การตรวจเอกสาร

ลักษณะนิสัยทั่วไปของข้าวบาร์เลย์

ข้าวบาร์เลย์เป็นพืชใหม่ที่มีฤดูปลูก ตามหลังข้าวนาปี แต่เดิมก่อนศตวรรษที่ 19 มีชื่อวิทยาศาสตร์เป็น *Triticum vulgare* ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับข้าวสาลีแต่ต่างสกุลกัน ต่อมาหลังจากศตวรรษที่ 19 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น *Hordium vulgare L.* (วิฑูรย์, 2537) เป็นธัญพืชที่ชอบสภาพชุ่มชื้นกึ่งแห้งแล้ง ไม่ชอบสภาพน้ำขังหรือดินแฉะ เพียงแต่ต้องการน้ำเพียงชุ่มดิน ในสภาพพื้นที่ๆระบายน้ำได้ดีมาก เช่นที่นาดอนอาศัยน้ำฝน สภาพดินร่วนซุย และอุดมสมบูรณ์ ด้วยอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารต่างๆ มีความเป็นกรดอ่อนถึงด่างอ่อน pH อยู่ในช่วง 6.5 - 8.0 (สมสิน, 2528) เป็นพืชไร่ที่ชอบอากาศหนาวเย็น ไม่ชอบอากาศร้อน และแห้งแล้งที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนมาก โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 25 °C และอุณหภูมิวิกฤติต่ำสุดสูงสุด ในช่วง 3-4 °C และ 30-32 °C (Briggle, 1987) และพบว่าถ้าปลูกช้าหลังเดือนมกราคมจะยิ่งทำให้ผลผลิตลดลง (สาวิตร , 2540) และคุณภาพมอลท์ต่ำมาก (เรวัตและคณะ, 2538) ทั้งนี้เนื่องจากข้าวบาร์เลย์ได้รับอุณหภูมิที่สูงเกิน เพราะถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลเร่งรัดการพัฒนาการเจริญเติบโตทำให้อัตราการเจริญเติบโตและศักยภาพการสร้างองค์ประกอบผลผลิตลดลง (Fisher, 1984) ข้าวบาร์เลย์แต่ละพันธุ์ มีคุณภาพมอลท์ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและอายุของแต่ละพันธุ์ โดยที่พันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาว มีแนวโน้มที่มีปริมาณโปรตีนสูง โดยเฉพาะสภาพการปลูกล่าช้าที่ทำให้ช่วงสะสมน้ำหนักเมล็ดกระทบกับอากาศร้อน โดยช่วงปลูกที่เหมาะสมนั้น วินัยและคณะ (2534) ได้แนะนำให้ปลูกในช่วงต้นเดือนธันวาคม นอกจากนี้ สภาวะการขาดน้ำ และการให้ปุ๋ยไนโตรเจน ก็มีผลต่อคุณภาพมอลท์ โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไป ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้น แต่อาจทำให้คุณภาพข้าวมอลท์ลดลง เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงเกินไป (Leonard and Matin, 1970)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

โดยปกติแล้วข้าวบาร์เลย์จัดอยู่ในพวกพืชผสมตัวเอง (Self - pollinated crop) แต่มีบางครั้งพบว่าข้าวบาร์เลย์มีการผสมข้ามได้เช่นกัน แต่เกิดขึ้นน้อยมาก ไม่เกิน 0.2% การจำแนกข้าวบาร์เลย์สามารถจำแนกโดยอาศัยหลักเกณฑ์พิจารณาที่แตกต่างกันได้ 4 ลักษณะ (สาวิตร, 2540) ตามคุณสมบัติ และ ลักษณะประจำพันธุ์ คือ

1.พิจารณาตามลักษณะการเรียงตัวของดอกย่อย

1.1 ชนิด 2 แถว (two- row barley)

1.2 ชนิด 6 แถว (six- row barley)

2.พิจารณาตามนิสัยการเจริญเติบโต สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด

2.1 ชนิดที่ต้องการอากาศหนาวเย็น (winter type) สามารถปลูกข้ามฤดูหนาว

2.2 ชนิดที่ไม่จำเป็นต้องการอากาศหนาว (spring type) สามารถปลูกในต้นฤดูใบไม้ผลิ

3. พิจารณาที่เปลือกหุ้มเมล็ด

3.1 ชนิดเปลือกล่อน (naked barley) เมล็ดและเปลือกสามารถหลุดออกจากกันได้

3.2 ชนิดเปลือกหุ้ม (hulled barley) เมล็ดและเปลือก ติดแน่น ไม่สามารถหลุดออกจากกัน

4. พิจารณาตามการใช้ประโยชน์

4.1 ชนิดที่ปลูกเพื่อทำมอลท์

4.2 ชนิดที่ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์

4.3 ชนิดที่ปลูกเพื่อทำเป็นอาหารมนุษย์

ข้าวบาร์เลย์ มีระบบรากฝอยที่งอกมาจากเมล็ด (seminal roots) และงอกที่ส่วนข้อใต้ดิน (crown roots) ระบบรากที่งอกจากเมล็ดจะเจริญออกด้านข้าง ทั้งสองด้านของรากแรกส่วนระบบรากจากข้อใต้ดิน จะแตกแขนง ลึกจากผิวดิน 1-2 นิ้วเท่านั้นไม่ว่าจะฝังเมล็ดตื้นหรือลึกเท่าใด

ลำต้น จะเป็นลักษณะเป็นแท่งกลม ปล้องกลวง มีประมาณ 5-7 ข้อต่อต้น การแตกหน่อของข้าวบาร์เลย์ จะแตกออกมาเป็นชุด โดยชุดแรกจะเป็นฐานให้กับชุดที่สอง และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จำนวนหน่อต่อต้นหลักจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ ช่วงฤดูปลูกที่เหมาะสม ระยะระหว่างต้นห่าง ความชื้นในดิน และธาตุอาหารในดินเพียงพอ

ใบเรียวยาว เกิดสลับตรงข้ามกันบนลำต้น มีประมาณ 5-10 ใบต่อต้น ใบสุดท้ายเรียกว่าใบธง (flag leaf) และใบล่างถัดไป 1 ใบมีความสำคัญมากต่อการสร้างน้ำหนักเมล็ด ใบข้าวบาร์เลย์จะประกอบไปด้วย แผ่นใบ (leaf blade) กาบใบ (leaf sheath) เยื่อกันน้ำ (ligule) และหูใบ (auricle) ซึ่งมีลักษณะ คล้ายก้ามปู 2 อันหนีบลำต้นอยู่

รวงเป็นช่อดอกแบบ spike เกิดบนปลายสุดของต้น ดอกย่อย (spikelets) ติดเรียงกันบนก้านช่อดอกสลับข้างกันแบบสลับฟันปลา แต่ละดอกย่อยมีกลีบหุ้มดอกขนาดใหญ่ (lemma) และ กลีบหุ้มขนาดเล็ก (palea) เมื่อติดเมล็ดแล้ว กลีบดอกทั้งสองจะเปลี่ยนเป็นเปลือกหุ้มเมล็ด ข้าวบาร์เลย์ชนิดหกแถว จะติดเมล็ดประมาณ 25 - 60 เมล็ดต่อรวง และชนิดสองแถว จะติดเมล็ดประมาณ 15 - 30 เมล็ดต่อรวง

ผลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญและการพัฒนาการของข้าวบาร์เลย์

สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในประเทศไทยค่อนข้างต่ำ พื้นที่ดินที่ใช้ปลูกข้าวบาร์เลย์โดยทั่วไปเป็นดินนาในเขตชลประทานซึ่งเมื่อปลูกข้าวติดต่อกันหลายปีจะทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมถึงธาตุไนโตรเจนลดต่ำลง (เกษมศรีและคณะ, 2526) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ธาตุไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนของพืชสามารถนำมาใช้สำหรับเพื่อเพิ่มผลผลิตเมล็ดสูงสุดได้ (Deckard et al., 1984) ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวบาร์เลย์ได้ แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้คุณภาพในการทำข้าวมอลท์ลดลง (Ba, 1993)

จากรายงานของ Mehtu และ Shekhawat (1972) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 5.38 และ 10.78 กก.N / ไร่ สามารถทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้น 32 เปอร์เซ็นต์ ถึง 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วลัยพรและสถิตย์ (2534) ก็พบว่า ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์จะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในลักษณะสมการ quadratic $y = 106 + 15.197x - 0.289x^2$ และพบว่าที่ความหนาแน่นต้น 300 ต้น/ตารางเมตร และระดับปุ๋ยไนโตรเจน 25 กก.N/ไร่ ข้าวบาร์เลย์จะให้ผลผลิตสูงสุด Zubriski et al., (1970) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 3.6 , 7.1 และ 10.8 กก.N /ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตเมล็ดได้ 40.45 , 65.6 และ 85.44 กิโลกรัม / ไร่ และมีปริมาณโปรตีนในเมล็ด 12.8 , 13.1 และ 13.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนให้กับข้าวบาร์เลย์จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก Lauer and Partriadge (1990) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนให้กับข้าวบาร์เลย์ จาก 0 เป็น 32.3 กก. N /ไร่ จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น จาก 544 กิโลกรัม / ไร่ เป็น 784 กิโลกรัม / ไร่ ความหนาแน่นของรวงเพิ่มขึ้น 39 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น 63 เปอร์เซ็นต์ และการที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นนั้น เนื่องมาจากมีองค์ประกอบผลผลิตเพิ่มขึ้น คือมีจำนวนหน่อที่ไม่เป็นหมันมากขึ้น และมีขนาดเมล็ดเพิ่มขึ้น (Dwivedi et al., 1989)

ปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนในเมล็ดด้วย ข้าวบาร์เลย์ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำสุด จะมีปริมาณโปรตีนในเมล็ด 12.1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 16 กก.N /ไร่ ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเป็น 14.4 เปอร์เซ็นต์ (มานัส , 2539) Smika and Greb (1973) ได้รายงานว่า ปริมาณ ไนเตรต (NO_3) และ N ในดิน ที่ระยะปรากฏใบแรกของข้าวสาลี สามารถใช้ทำนายเปอร์เซ็นต์โปรตีน ในเมล็ดข้าวสาลีชนิด winter type ได้

หลักการเบื้องต้นของแบบจำลอง

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop Model) เป็นแบบจำลองที่เป็น mechanistic model ที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างระบบต่างๆภายในต้นพืช การสร้างแบบจำลอง จำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบของสิ่งที่จะนำมา สร้างแบบจำลองและสามารถที่จะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบนั้นๆเป็นความสัมพันธ์เชิงปริมาณ (quantitative) ได้ (ศักดิ์ดา, 1993) Penning (1982) ได้เสนอคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิจัยนี้อยู่ ได้แก่ ระบบ (system) แบบจำลอง (model) และ การจำลองระบบ (simulation)

ระบบ (system) คือสิ่งต่างๆที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสลับซับซ้อนภายใต้ขอบเขตที่กำหนด (Dent and Blackie, 1979) และทำงานร่วมกันเพื่อจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่ง (Robert et al., 1983) ภายใต้กฎเกณฑ์เดียวกัน และเป็นอิสระต่อกัน (Gordon, 1969)

แบบจำลอง (model) เป็นสิ่งที่ลอกเลียนแบบ หรือเป็นตัวแทนระบบใดระบบหนึ่ง เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะให้ผู้ศึกษาได้เข้าใจและเรียนรู้ถึงภาพรวมของระบบได้ง่าย แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเป็นแบบจำลองเชิงปริมาณ (quantitative model) ที่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของระบบในอนาคตได้โดยสามารถแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน และแบบจำลองเชิงปริมาณที่สามารถบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในระบบ ในทางกายภาพ และชีวภาพได้ เรียกว่า mechanistic model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถแสดงถึงกลไกของระบบและสามารถวิเคราะห์ถึงเหตุและผลที่เกิดขึ้นในระบบได้

การจำลองระบบ (simulation) คือการใช้แบบจำลอง (model) ในการลอกเลียนแบบระบบ ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ในการที่จะศึกษาหรือทำนายการเปลี่ยนแปลงของระบบ เมื่อมีผลกระทบมาจากปัจจัยภายนอก (exogenous variables) แบบจำลองในปัจจุบันอยู่ในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร วิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมวิทยา และด้านเศรษฐศาสตร์ (Jongkaewwattana, 1995) แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปเป็นแบบจำลอง mechanistic model ซึ่งสามารถที่จะศึกษาการตอบสนองของระบบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่างๆได้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบบ modeling

การดำเนินงานวิธีวิจัยแบบ modeling เป็นกระบวนการที่แบ่งออกเป็นหกส่วน ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนที่ 5 เป็นกระบวนการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองของระบบที่ศึกษา และขั้นตอนที่ 6 เป็นกระบวนการใช้แบบจำลองในการจัดการทรัพยากรในระบบจริง ดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 1 ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดย่อยดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ (define the objective and the system) และปัญหาที่จะทำการศึกษาว่า มีโอกาสแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองหรือไม่ โดยการกำหนดขอบเขตของเรื่องที่ทำ เพื่อเป็นการช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และขั้นตอนนี้ใช้เป็นแนวทางเพื่อ 1) ประมวลความหมายหรือผลการทดลองโดยใช้แบบจำลอง 2) ใช้แบบจำลองในการกำหนดทิศทางในการวิจัยของหน่วยงาน 3) ใช้แบบจำลองในการสนับสนุนการตัดสินใจจัดสรรทรัพยากรการผลิต

2. ศึกษารวบรวมข้อมูลที่ผ่านมาและวิเคราห์ข้อมูลที่มีอยู่ (collecting and analysis of data) การศึกษาหาข้อมูลนอกจากจะเป็นการกำหนดความต้องการของข้อมูล และความสามารถของแบบจำลองแล้ว ยังช่วยให้เกิดแนวคิดในการสร้างแบบจำลองขึ้นมาให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

3. สร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ จากข้อมูลที่ได้ (model construction) การพัฒนาแบบจำลองต้องคำนึงถึงโครงสร้างของแบบจำลอง ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ (FORTRAN, Basic , Pascal, Dynamo, ACSL) ปริมาณข้อมูลที่ต้องการใช้งาน ความแม่นยำในการใช้งาน และความสะดวกในการใช้งาน การสร้างแบบจำลองขึ้นมา จะอาศัยฟังก์ชั่นและสมการทางคณิตศาสตร์มาอธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่ใช้ในแบบจำลอง

4. การทดสอบแบบจำลอง (model validation) เป็นขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา ว่าสามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นกับระบบจริงเพียงใด แบบจำลองต้องการจำลองสิ่งที่เกิดขึ้นกับระบบจริง ซึ่งในการจำลองจำเป็นต้องมีการปรับค่า (calibration) พารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้ผลลัพธ์ ที่ได้ ใกล้เคียงกับค่าจริง แล้วนำค่าจากการจำลอง (simulated values) และค่าจากการสังเกตจากระบบ (observed values) มาประเมินความแม่นยำ (verify)

5. ทดสอบความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลอง (sensitivity analysis) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของตัวแปรในแบบจำลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆในระบบ ตัวแปรที่มีความอ่อนไหวมากจะเป็นจุดที่จะสามารถจัดการได้มาก เพื่อประสิทธิภาพในการกำหนดปัจจัยต่างๆให้เหมาะสม และช่วยกำหนดทิศทางวิจัย

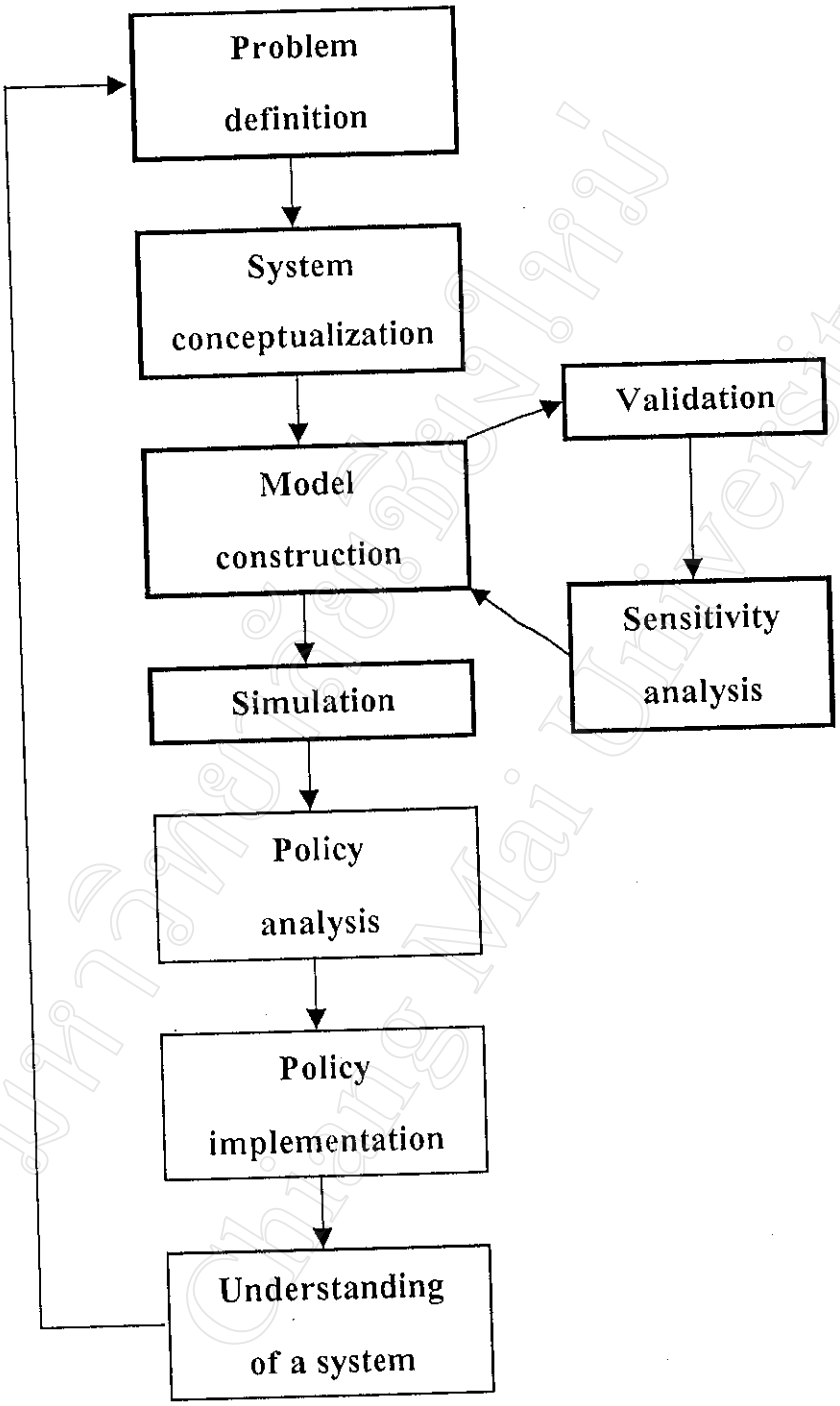
6. เป็นการใช้ประโยชน์จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น (application of the model) เมื่อแบบจำลองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ภายในระบบได้ใกล้เคียงแล้ว แบบจำลองสามารถนำมาใช้งานในการคาดการณ์ระดับการผลิต เมื่อผู้ผลิตปรับเปลี่ยนปัจจัยการผลิตต่างๆ ในขั้นตอนนี้ จะทำให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้งถึงกระบวนการของระบบที่ทำการจำลองขึ้นมา ซึ่งงานวิจัยโดยใช้แนวทางนี้ส่วนใหญ่ มีการเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาในระหว่างขั้นตอนแรก ถึงขั้นตอนสุดท้าย

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop Model)

เป็นเวลากว่า 20 ปีแล้วที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ที่สามารถใช้ทำนายผลของปัจจัยทางด้าน ดิน ภูมิอากาศ และการจัดการต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช โดยมีเป้าหมายหลักอยู่ สองข้อคือ 1) เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้น ในเรื่องกระบวนการทางธรรมชาติและการจัดการต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช และ 2) เพื่อเป็นการพัฒนาแบบจำลองให้มีความสามารถที่จะนำมาใช้ในการจัดการในระบบการปลูกพืชได้ (Jones et al., 1989) Jintrawet et al. (1990) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ระบบโดยใช้แบบจำลองการผลิตพืช สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินวิธีปฏิบัติการต่างๆ ในระบบการผลิตทางการเกษตร หรือสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการศึกษาผลของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป (Ritchie et al., 1989)

ปัจจุบัน แบบจำลองการผลิตพืช ที่ได้รับเข้าบรรจุอยู่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการเกษตร (DSSAT 3.0) มี อยู่ถึง 15 พืช (Tsuji et al., 1994) โดยสามารถแบ่งกลุ่มเป็น พืชอาหาร พืชตระกูลถั่ว พืชหัว และพืชอื่นๆ เช่น อ้อย และทานตะวัน แบบจำลองประเภท CERES (Crop Environment Resource Synthesis) เป็นแบบจำลองการเจริญของพืชอาหาร หรือ ธัญพืช ซึ่งแบบจำลองข้าวบาร์เลย์ (CERES – Barley) จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับแบบจำลอง CERES (Otter-Nacke et al., 1991)

แบบจำลองข้าวสาลี CERES-Wheat เป็นแบบจำลองที่อยู่ในกลุ่มของ CERES ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Ritchie and Otter (1984) โดยใช้ข้อมูลอากาศในรอบ 59 ปีที่ผ่านมาเป็นตัวทดสอบ ต่อมาในปี 1996 Leary and Connor (1996) ได้ทำการทดสอบ แบบจำลองข้าวสาลี ภายใต้สภาพการเตรียมดินแบบ ไถพรวน และไม่ไถพรวน โดยทำการทดลอง ทางตอนเหนือของเมือง วิคตอเรีย



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบบ modeling (ดัดแปลงจาก Richardson and Pugh, 1981)

ประเทศ ออสเตรเลีย เพื่อวัดปริมาณน้ำในดิน และปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ดูดเข้าไปในต้น ซึ่งผลจากการจำลอง พบว่าแบบจำลอง จำลองสภาพปริมาณน้ำในดินในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตข้าวสาลี ได้ต่ำกว่าสภาพจริง (under estimation) แต่สามารถทำนายผลได้แม่นยำกว่า การทำนายปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน (Total soil mineral nitrogen) และสามารถทำนาย ขนาดของเมล็ด ได้ถูกต้อง แม่นยำ มากกว่าการทำนาย เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด

แบบจำลองข้าวโพด CERES-Maize (Jones and Kiniry, 1986) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับแบบจำลอง CERES ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (United States Development of Agriculture. USDA) และ หน่วยงานวิจัยทางการเกษตร (Agriculture Research Service. ARS) อ้างโดย Xingming (1995) ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำ และการจัดการด้านปุ๋ยไนโตรเจน โดยใช้แบบจำลอง CERES-Maize ของ Pang and Letey (1997) โดยทดลองในสภาพพื้นที่กึ่งแห้งแล้ง ที่เมือง Tulare รัฐ California พบว่าผลจากการจำลอง ผลผลิตเมล็ดจะเพิ่มขึ้น เมื่อปลูกเข้าใกล้เขตที่ราบสูง และผลผลิตจะลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำให้ ภายใต้วิธีการให้น้ำเหมือนกัน และเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนโดยการแบ่งใส่ พบว่าการจำลองธาตุไนโตรเจนที่สูญหายไปจากดิน จะไม่เปลี่ยนแปลง

แบบจำลองข้าว CERES-Rice เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนามาจากโมเดลของแบบจำลองข้าวโพด CERES-Maize (Jones and Kiniry, 1986) และ โมเดลของแบบจำลองข้าวสาลี CERES-Wheat (Otter-Nacke., 1986) โดยความร่วมมือจาก มหาวิทยาลัย Michigan State และมหาวิทยาลัย Hawaii แบบจำลองสามารถที่จะจำลองการเจริญเติบโต และการพัฒนาการ ตลอดจนถึงการให้ผลผลิต ของข้าวพันธุ์ต่างๆ ภายใต้สภาพภูมิอากาศและการจัดการที่เหมาะสม แบบจำลองนี้ได้บรรจุเอา ส่วนย่อยของ แบบจำลองไนโตรเจน เอาไว้ในแบบจำลอง CERES-Rice ด้วย (Godwin and Singh , 1989) ซึ่งทำให้แบบจำลองสามารถที่จะทำนาย กระบวนการเกี่ยวกับวัฏจักรไนโตรเจน nitrification และ denitrification ตลอดจนถึงผลของ nitrogen stress ต่อ กระบวนการสังเคราะห์แสง การพัฒนาพื้นที่ใบ การแตกกอ การสุกแก่ และกระบวนการถ่ายเทสารอาหาร ในช่วงสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Jintrawet et al., 1990) จากการศึกษาการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว เพื่อใช้ในในแบบจำลอง CERES-Rice ของ Mankeb (1993) โดยทำการทดลองที่สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า การทำนายของแบบจำลองสามารถทำนายระยะพัฒนาการ (Phenology) ได้ใกล้เคียงกับค่าที่

วัดได้ แต่การทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิต ยังไม่สอดคล้องกับค่าจริง ที่วัดได้จากแปลงทดลอง

แบบจำลองการเจริญเติบโตข้าวบาร์เลย์ (CERES-Barley)

แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวบาร์เลย์ CERES-Barley (Otter-Nacke et al., 1991) จัดอยู่ในกลุ่มของแบบจำลอง CERES เช่นเดียวกับ แบบจำลองข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และมิลเลท ซึ่งได้รับการบรรจุอยู่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer DSSAT 3.0) ปัจจุบัน ได้รับการพัฒนาเป็นเวอร์ชั่น DSSAT 3.5 แบบจำลอง CERES-Barley ประกอบไปด้วยระบบหลักๆ คือ ระบบการพัฒนาและการสะสมน้ำหนักของ ใบ ต้น เมล็ด และราก ระบบสมดุลของน้ำ (Water Balance) และการใช้น้ำของพืช รวมทั้งระบบการส่งถ่ายธาตุไนโตรเจนในดินและในต้นพืช (ศักดิ์ดาและคณะ, 2540) ในการทำงานของแบบจำลองข้าวบาร์เลย์ จะต้องการข้อมูลที่ใช้สำหรับการทำนายของแบบจำลอง ซึ่ง แบ่งเป็นฐานข้อมูลทางอากาศ ดิน การจัดการ (Jones et al., 1989) และพันธุกรรม (Hunt et al., 1989)

1. ข้อมูลอากาศ แบบจำลองต้องการข้อมูลอากาศรายวันตามมาตรฐานของ minimum data set ตามแบบฟอร์ม C-1 (ภาพผนวกที่ 2) ซึ่งประกอบไปด้วยค่า อุณหภูมิ ต่ำสุด-สูงสุด (°C)ในแต่ละวัน ค่าปริมาณน้ำฝน (mm.) และค่าปริมาณแสง (MJ/m^2) ทั้งนี้ในข้อมูลอากาศจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับ ค่าละติจูด ลองติจูด รวมถึงสถานที่ทำการทดลอง ข้อมูลด้านภูมิอากาศจะถูกเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลอากาศเป็นรายปี โดยเก็บอยู่ในรูปไฟล์ (*.WTH)

2. ข้อมูลดิน ภายในโปรแกรม DSSAT3.0 จะบรรจุฐานข้อมูลสำหรับชุดดินชนิดต่างๆเอาไว้โดยเก็บอยู่ในรูปไฟล์ (*. Sol) ภายในฐานข้อมูลดินแต่ละชุด ก็จะประกอบไปด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับชั้นดิน ความลาดเอียงของพื้นที่ สีดิน ความสามารถในการกักเก็บน้ำ ชนิดของดิน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของธาตุ ไนโตรเจน ฟอตฟอรัส โพแทสเซียม และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

3. ข้อมูลด้านการจัดการ ข้อมูลเกี่ยวกับการทำการทดลองทั้งหมดจะบรรจุอยู่ในรูปแบบของไฟล์ข้อมูล (*.EXP) ซึ่งได้แก่ วันปลูก จำนวนประชากร ระยะปลูก พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ ปุ๋ย การให้น้ำ วิธีการใส่ปุ๋ย วิธีการให้น้ำ ซึ่งในข้อมูลด้านการจัดการ จะกำหนดภูมิอากาศ ดิน และ พันธุ์ ไว้ในไฟล์นี้ โดยจะสามารถเชื่อมโยงจากฐานข้อมูลทาง ภูมิอากาศ ดิน และ สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

3. ข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Genetic coefficients) ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ IBON#108 และบรบ.9 แสดงให้เห็นดังตารางภาคผนวกที่ 7 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมจะแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ สัมประสิทธิ์ทางพัฒนาการ ได้แก่ P1V , P1D

และ P5 และ สัมประสิทธิ์ทางการเจริญเติบโต ได้แก่ G1 , G2 และ G3 ส่วนค่า PHINT เป็นอัตราการปรากฏของใบ (ตารางที่1)

เมื่อเตรียมฐานข้อมูลทั้ง 4 ด้านครบและถูกต้องแล้ว แบบจำลองจะนำข้อมูลเหล่านี้ (Input File) มาทำการคำนวณองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย สมดุลของน้ำในดิน คำนวณอุณหภูมิอากาศ คำนวณระยะพัฒนาการ และคำนวณผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ จากนั้น แบบจำลองจะทำการประมวลผลแล้วทำนายผลลัพธ์ออกมาอยู่ในรูปของ Output File ในรูปแบบต่างๆ ดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 2

อย่างไรก็ตามการประมวลผลของแบบจำลองออกมาในรูปผลลัพธ์ จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จริงจากการทดลอง (Curry and Feldman , 1987) การทดสอบทางสถิติเชิงคุณภาพ Dent and Blackie (1979) ได้แนะนำ ให้ใช้ t-test สำหรับการทดสอบว่า ค่าจากการทำนายและ ค่าจากการสังเกต แตกต่างไปจาก ศูนย์ มากน้อยเพียงใด แต่ Willmolt (1982) แนะนำให้ใช้ค่า Bias และ ค่า Root mean square error (RMSE) ซึ่งจะเป็นการทดสอบที่เหมาะสม สำหรับการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองมากกว่า (KaZuhiko and Moin , 2000) โดยมีสูตรคำนวณคือ

$$Bias = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Si - Oi)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Si - Oi)^2}$$

กำหนดให้ Si = ค่าจากการทำนาย Oi = ค่าจากการสังเกต n = จำนวนประชากรที่สังเกต

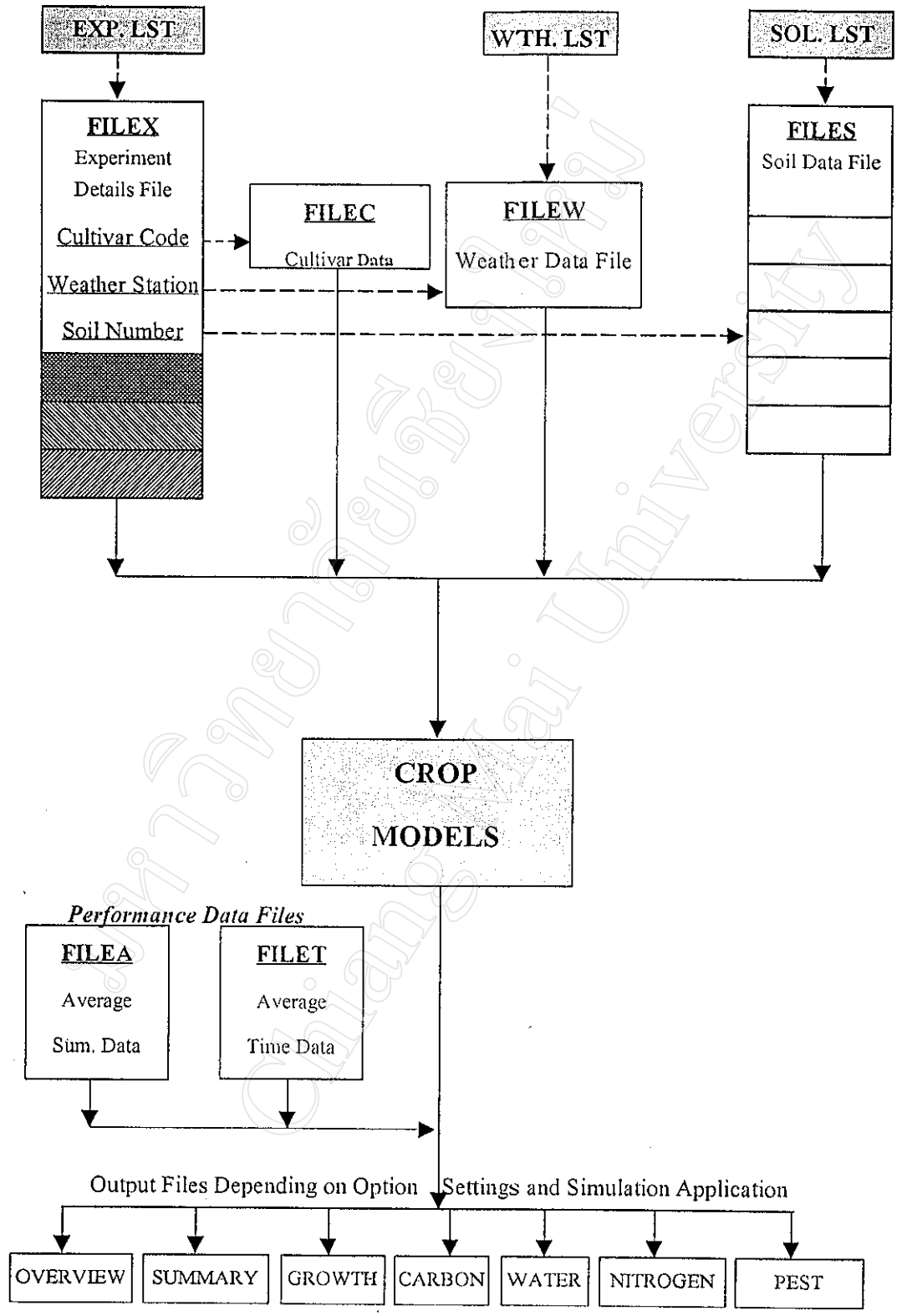
แบบจำลองที่ได้ทำการทดสอบหลายๆครั้งแล้วสามารถนำมาใช้เพื่อช่วยในกระบวนการตัดสินใจเพื่อทำการเกษตรได้อย่างมั่นใจ เนื่องจากแบบจำลองเมื่อได้รับการทดสอบหลายๆครั้งจะทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่คงที่ขึ้นและสามารถเชื่อถือได้ กระบวนการวิจัยแบบ modeling สามารถช่วยให้ 1) กำหนดหรือเลือกสภาพแวดล้อมและวิธีการที่เหมาะสม ในกระบวนการผลิตพืช หรือสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีต้นทุนต่ำสุดแต่มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบในหลายๆพื้นที่ 2) กำหนดวิธีการแบบรวมเพื่อจัดสรรทรัพยากร

ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ในระบบการผลิตพืชขั้นพื้นฐาน และ3)สามารถกำหนดลักษณะพืชในอุดมคติ (ideotype) สำหรับช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์ พัฒนาการคัดเลือกสายพันธุ์พืชใหม่ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (Mutsaers and Zaoqian, 1999)

แบบจำลองข้าวบาร์เลย์ได้ถูกทำการทดลองปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมเพื่อใช้ทดสอบในสภาพวันปลูก พันธุ์ ปุ๋ย ดิน และภูมิอากาศที่แตกต่างกันในประเทศอาเจนตินา พบว่าแบบจำลองมีความเชื่อมั่นในการทำนายผลผลิตเมล็ดภายใต้สภาพวันปลูกปกติ (Travasso and Magrin, 1998) จากการทดสอบแบบจำลอง CERES-Barley ของศักดิ์ดาและคณะ(2540) ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า การประเมินผลของแบบจำลองในด้าน วันออกดอก วันสุกแก่ น้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวง และผลผลิต ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

ตารางที่ 1 ความหมายของสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมข้าวบาร์เลย์ (Hoogenboom et al., 1994)

สัมประสิทธิ์	คำจำกัดความ
P1V	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับการได้รับอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาการหลังการงอกของข้าวบาร์เลย์
P1D	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับการชลอการพัฒนาการเมื่อพืชได้รับช่วงแสงที่สั้นกว่าช่วงแสงที่เหมาะสม
P5	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับค่าองศาความร้อนสะสมระหว่างระยะ Grain filling จนถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยา (GDD. °C)
G1	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับจำนวนเมล็ดต่อน้ำหนักแห้งต้น (ไม่รวมใบและกาบใบ) และรวง ที่ระยะผสมเกสร (1/g)
G2	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการสะสมน้ำหนักเมล็ด 1 เมล็ด สูงสุดที่เจริญภายใต้สภาพไม่มีข้อจำกัด
G3	สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับการยืดตัวของต้นซึ่งคิดจากน้ำหนักต้นที่ให้รวง (ไม่รวมใบและกาบใบ) ที่ระยะสิ้นสุดการเจริญ (g)
PHINT	อัตราการปรากฏของใบ 1 ใบ มีหน่วยเป็นองศาความร้อนสะสม (GDD. °C)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของแบบจำลอง CERES-Barley (ดัดแปลงจาก Jones et al., 1994)