

## โปรแกรมช่วยสอนวิชาการวางแผนการทดลอง

### Computer-Aided Instruction for Experimental Design

วีระศักดิ์ สุรพันธ์\*

#### 1. คำนำ

จากรายงานสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติระบุว่า จำนวนโครงการวิจัยทุกสาขาวิชาการที่ดำเนินการในปี 2536 มีจำนวนทั้งสิ้น 5,755 โครงการ ซึ่งนับว่าเป็นจำนวนไม่น้อย โครงการวิจัยเหล่านี้แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มสาขา คือ สาขาเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาสังคมศาสตร์ และมนุษยศาสตร์ งานวิจัยต่าง ๆ เหล่านี้เองที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ดีขึ้น เช่น งานวิจัยศึกษาหาสายพันธุ์พืชเศรษฐกิจที่ให้ผลผลิตสูง เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น และเป็นการเพิ่มมูลค่าในการส่งออก ในสาขาวิทยาศาสตร์ การค้นคว้าวิจัยเรื่องการฉีดวัคซีน เพื่อป้องกันการติดเชื้อไวรัสฮอตสกีให้แก่อาสาสมัคร หากผลการวิจัยประสบผลสำเร็จ จะทำให้รัฐบาลประหยัดเงินงบประมาณในการที่จะต้องนำไปรักษาผู้ป่วยที่เป็นแอดส์ ในด้านสังคมศาสตร์ การวิจัยศึกษาเปรียบเทียบจำนวนผู้สูบบุหรี่ของประชากรในอาชีพต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการรณรงค์ให้ประชาชนในกลุ่มเป้าหมายเลิกสูบบุหรี่ ทำให้ประชากรของประเทศมีสุขภาพดีถ้วนหน้า

การวางแผนการทดลองเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น เพราะนอกจากจะกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมของการทดลองของงานวิจัยแล้ว ยังกำหนดวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละรูปแบบอีกด้วย ทำให้นักวิจัยเกิดความมั่นใจว่า จะสามารถสรุปผลงานวิจัยได้อย่างถูกต้อง และเป็นที่น่าเชื่อถือ ปัจจุบันวิชาการวางแผนการทดลองได้มีสอนกันในระดับอุดมศึกษา เริ่มตั้งแต่ระดับปริญญาตรี แต่ก็ยังขาดสื่อการสอนที่เรียกว่า โปรแกรมช่วยสอน เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของวิชานี้เพิ่มเติม และแน่นอน เมื่อนักศึกษาเหล่านี้สำเร็จการศึกษาออกไป ประกอบอาชีพจะได้มีโอกาสนำเอาวิชาความรู้ด้านการวางแผนการทดลองไปช่วยงานวิจัย ให้แก่ภาครัฐและเอกชนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

ขั้นที่ 1. รวบรวมเนื้อหาหลักสูตรวิชาการวางแผนการทดลองที่สอนในระดับอุดมศึกษาจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ของรัฐและเอกชน

ขั้นที่ 2. แบ่งเนื้อหาบทเรียนออกเป็น 5 บท บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยความหมายของการทดลอง คำนิยาม การตั้งสมมติฐาน ส่วนประกอบของการทดลอง ความคลาดเคลื่อนการทดลอง และหลักสำคัญของการทดลอง บทที่ 2 แผนการทดลองปัจจัยเดียว ประกอบไปด้วย 6 แผนการทดลองได้แก่ Completely Randomized Design (CRD), Randomized Complete Block Design (RCB) Latin Square Design, Balanced Lattice, Partially Balanced Lattice และ Group Balanced Block Design บทที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ประกอบไปด้วยวิธีการของ Least Significant Difference Test และ Duncan's Multiple Range Test บทที่ 4 แผนการทดลองสองปัจจัย ประกอบไปด้วย 5 แผนการทดลองได้แก่ Factorial Experiment in CRD, Factorial Experiment in RCB, Split-Plot Design, Strip-Plot Design และ Group Balance in Split-Plot Design สุดท้ายบทที่ 5 แผนการทดลองมากกว่าสองปัจจัยประกอบไปด้วย 4 แผนการทดลองได้แก่ 2x4x2 Factorial Experiment in RCB, 2x2x4 Factorial Experiment in Split-Plot Design, Split-Split-Plot Design, และ Strip-Split-Plot Design

ขั้นที่ 3 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตามโครงร่างที่เตรียมในขั้นที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Authorware Professional Version 2.0 โดยให้แสดงผลเป็นภาษาไทย ที่มีข้อความ รูปภาพ และเสียง อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการสร้างโปรแกรมได้แก่ คอมพิวเตอร์ พีซี Pentium 150, RAM 16 MB, Sound card และลำโพง จอสีตั้งความละเอียดที่ 640x480 และ 256 สี และ Scanner ความละเอียด 600 dpi

## 3. ผลและวิจารณ์

โปรแกรมช่วยสอนวิชาการวางแผนการทดลองได้ออกแบบบทเรียนให้มีลักษณะเป็นหน้าต่างประกอบไปด้วย ข้อความ รูปภาพ และเสียง ในแต่ละหน้าต่างจะมีปุ่มให้ผู้เลือกใช้เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับบทเรียนอื่นได้สะดวก เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะพบกับหน้าต่างแรกของบทเรียนดังรูปที่ 1 ในรูปที่ 1 จะมีปุ่มให้ผู้เลือกใช้เพียงปุ่มเดียว คือปุ่มหน้าต่างต่อไป เมื่อผู้ใช้ลากเมาส์ให้ลูกศรมาชี้ที่ปุ่มนี้ แล้วกดจะปรากฏหน้าต่างดังในรูปที่ 2 ในหน้าต่างนี้จะเป็นสารบัญของบทเรียนเปรียบเสมือนเป็นประตูหรือด่านแรกที่จะนำไปสู่บทเรียนที่เราสนใจจะเรียนต่อไป เช่นกรณีเลือกปุ่ม บทที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทดลอง

จะปรากฏหน้าต่างดังในรูปที่ 3 ในหน้าต่างนี้จะมีปุ่มให้ผู้ผู้ใช้เลือกมากขึ้น ปุ่มสารบัญ หมายถึง กลับไปหน้าสารบัญ (รูปที่ 2) ปุ่มบทที่ 1 หมายถึง กลับไปหน้าแรกของบทเรียนที่ 1 (คือรูปที่ 3 นี้เอง) ปุ่มเครื่องหมาย >> หมายถึง พลิกไปหน้าถัดไป ปุ่มเครื่องหมาย << หมายถึง พลิกไปหน้าที่ผ่านมา ปุ่มแบบฝึกหัดไป เนื้อหาแบบฝึกหัดของบทเรียนนั้น ๆ ปุ่มเลิกทำงาน หมายถึง ออกจากโปรแกรม รูปที่ 4 -6 แสดงหน้าต่างของบทเรียนในหัวข้อต่าง ๆ ของบทเรียนที่ 1

ในหน้าสารบัญกรณีนี้เลือกปุ่มบทที่ 2 จะปรากฏหน้าต่างเหมือนในรูปที่ 7 แสดงหน้าต่างแรกของบทเรียนที่ 2 แผนการทดลองปัจจัยเดียว รูปที่ 8-12 แสดงตัวอย่างของแผนการทดลองปัจจัยเดียวแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) ในบทเรียนนี้จะอธิบายถึงลักษณะของการทดลองและแสดงวิธีการสุ่มสิ่งทดลอง เพื่อเตรียมแผนผังในการทดลองต่อไป นอกจากนี้ในบทเรียนยังได้แสดงวิธีการหาค่าข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เมื่อได้เรียนแบบแผนการทดลองปัจจัยเดียวครบทั้ง 6 แบบในบทที่ 2 นี้แล้ว ผู้เรียนสามารถเลือกปุ่มแบบฝึกหัด เพื่อทดสอบความเข้าใจของบทเรียนด้วยตนเอง สำหรับแบบฝึกหัดในแต่ละบทของโปรแกรมช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ได้ออกแบบโดยมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อทดสอบดูว่าผู้เรียนสามารถเลือกใช้แผนการทดลองได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์และวิธีการที่มีอยู่หรือไม่เท่านั้น โดยไม่ได้เน้นไปที่การคำนวณหรือการอธิบายความหมายของค่าแต่อย่างใด เพราะแบบฝึกหัดในลักษณะหลังนี้ ผู้เรียนไม่สามารถโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ได้ในเวลาอันรวดเร็ว รูปที่ 13 แสดงหน้าแรกของแบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2 เมื่อผู้เรียนเลือกข้อ 1 จะปรากฏดังรูปที่ 14 เมื่อเลือกเงื่อนไขครบ จะปรากฏดังรูปที่ 15 เพื่อให้ผู้เรียนเลือกตอบแผนการทดลองที่เลือกใช้

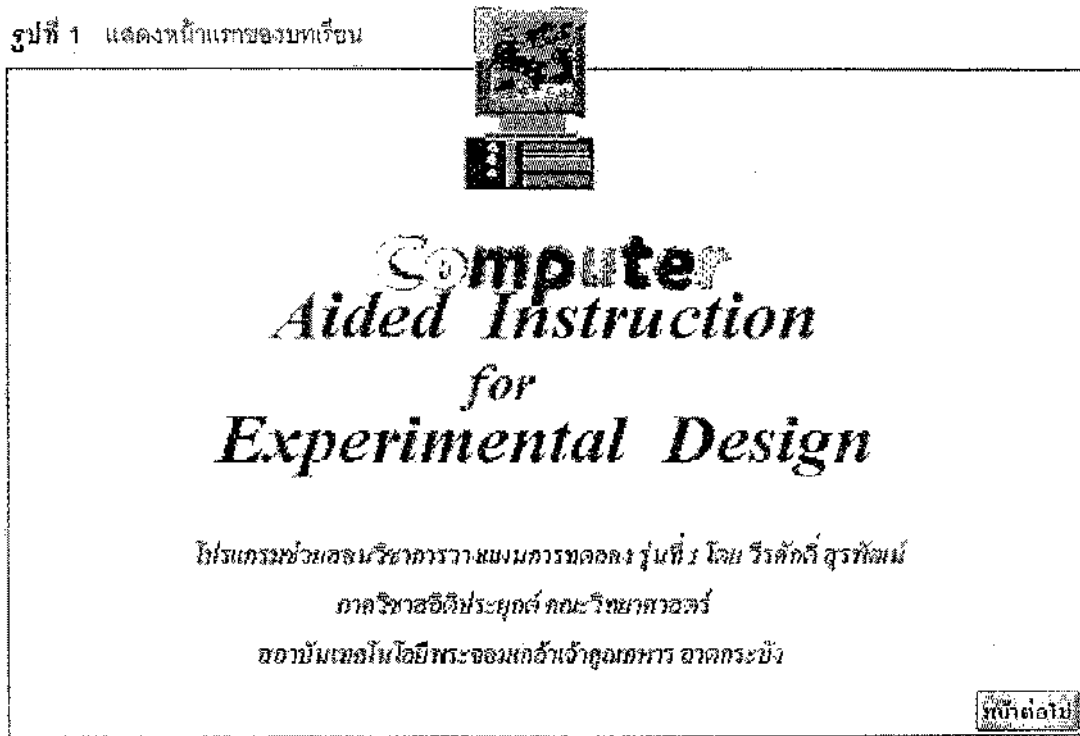
#### 4. สรุป

โปรแกรมช่วยสอนวิชาการวางแผนการทดลองได้พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Authorware Professional Version 2.0 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนวิชาการวางแผนการทดลองในระดับอุดมศึกษา เนื้อหาของบทเรียนแบ่งเป็น 5 บท ได้แก่ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทดลอง แผนการทดลองปัจจัยเดียว การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย แผนการทดลองสองปัจจัย และแผนการทดลองมากกว่าสองปัจจัย โปรแกรมได้ออกแบบหน้าต่างของบทเรียนให้แสดงผลเป็นภาษาไทยประกอบด้วยข้อความ รูปภาพและเสียง นอกจากนี้ในแต่ละบทเรียนจะมีแบบฝึกหัด เพื่อให้ผู้ใช้ทดสอบความรู้ด้วยตนเอง แบบฝึกหัดเป็นไปในลักษณะให้ผู้ผู้ใช้เลือกเงื่อนไขให้ครบแล้วจึงถามว่าจะเลือกใช้แผนการทดลองแบบใด นอกจากนี้โปรแกรมได้ออกแบบให้ติดตั้งและใช้งานบน Windows 95 และเครื่องคอมพิวเตอร์ควมมีการ์ดเสียงพร้อมลำโพง เพื่อให้บทเรียนแสดงผลภาพและเสียงได้ จึงทำให้มีความแตกต่างไปจากบทเรียนที่อ่านจากตำรา

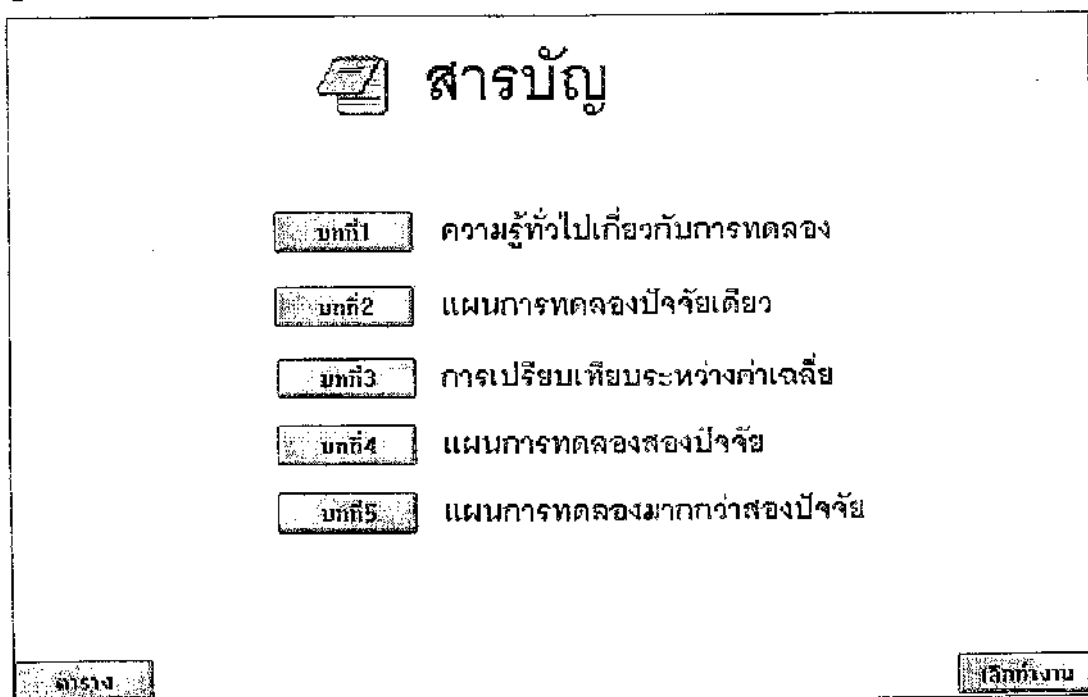
### เอกสารอ้างอิง

- วีรศักดิ์ สุรพัฒน์. 2535. ระบบผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนการตลาด, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 27-29 ตุลาคม 2535 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์
- วีรศักดิ์ สุรพัฒน์. 2537. โปรแกรมช่วยเลือกแผนการตลาดในงานวิจัยข้าว. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 สาขาพืช 2-5 กุมภาพันธ์ 2537 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ทำเนียบโครงการวิจัย พ.ศ. 2536 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ฝ่ายข้อมูลการวิจัย, ศูนย์ข้อเสนอและการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- Authorware Star. 1992. User Guide, Macromedia, Inc.
- Gomez, K.A. and Arturo A. Gomez. 1984. Statistical Procedure for Agricultural Research, 2 nd edition, John Wiley & Sons Inc. New York. 680 p.

รูปที่ 1 แสดงหน้าแรกของบทเรียน



รูปที่ 2 แสดงหน้าสารบัญบทเรียน ของโปรแกรมช่วยสอนวิชาการวางแผนการทดลอง



รูปที่ 3 แสดงหน้าแรกของบทเรียนที่ 1

บทที่ 1

# ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทดลอง

**1. การทดลอง (Experiment)**

หมายถึง การวิจัยค้นคว้า เพื่อให้ได้มาซึ่งข่าวสารหรือข้อมูลประเภทวัตถุประสงค์หรือข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

**ก. การทดลองเบื้องต้น** หมายถึง การทดลองอย่างง่ายเพื่อหาข้อสรุปหรือเพื่อหาแนวทางสำหรับการทดลองครั้งต่อไป การทดลองประเภทนี้มักจะไม่มีการเขียนเขียนปัจจัยที่หาทางศึกษา ตัวอย่างเช่น การทดลองสำรวจหาพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมือง ที่มีอยู่ปลูกในภาคกลาง จุดประสงค์ของผู้ทดลองคือการหาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในภาคกลาง ซึ่งมีอยู่ปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองพันธุ์ใดบ้าง เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลประกอบการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพันธุ์ข้าวรัฐบาลต่อไป จากการสำรวจและสอบถามจากเกษตรกรในหลายจังหวัดในภาคกลาง สรุปได้ว่า พันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากมีอยู่ 5 สายพันธุ์ คือ

รูปที่ 4 แสดงหัวข้อที่ 5 ของบทเรียนที่ 1

**5. ความเคลือบแคลงของการทดลอง**

นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวต้องการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวพันธุ์ใหม่ที่เขาคิดค้นขึ้นมา ชื่อพันธุ์ A กับพันธุ์ข้าวเดิมที่ปลูกกันมานาน ชื่อพันธุ์ B เริ่มการทดลองเขาเตรียมแปลง 2 แปลง ขนาดเท่ากันและอยู่ใกล้กัน แปลงที่ 1 ปลูกข้าวพันธุ์ A และแปลงที่ 2 ปลูกข้าวพันธุ์ B ดังรูปแสดง ดังนี้

รูปที่ 1

แปลงที่ 1

A

แปลงที่ 2

B

เขาคิดสมมติฐานว่า แปลงใหม่ให้ผลผลิตดีกว่าคือว่าพันธุ์ข้าวพันธุ์นั้นดีกว่า ทั้ง ๆ ที่การทดลองของเขาเรียบง่าย และไม่มีอะไรจะอะไรผิดปกติ แต่ก็มีความอย่างที่จะต้องทำให้ข้อสรุปผลจากการทดลองผิดพลาดไปเช่น

รูปที่ 5 แสดงหัวข้อที่ 6 ของบทเรียนที่ 1

**6 หลักสำคัญของการวางแผนการตลาด**

1. การทำซ้ำ เนื่องจากความผิดพลาดเกิดขึ้นของการทดลองช่วยให้เราสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองที่เราศึกษาว่า มีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการทดลอง สามารถหาได้จากความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลอง 2 หน่วยทดลองที่ได้รับสิ่งทดลอง หรือวิธีปฏิบัติอย่างเดียวกัน ซึ่งก็คือ การทำซ้ำนั่นเอง ดังนั้น เพื่อให้สามารถคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้ หลักสำคัญของ การทดลองซ้ำก็คือ จะต้องคำนึงการทำซ้ำ อันเป็นการพิจารณาขนาดของจำนวนซ้ำ หากพิจารณาจากพื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง เงินทุนในการทดลอง แรงงาน ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ปัจจัยเหล่านี้จะเป็นข้อจำกัดในตัวมันเองว่าควรจะทำการซ้ำได้ให้เกินเท่าใด ดูตัวอย่างในหน้าถัดไป

สรุป
ถัดไป
<<
>>
แบบฝึกหัด
เลิกทำ

รูปที่ 6 แสดงหน้าถัดไปของหัวข้อที่ 6 ของบทเรียนที่ 1

**ตัวอย่างการทำซ้ำ** หากทดลองเปรียบเทียบพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ (A, B, C) ทดลองในพื้นที่ของเกษตรกรขนาดแปลงทดลองที่ใช้เท่ากับ  $5 \times 3$  ตารางเมตร การทดลองนี้จะได้ว่า

พันธุ์ข้าว = สิ่งทดลอง (A, B, C)  
 แปลงทดลอง = หน่วยทดลอง

เมื่อต้องการทดลอง 3 ครั้ง จะได้แผนผังการทดลองดังนี้

รูปที่ 5

	5 ม.	5 ม.	5 ม.
3 ม.	A	B	A
3 ม.	B	C	C
3 ม.	C	A	B

สรุป
ถัดไป
<<
>>
แบบฝึกหัด
เลิกทำ

รูปที่ 7 แสดงหน้าแรกของบทเรียนที่ 2

## บทที่ 2

# แผนการทดลองปัจจัยเดียว

**แผนการทดลองปัจจัยเดียว**

การทดลองต้นฉบับที่มีเพียงปัจจัยเดียวที่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ ได้คงที่นั้นเรียกว่า "การทดลองปัจจัยเดียว" การทดลองประเภทนี้ประกอบด้วยชนิดต่าง ๆ กันของปัจจัยหนึ่ง เช่น การทดลองเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวในแปลงทดลอง เป็นการทดลองปัจจัยเดียว ซึ่งมีพันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหนึ่ง ประเภทนี้ไปด้วยกับพันธุ์ข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาหลาย ๆ พันธุ์ เช่น กบป จากดอกมะลิ เพนียดต้นป่าตอง นางพญา เพ็ญทอง เมื่อนี้ว่าเป็นต้น ดังนั้นในงานทดลองประเภทนี้ ในแปลงทดลองแต่ละแปลง จึงมีเพียงชนิดพันธุ์ข้าวเท่านั้นที่แตกต่างกัน ส่วนวิธีปฏิบัติในการทดลองนั้น ๆ เช่น การใส่ปุ๋ย การกำจัดศัตรูพืชและการให้น้ำ จะต้องปฏิบัติให้คงที่หรือปฏิบัติให้เหมือนกันหมดทุก ๆ แปลง แผนแผนการทดลองที่ได้ใช้สำหรับการทดลองปัจจัยเดียวที่ใช้กันมากได้แก่ แบบสุ่มทดลอง (Completely Randomized Design = CRD) และ แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design = RCBD)

สำหรับ
บทที่ 2
<<
>>
แบบฝึกหัด
เลิกทบทวน

รูปที่ 8 แสดงแผนการทดลองแบบแรก ของบทเรียนที่ 2

### Completely Randomized Design ( CRD )

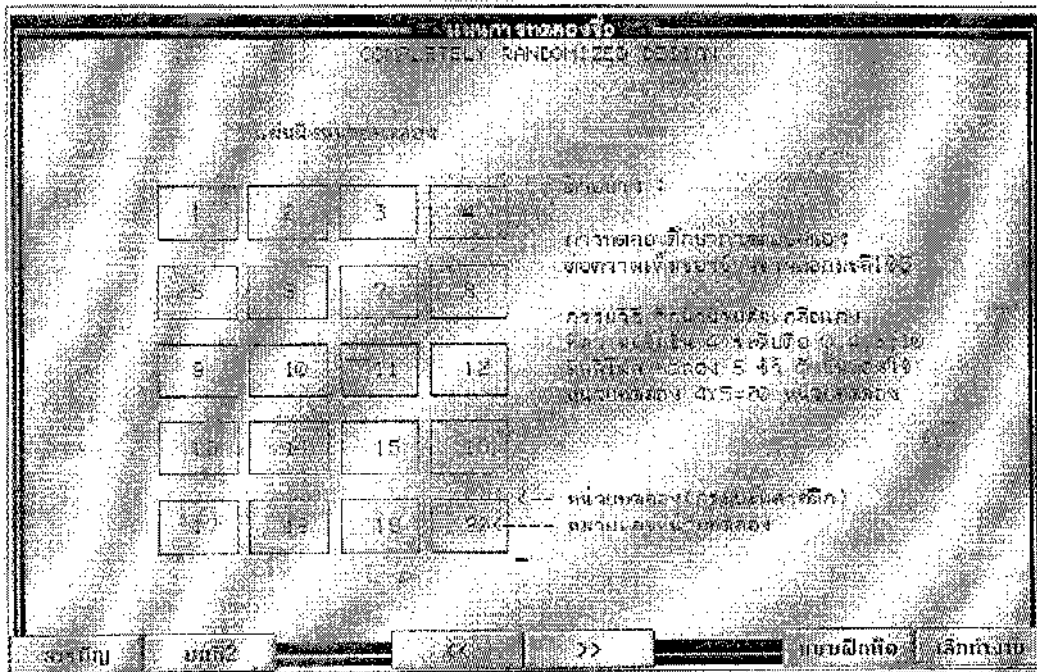
เป็นแผนการทดลอง ที่มีการจัดสิ่งทดลอง (Treatments) ทั้งหมด ลงในหน่วยทดลอง (Experimental Units) โดยวิธีสุ่ม โดยให้หน่วยทดลองแต่ละหน่วย มีโอกาสได้รับสิ่งทดลองแต่ละชนิดเท่า ๆ กัน สำหรับ CRD ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองหลายๆ หน่วย ที่ได้รับสิ่งทดลองเดียวกันเรียกว่า "ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Experimental Error)" ดังนั้น CRD จึงเหมาะสำหรับงานทดลองที่มีหน่วยทดลองสม่ำเสมอทั้งหมด ได้แก่ งานทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมได้สม่ำเสมอได้ง่าย ส่วนการทดลองในไร่ในนา โดยทั่วไปมักพบว่ามีธรรมชาติแปรปรวนระหว่างพื้นที่ทดลอง อันเนื่องมาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นงานทดลองในไร่ในนาจึงมักจะใช้แผนการทดลองแบบ CRD

**ตัวอย่างที่ 1** การทดลองศึกษาการตอบสนองต่อความเค็ม ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 กรรมวิธีนี้หรือ สิ่งทดลองที่ใช้คือ น้ำยาผสมเกลือแกงที่ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0, 4, 8, และ 10 มิลลิโมล ทดลอง 5 ซ้ำ โดยปลูกข้าวในกระบะพลาสติกที่มีดินผสมน้ำยาผสมเกลือแกง และตั้งทิ้งไว้กลางแจ้ง ข้อมูลที่บันทึก ได้แก่ ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว

สำหรับ
บทที่ 2
<<
>>
แบบฝึกหัด
เลิกทบทวน



รูปที่ 9 แสดงหน้าจอของโปรแกรมทดลองก่อนที่จะทำการสุ่มตัวเลขของ



รูปที่ 10 แสดงฟังก์ชันที่บันทึกได้จากผลการทดลองของตัวอย่างที่ 1 ในรูปที่ 8

**บันทึกข้อมูล**  
 มีแบบทดสอบจำนวนหลายชุดพร้อมๆ กับตรวจหาปริมาณโปรตีนในนมสดข้าง บันทึกข้อมูล  
 ได้ดังนี้

**ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีน**

ระดับความเค็ม (กรัมต่อลิตร)	ค่า					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
0	7.1	7.6	6.5	6.5	6.3	34.0	6.80
4	7.1	7.2	6.9	7.0	7.1	35.3	7.06
8	7.4	6.0	7.1	7.5	7.5	37.5	7.50
10	7.7	7.0	7.5	7.7	7.8	38.3	7.66

Navigation buttons: 'กลับหน้าจอ', 'หน้าถัดไป', '<<', '>>', 'กลับหน้าจอ', 'เลิกทำแบบ'

รูปที่ 11 แสดงตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในตารางที่ 1 ของรูปที่ 10

ค่าวิกฤตที่ค่าความน่าจะเป็น = 0.05

การทดลองทางความแตกต่างระหว่างที่ทดลองที่ศึกษา การวัดใช้ความถี่ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยที่แหล่งความแปรปรวนของ CRD แบ่งได้ 2 ชนิด คือความแปรปรวนของสิ่งทดลอง (Treatment Variation) และความคลาดเคลื่อนของกระบวนการทดลอง (Experimental Error) แสดงเป็นรูปตารางได้ดังนี้

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F value	Tabular F
Treatment					5%
Error					1%
Total					

รูปที่ 12 แสดงวิธีคำนวณค่าในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปที่ 11

**วิธีคำนวณ** ให้  $t$  = จำนวนสิ่งทดลอง และ  $r$  = จำนวนการวัดซ้ำซึ่งจะได้  $t = 4$ , และ  $r = 5$

ก. จำนวนองศา degree of freedom (df)

Total df =  $tr - 1 = 4 \times 5 - 1 = 19$

Treatment df =  $t - 1 = 4 - 1 = 3$

Error df = Total df - Treatment df =  $19 - 3 = 16$

ข. คำนวณค่า Sum of Squares (SS) ซึ่งเรียกค่านองตัว correction factor (CF) ก่อนดังนี้

$$CF = \frac{\Sigma X^2}{tr} = \frac{(34.0^2 + 35.3^2 + 37.5^2 + 38.3^2)}{4 \times 5} = 1052.7005$$

$$\text{Total SS} = \Sigma X^2 - CF = (7.1^2 + 7.6^2 + \dots + 7.8^2) - 1052.7005 = 4.0295$$

$$\text{Treatment SS} = \Sigma \left( \frac{\Sigma X^2}{r} \right) - CF = \left( \frac{34.0^2}{5} + \frac{35.3^2}{5} + \frac{37.5^2}{5} + \frac{38.3^2}{5} \right) - 1052.7005 = 2.3455$$

Error SS = Total SS - Treatment SS =  $4.0295 - 2.3455 = 1.6840$

รูปที่ 13 แสดงหน้าจอของแบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2

**แบบฝึกหัดแผนการทดลองปัจจัยเดียว**

วัตถุประสงค์ให้ขงเพื่อทดสอบดูว่าท่านสามารถเลือกให้แผนการทดลอง  
ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์และวิธีการที่ท่านมีอยู่ .

เลือกข้อใดข้อหนึ่ง

**บล็อกที่ท่านใช้เป็นหลักคือ**

1. สมบูรณ์

2. ไม่สมบูรณ์

รูปที่ 14 แสดงหน้าถัดไปของแบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2

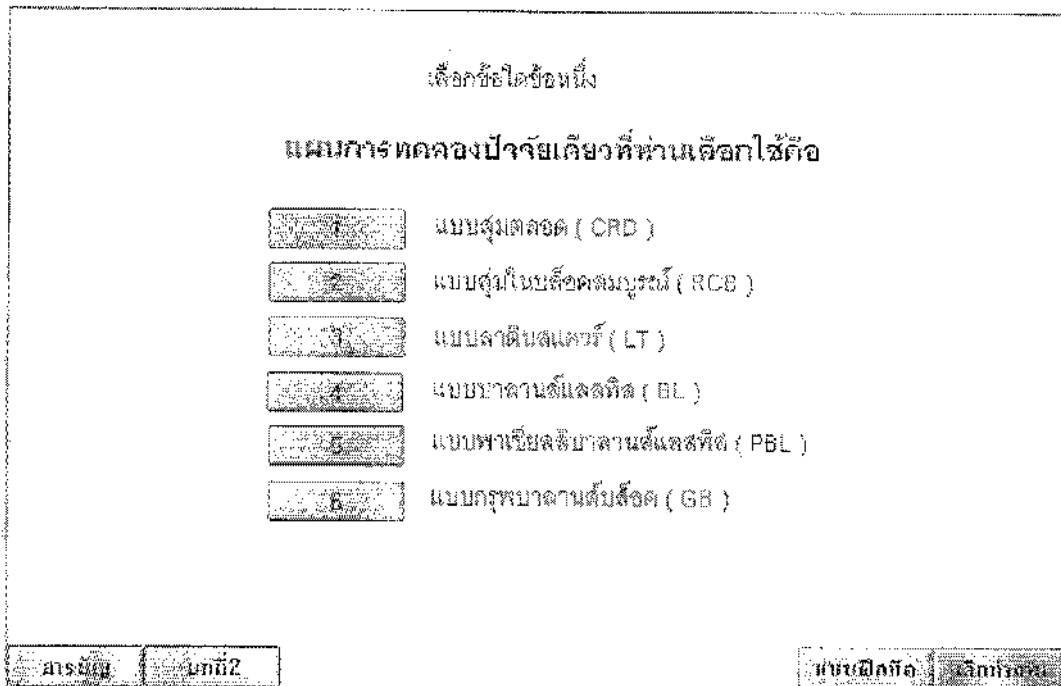
เลือกข้อใดข้อหนึ่ง

**หน่วยทดลองทั้งหมดที่ใช้**

1. มีความสม่ำเสมอ

2. ไม่สม่ำเสมอ

รูปที่ 15 แสดงหน้าตัดไปยังแบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2



รูปที่ 16 แสดงผลของการตอบคำถามในรูปที่ 15 เมื่อตอบถูก(ได้รูปบน) และตอบผิด(ได้รูปล่าง)

