$\varepsilon_{ij} \approx NID\left(0, \sigma^2\right)$$

ถ้าการจัดหน่วยทดลองให้แก่ทรีทเมนต์ ไม่เป็นไปโดยการสุ่ม จะทำให้เกิดสหสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในทางบวกหรือลบได้ ทำให้ผลการทดสอบสมมุติฐานในการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ผิดพลาดไป

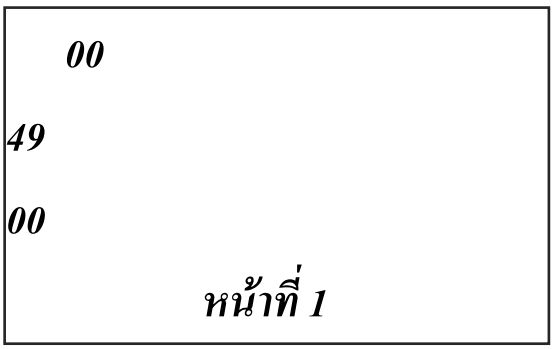
การสุ่มกระทำได้หลายวิธี คือ

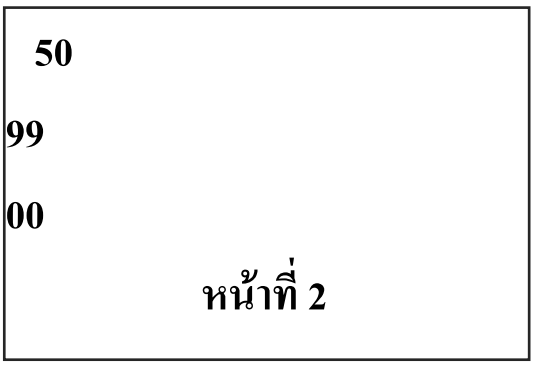
1) *การจับสลาก* เป็นวิธีที่ง่ายในทางปฏิบัติ เช่น การจัดสัตว์ทดลองจำนวน 9 ตัว ให้กับอาหาร 3 สูตร ก, ข และ ค โดยให้มีการซ้ำ 3 ซ้ำ สำหรับอาหารแต่ละสูตร การสุ่มทำโดย จัดสัตว์ทดลองเข้าคอกติดหมายเลข ตั้งแต่ 1 ถึง 9 เขียนชื่อสูตรอาหารลงบนกระดาษสูตรละ 3 ใบ รวมจะมีกระดาษสลาก 9 ใบ แล้วม้วนใส่กล่องเดียวกัน สุ่มจับขึ้นมาทีละหนึ่งใบ โดยใบแรกจะเป็นชื่อสูตรอาหารที่สัตว์ตัวแรกจะได้รับ ทำการสุ่มไปจนกระทั่งครบ 9 ตัว ซึ่งจะมีสัตว์ที่ได้รับอาหารแต่ละสูตร 3 ตัว เป็นต้น

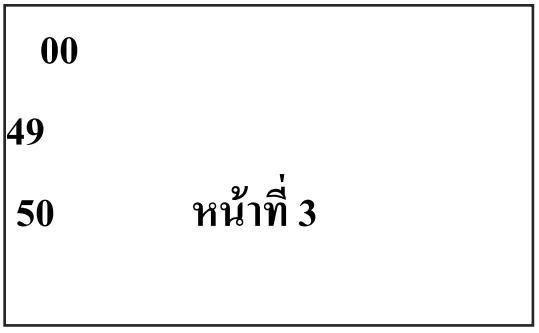
2) การใช้ตารางเลขสุ่ม นิยมใช้ในกรณีที่มีหน่วยทดลองมาก ๆ ซึ่งอาจจะใช้วิธีจับสลากไม่สะดวก จึงใช้ตารางเลขสุ่มหมื่นตัว (Ten Thounsand Random Number Table) ตารางผนวกที่ 1 หน้า ---- ทั้งหมดจะมีอยู่ 4 หน้าด้วยกัน

วิธีการใช้ตารางเลขสุ่ม

2.1 สุ่มหน้าตาราง โดยทำเบอร์ไว้ 4 เบอร์ แล้วสุ่มขึ้นมาว่าจะได้หน้าตารางใด







2.2 สุ่มตำแหน่งที่จะเริ่มต้นใช้ตาราง เมื่อสุ่มได้หน้าตารางแล้ว ใช้ดินสอปลายแหลมสุ่มชี้ลงไปบนตารางตรงไหนก็ได้ให้เริ่มต้นอ่านตรงนั้น โดยนับตัวเลขไปทีละ 2 ตัวไปทางไหนก็ได้ สมมุติว่าได้ 68 และ 35 ก็จะเป็นตัวเลขที่แสดงถึง แถวนอน (row) และแถวตั้ง (column) ที่จะเริ่มต้น นั่นก็คือ เริ่มที่แถวนอน 68 และแถวตั้ง 35 ซึ่งอยู่ในหน้าที่ 3 ของตาราง เป็นหมายเลข 2 จะเริ่มอ่านไปทางขวาหรือซ้ายหรือขึ้นบนหรืออ่านลงล่างก็ได้ อ่านทีละ 2 หรือ 3

หลัก มาจำนวน 9 ตัว (เท่ากับจำนวนหน่วยทดลอง) ถ้ามีตัวเลขซ้ำกันให้ตัดทิ้งไปหนึ่งตัว แล้วอ่านเพิ่มอีกให้ครบจำนวนหน่วยทดลอง

2.3 ให้หมายเลขกำกับตัวเลขทั้ง 9 ตัว เรียงลำดับจากเลขน้อยไปหามากหรือจากมากไปหาน้อยก็ได้ แบ่งกลุ่มตัวเลขออกเป็นกลุ่มเท่ากับจำนวนทรีทเมนต์ คือ 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีจำนวนตัวเลขเท่าจำนวนซ้ำ โดยตัวเลขสามตัวแรกจะเป็นกลุ่มที่ 1 สามตัวที่สองอยู่ในกลุ่มที่ 2 และสามตัวที่สามเป็นกลุ่มที่ 3

2 5 6	9 7 3	8 1 4
27 62 65	99 71 28	96 17 54

2.4 ทำการสุ่มทรีทเมนต์ ให้กับกลุ่มตัวเลขสมมุติได้

สูตร ก	สูตร ข	สูตร ค
2	9	8
6	7	1
5	3	4

ผังการทดลองที่ได้ ก็จะเป็น

1 ค	2 ก	3 ข
4 ค	5 ก	6 ก
7 ข	8 ค	9 ข

การวางแผน (Design)

การวางแผนการทดลองเป็นการจัดหน่วยทดลองให้กับทรีทเมนต์โดยอาศัยวิธีการสุ่มก่อนทำการทดลองเราจะต้องมีการวางแผนเพื่อสามารถที่จะวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะได้

แผนการทดลองแบบพื้นฐาน (basic design) จะมีอยู่ 3 แบบ ได้แก่

แผนแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD)

แผนแบบสุ่มในบล๊อก (Randomized Complete Block Design, RBD)

แผนแบบลาตินสแควร์ (Latin Squares Design, LSD)

แผนการทดลองแต่ละแผนจะแตกต่างกันที่วิธีการสุ่ม ในการทดลองเราจะพยายามเลือกแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด ซึ่งสามารถให้ความเที่ยงตรงที่สุดและสามารถตอบวัตถุประสงค์ที่เรากำหนดไว้แต่แรกได้ทุกข้อ ซึ่งสิ่งที่จะมากำหนดว่าจะต้องใช้แผนแบบไหนก็คือหน่วยทดลอง

แบบหุ่นหรือโมเดล (Model or mathematical model)

เป็นสมการของค่าสังเกต (observation) จะบอกให้เราทราบว่าค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองเกิดจากอิทธิพลของอะไรบ้าง ดังเช่น

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} คือค่าสังเกตตัวที่ j ซึ่งได้รับทรีทเมนต์ที่ i; j = 1, 2, 3,..., r

μ คือค่าเฉลี่ยทั่วๆ ไป หรือ grand mean หรือ overall mean

α_i คืออิทธิพลของทรีทเมนต์; i = 1, 2, 3,....., t

ε_{ij} คือความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สมมุติ การทดลองอาหารสัตว์ 2 ชนิด

อาหาร A	อาหาร B
Y_{A1} หรือ Y_{11}	Y_{B1} หรือ Y_{21}
Y_{A2} หรือ Y_{12}	Y_{B2} หรือ Y_{22}

$$Y_{A1} = \mu + A + \varepsilon_{A1}$$
$$Y_{A2} = \mu + A + \varepsilon_{A2}$$

Y_{A1} กับ Y_{A2} นั้นควรจะมีค่าเท่ากัน เพราะได้รับอาหารเหมือนกัน แต่จริง ๆ แล้วจะต่างกัน ทั้งนี้เพราะความแตกต่างของหน่วยทดลอง (ε_{Ij}) เอง

$$Y_{B1} = \mu + B + \varepsilon_{B1}$$
$$Y_{B2} = \mu + B + \varepsilon_{B2}$$

Y_{B1} กับ Y_{B2} ก็จะมีค่าแตกต่างกัน เพราะ ε_{B1} กับ ε_{B2} ขณะเดียวกัน $\overline{Y}_A$ กับ $\overline{Y}_B$ ก็จะแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของอาหารที่ได้รับต่างกัน คือ อาหาร A กับ B และยังรวมเอาความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองเข้าไว้ด้วย

ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ เราจะเอาผลเนื่องมาจากทรีทเมนต์กับความ คลาดเคลื่อนของการทดลองมาเทียบกัน ถ้าทรีทเมนต์มีผลมากกว่า ความคลาดเคลื่อนของการทดลองมาก ๆ เราก็สรุปได้ว่ามีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ แต่ถ้าเทียบแล้วผลของทรีทเมนต์ไม่มากกว่าความคลาดเคลื่อนเราก็สรุปไม่ได้ว่าความแตกต่างนั้นเป็นเพราะทรีทเมนต์หรือไม่

ขั้นตอนในการทดลอง

การทดลองจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อเกิดมีปัญหาในสภาพความเป็นจริง ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ จะต้องวางขั้นตอนการทดลองไว้แต่แรกเพื่อป้องกันการผิดพลาดตกหล่น โดยมีหลักใหญ่ ๆ ดังนี้

1) วัตถุประสงค์ (Objective) การกำหนดวัตถุประสงค์อาจกำหนดเป็นข้อ ๆ ในรูปข้อสมมุติฐานหรือคำถาม จะต้องกำหนดให้ชัดเจน กระทัดรัด สามารถปฏิบัติได้ง่าย และเขียนเฉพาะที่จะทดลองได้จริง ๆ

2) เลือกทรีทเมนต์ การทดลองจะใช้ทรีทเมนต์อะไรบ้าง วัตถุประสงค์ของการทดลองจะเป็นตัวกำหนดทั้งสิ้นว่าการทดลองจะใช้ทรีทเมนต์ใด กี่ทรีทเมนต์ จะมีคอนโทรลหรือไม่

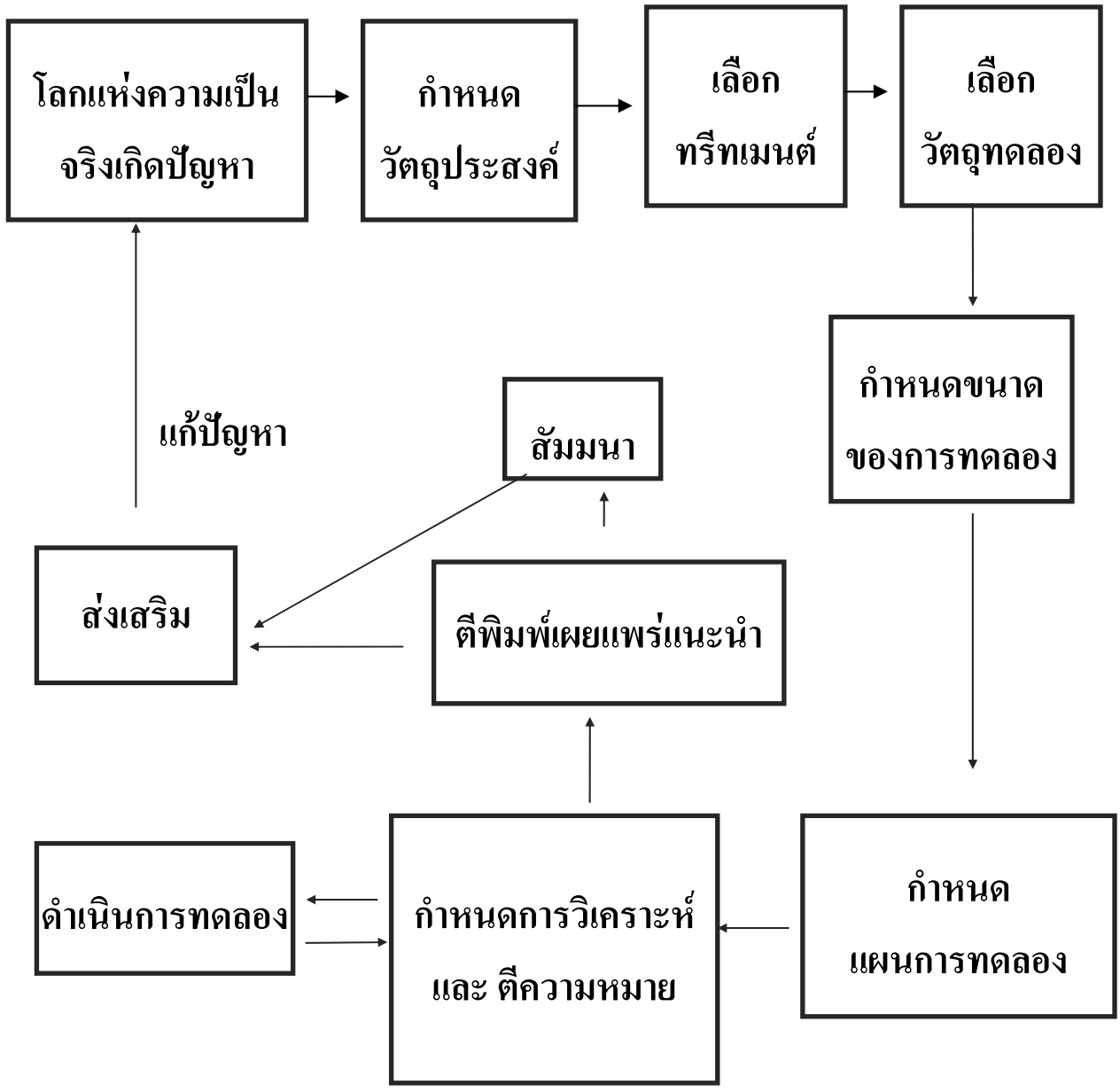
3) เลือกวัตถุทดลอง การเลือกวัตถุทดลองจะดูจากวัตถุประสงค์ และทรีทเมนต์ วัตถุทดลองจะถูกใช้วัดผลการทดลอง ซึ่งสะท้อนผลของทรีทเมนต์ให้เราเห็น วัตถุทดลองแต่ละหน่วยควรมีความสม่ำเสมอกันอย่างแท้จริง คือค่าผลตอบสนองที่ได้จะต้องตกอยู่ภายใต้ อิทธิพลอันเดียวกัน เช่น ในสุกร ถ้าค่าผลตอบสนองที่วัดเป็นจำนวนลูกสุกรต่อครอกแล้ว พันธุ์ อายุแม่สุกร ฤดูกาล อาหาร ฯลฯ ก็จะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสม่ำเสมอได้ เช่นเดียวกัน ในวัว ถ้าปริมาณการให้นมเป็นค่าผลตอบสนองที่วัดพันธุ์ อายุ ช่วงการให้นม ฤดูกาล อาหาร ฯลฯ ก็อาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสม่ำเสมอได้ เราจะต้องพยายามกำจัดให้ได้

4) กำหนดขนาดของการทดลอง เมื่อเราเลือกทรีทเมนต์ และวัตถุทดลองแล้วก็ต้องกำหนดขนาดการทดลอง นั่นก็คือ จำนวนซ้ำ (replication) ต่อทรีทเมนต์

5) ออกแบบการทดลอง การที่จะเลือกใช้แผนการทดลองแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุทดลองและวิธีการสุ่ม ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

6) หาวิธีการเพิ่มความละเอียดถูกต้องของการทดลอง เช่น การทำวัคซีนป้องกันโรคสัตว์ การถ่ายพยาธิ การกำจัดเห็บ ไร หมัด ฯลฯ เป็นต้น ในการทดลองบางอย่างอาจต้องมีข้อมูลอื่นมาเสริมเพื่อให้งานทดลองถูกต้องยิ่งขึ้น เช่น การทดลองทางสัตว์เมื่อวัดผลตอบสนองเป็นน้ำหนักตัวของสัตว์ เราก็ต้องวัดน้ำหนักของสัตว์เมื่อเริ่มแรกทดลองมาปรับ เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โควาเรียนซ์ (analysis of covariance)

7) กำหนดวิธีการวิเคราะห์ และการตีความหมาย เพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว เราสามารถที่จะวิเคราะห์ และตีความหมายของผลที่ได้ให้สามารถนำไปใช้ได้ มักมีบ่อยครั้งที่ผู้ทำการทด-ลองไม่ได้กำหนดวิธีการวิเคราะห์ไว้แต่แรก เมื่อทดลองเสร็จแล้วก็ไม่สามารถวิเคราะห์ได้



แผนผังแสดงขั้นตอนของการทดลอง

ปัจจัยที่กำหนดจำนวนซ้ำ

ลักษณะความแปรปรวนของวัตถุทดลอง

ถ้าวัตถุทดลองที่นำมาใช้มีความแปรปรวนสูง เราก็จะใช้จำนวนซ้ำมาก เพื่อให้ได้ตัวแทนของประ ชากรที่แน่นอน ความแปรปรวนของวัตถุทดลองเราพิจารณาจากค่า C.V. (coefficient of variation) ของวัตถุทดลองแต่ละอย่าง ซึ่งจะเป็นค่าคงที่สำหรับลักษณะที่เราพิจารณาแต่ละลักษณะ และค่า C.V. สูงก็จะต้องใช้จำนวนซ้ำมาก ถ้าค่า C.V. ต่ำก็ใช้จำนวนซ้ำน้อย

ปริมาณความแตกต่าง

ถ้าสิ่งที่เราต้องการทดสอบ นั้นมีความแตกต่างมาก เราก็สามารถที่จะตรวจพบความแตกต่างนั้นได้โดยง่าย เราไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมาก เช่น การเปรียบเทียบขนาดของช้างกับหนู เราก็บอกได้เลยว่าช้างตัวใหญ่กว่าหนู แต่ถ้าเราจะบอกว่าสุกรพันธุ์แลนด์เรซมีปริมาณเนื้อแดงมากกว่าสุกรพันธุ์ดูรอค เราก็จะต้องใช้จำนวนสุกรแต่ละพันธุ์หลายๆ ตัวเปรียบเทียบกันจึงจะบอกความแตกต่างได้

จำนวนทรีทเมนต์

ถ้าในการทดลองใช้จำนวนทรีทเมนต์มาก เราก็สามารถจะลดจำนวนซ้ำลง แต่ถ้าใช้ทรีทเมนต์น้อยก็ต้องใช้จำนวนซ้ำมากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อให้มีจำนวนความเป็นอิสระ (degree of freedom) มากพอควร สำหรับใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ค่า *df* ของความคลาดเคลื่อนไม่ควรน้อยกว่า 9 โดยปกติจะใช้ตั้งแต่ 10-12 เพื่อให้ค่าความผันแปรของความคลาดเคลื่อน (mean square error) น้อย เช่น แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD)

การวิเคราะห์วาเรียนซ์ คือ

source	*df*
treatment	t - 1
error	t (r - 1)
total	tr - 1

ถ้า *df* ของความคลาดเคลื่อน (error) ต้องไม่น้อยกว่า 9 เรากำหนดให้ t(r-1) = 12

t คือจำนวนทรีทเมนต์

r คือ จำนวนซ้ำ

ดังนั้น ถ้าการทดลองมี 3 ทรีทเมนต์ ควรจะมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 5

แต่ ถ้าการทดลองมี 4 ทรีทเมนต์ ควรจะมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 4

แผนการทดลองที่ใช้

จำนวนซ้ำของการทดลอง จะขึ้นกับแผนการทดลองที่จะใช้ด้วย เช่น แผนแบบสุ่มตลอด (CRD) กับแผนแบบสุ่มในบล๊อก (RBD) เมื่อเราต้องการให้มี *df* ของความคลาดเคลื่อนเท่ากัน แผนแบบสุ่มในบล๊อกจะต้องใช้จำนวนซ้ำหรือบล๊อก มากกว่าจำนวนซ้ำของแผนแบบสุ่ม เพราะแผนแบบสุ่มในบล๊อกจะต้องสูญเสีย *df* ของความคลาดเคลื่อนบางส่วนไปให้กับบล๊อก

CRD		RBD	
source	***df***	**source**	***df***
treatment	**t-1**	**block**	**r-1**
error	**t(r-1)**	**treatment**	**t-1**
total	**tr-1**	**error**	**(t-1)(r-1)**
		total	**tr-1**

ถ้ากำหนดให้ *df* ของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 12 ในการทดลองใช้ 3 ทรีทเมนต์ แผนแบบ CRD จะใช้จำนวนซ้ำเท่ากับ 5 แผนแบบ RBD จะต้องมีบล๊อกหรือจำนวนซ้ำเท่ากับ 7

ประเภทของการทดสอบ

การทดสอบมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ การทดสอบทางเดียว (one-tailed test) จะใช้จำนวนซ้ำน้อยกว่า การทดสอบสองทาง (two-tailed test) เพราะการทดสอบทางเดียว จะมีทางเสี่ยงเพียงทางเดียว เช่น

ตั้งสมมุติฐาน $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_A: \mu_1 < \mu_2$

เมื่อไม่ยอมรับ H_0 **ก็จะยอมรับ** H_A

แต่ถ้าการทดสอบเป็นสองทาง สมมุติฐานการทดสอบจะเป็น

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$

ซึ่งเมื่อไม่ยอมรับ H_0 **ก็ต้องยอมรับ** H_A **แต่ก็ไม่รู้ว่า** μ_1 **จะมากกว่าหรือน้อยกว่า** μ_2 **จึงต้องใช้จำนวนซ้ำให้มากขึ้น เพื่อชี้ชัดลงไปว่าควรจะรับสมมุติฐานทางเลือก (**H_A**) ใด**

ความคลาดเคลื่อน

เมื่อเราต้องการให้ความคลาดเคลื่อนน้อยก็ต้องใช้จำนวนซ้ำมากขึ้น ความคลาดเคลื่อนมี 2 ชนิด ได้แก่

ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ I (type I error, α) เป็นความน่าจะเป็น (probability) ที่จะปฏิเสธสมมุติฐานนัล (null hypothesis) ทั้ง ๆ ที่สมมุติฐานนัลเป็นจริง เช่น คนไทยสูงเฉลี่ย 165 ซม. ถ้าเราสุ่มผู้ชายคนหนึ่งได้ 180 ซม. เราไม่ยอมรับว่าเขาเป็นคนไทย นั่นคือ ความผิดพลาดของการใช้ α ถ้ากำหนดค่า α ไว้สูง การทดลองจะใช้ซ้ำน้อยกว่าเมื่อกำหนดค่า α ต่ำ เช่น α = 0.05 ใช้ซ้ำน้อยกว่า 0.01 เพราะ α ต่ำจะต้องมีความมั่นใจสูงในการสรุปผล ถ้าลดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ I โดย กำหนดค่า α ให้ต่ำจะทำให้ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ II หรือ β สูงขึ้น

ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ II (type II error, β) คือ ความน่าจะเป็นสำหรับการที่จะยอมรับสมมุติฐานนัล เมื่อสมมุติฐานทางเลือกเป็นจริง ในการทดสอบเราไม่ได้กำหนดค่า β แต่เรามักจะกำหนดค่า 1- β ซึ่งเรียกว่า พลังการทดสอบ (power of test) เป็นความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมุติฐานทางเลือก เมื่อสมมุติฐานทางเลือกเป็นจริง นั่นก็คือ ความสามารถที่เราจะตรวจพบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ซึ่งมีอยู่จริงตามสมมุติฐานทางเลือก

งบประมาณ (Budget)

นอกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว จำนวนซ้ำยังขึ้นอยู่กับงบประมาณและทรัพยากรที่จะใช้ในการทดลองนั้น ๆ ถ้างบประมาณมีน้อย ก็อาจจะต้องลดจำนวนซ้ำลง หรือ ตัดทรีทเมนต์บางทรีทเมนต์ออกไป หรือเป็นการยอมให้ความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ควรที่จะฝืนใช้จำนวนซ้ำต่ำกว่าที่กำหนดไว้มาก ๆ เพราะจะไม่มีโอกาสตรวจสอบพบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ