บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของวันปลูกที่มีต่อข้าวในด้านการพัฒนาการ

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของวันปลูกที่มีต่อการพัฒนาการของข้าว พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีแนวโน้มของจำนวนวันที่ใช้ในการพัฒนาการในระยะออกรวง และสุกแก่ลดลง ตามวันปลูกที่ล่าออกไปจากวันปลูกที่ 15 มิถุนายน แต่ในข้าวพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 มีอายุในระยะออกดอก และสุกแก่ ใกล้เคียงกันทั้ง 4 วันปลูก ทั้งนี้เนื่องมาจากพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด เป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod-sensitive variety) ระยะเวลาที่ข้าวได้รับแสงในแต่ละวัน หรือความยาวของเวลากลางวัน มีส่วนสำคัญในการกระตุ้นให้ข้าวเข้าสู่ระยะกำเนิดรวง (panicle initiation) จากการสังเกตพบว่าทั้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ดจะเข้าสู่ระยะกำเนิดรวงในช่วงเดือนกันยายน ไม่ว่าจะปลูกในช่วงเดือนไหนก็ตาม ยกเว้นข้าวที่ปลูกในเดือนกันยายนข้าวจะเข้าสู่ระยะกำเนิดรวงเดือนตุลาคม ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต้องการช่วงแสง 11 ชั่วโมง 52 นาที เพื่อกระตุ้นในการกำเนิดรวง (อัมมาร และวิโรจน์, 2533) ข้าวเป็นพืชวันสั้นการออกดอกขึ้นอยู่กับวันที่มีวันสั้นเหมาะสม ถ้าฤดูปลูกมีวันที่ยาวกว่า critical daylength การออกดอกจะล่าช้าออกไป หรืออาจไม่ออกดอกเลย ถ้ามีวันยาวมาก (เฉลิมพล, 2542) จำรัส (2534) ได้อธิบายถึงการเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวที่มีความสัมพันธ์กับช่วงแสงว่าพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงเมื่อเจริญเติบโตจนถึงระยะแตกกอสูงสุดแล้วยังไม่สามารถให้กำเนิดช่อดอกได้ หากช่วงแสงของวันไม่สั้นพอ ดังนั้น ข้าวจะรอจนถึงเวลาที่มีช่วงแสงของวันสั้นที่กระตุ้นให้ก่อกำเนิดช่อดอก Vergara and Chang (1985) กล่าวว่า ความแตกต่างของช่วงแสงที่ข้าวได้รับในแต่ละฤดูปลูกขึ้นอยู่กับละติจูดของพื้นที่ที่ทำการปลูกข้าว และในละติจูดเดียวกันช่วงแสงที่ข้าวได้รับจะแตกต่างกันเนื่องจากวันปลูกที่ต่างกัน (planting date) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของจิรวัฒน์ (2544) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของภูมิอากาศและพันธุกรรมที่มีต่อข้าว ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการปลูกข้าว 12 วันปลูก แต่ละวันปลูกห่างกัน 1 เดือน พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ข้าวไวแสง) มีจำนวนวันหลังปักดำในระยะออกดอกอยู่ในช่วง 62 - 238 วันหลังปักดำ และในระยะสุกแก่มีอายุอยู่ระหว่าง 94 - 269 วันหลังปักดำ ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 1 (ข้าวไม่ไวแสง) มีจำนวนวันหลังปักดำในระยะออกดอกอยู่ในช่วง 64 - 95 วันหลังปักดำ ส่วนระยะสุกแก่มีอายุอยู่ระหว่าง 94 - 127 วันหลังปักดำ ซึ่งสังเกตได้ว่ามีจำนวนวันหลังปักดำทั้งสองระยะอยู่ในช่วงที่แคบ

ผลของวันปลูกที่มีต่อข้าวในด้านการเจริญเติบโต

จากการสังเกตความสูงของข้าวในระยะสุกแก่ พบว่าความสูงของข้าวมีแนวโน้มลดลง เมื่อปลูกล่าออกไปจากวันปลูกแรก (วันที่ 15 มิถุนายน) ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากมีจำนวนวันในแต่ละระยะมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับการรายงานของ Tanisaka (1997) ที่อธิบายว่า วันออกรวงมีผลต่อจำนวนข้อและความยาวของปล้องข้าว โดยวันออกรวงที่ล่าช้าออกไปจะส่งผลทำให้การยืดตัวของปล้องเพิ่มขึ้น ทำให้ข้าวมีความสูงมากขึ้น อีกทั้งการปลูกล่าช้าจากวันปลูกแรกข้าวจะได้รับอุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูหนาว ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Yoshida (1981) ที่กล่าวว่า อุณหภูมิต่ำทำให้ต้นข้าวแคระแกรน และความสูงของข้าวจะลดลง Morishima (1984) กล่าวว่า การที่ความสูงของข้าวลดลงเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำ มีสาเหตุเนื่องมาจากอัตราการยืดตัวของปล้องลดลง

ด้านการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าว พบว่าข้าวพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง น้ำหนักแห้งสูงสุด และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นและใบ มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 วันปลูก ซึ่งแตกต่างจาก ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด เป็นพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อช่วงแสง ที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุด และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นและใบ ลดลงตามลำดับจากวันปลูกแรกที่ 15 มิถุนายน ซึ่งสัมพันธ์กับผลการสังเกตระยะพัฒนาการที่มีจำนวนวันลดลงเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าถ้าข้าวมีจำนวนวันที่ใช้ในการพัฒนาการมากขึ้น ทำให้ข้าวสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน และเก็บเกี่ยวพลังงานแสง มาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต และสะสมน้ำหนักแห้งได้อย่างเต็มที่ จึงมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าข้าวที่มีจำนวนวันที่ใช้ในการพัฒนาการน้อย เฉลิมพล (2542) กล่าวว่าการสะสมน้ำหนักแห้งเป็นผลผลัพธ์ที่เกิดจากผลคูณของอัตราการเจริญเติบโต กับอายุการเจริญเติบโต โดยทั่วไปพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงย่อมมีน้ำหนักแห้งสูงตามไปด้วยแต่ทั้งนี้ก็จะต้องขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืชนั้นด้วย อีกทั้งการปลูกข้าวล่าช้าจากวันปลูกแรกทำให้ในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูหนาว ซึ่ง Yoshida (1981) กล่าวว่า ถ้าข้าวได้รับอุณหภูมิต่ำจะทำให้ต้นข้าวแคระแกรน มีการเจริญเติบโตและสะสมน้ำหนักแห้งน้อย และจากการทดลองของ จิรวัฒน์ (2544) ที่พบว่า ข้าวพันธุ์ไวแสงที่ปลูกในเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน จะมีการสะสมน้ำหนักแห้งและจำนวนวันที่ใช้ในการพัฒนาการลดลงตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงจนไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง น้ำหนักแห้งและจำนวนวันในการพัฒนาการมีค่าใกล้เคียงกันในทุกวันปลูก เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำหนักแห้งรวงของข้าว ในแต่ละวันปลูก พบว่าให้ผลแตกต่างจากการสะสมน้ำหนักแห้งของต้น และใบ โดยในวันปลูกที่สอง (วันที่ 15 กรกฎาคม) ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด แทนที่จะเป็นในวันปลูกแรก เนื่องจากการปลูกข้าวในวันปลูกแรก (วันที่ 15 มิถุนายน) ข้าวมีความสูงเฉลี่ยสูงกว่าในวันปลูกอื่น จากการสังเกตพบต้นข้าวมีการหักล้ม จำนวนมากในระยะการ

สะสมน้ำหนักเมล็ด และสอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ที่พบว่ามีค่าสูงที่สุดในวันปลูกแรกนี้

จากผลการทดลองในด้านผลผลิต พบว่าพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 มีผลผลิตเฉลี่ยทั้งสี่วันปลูกเท่ากับ 658 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่มีผลผลิตเท่ากับ 542 และ 507 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 เป็นพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะต้นเตี้ย จึงไม่เกิดการหักล้ม เหมือนกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่เป็นพันธุ์พื้นเมือง มีลักษณะต้นสูง มักจะหักล้มได้ง่าย ซึ่งปัญหาการหักล้มนี้เป็นปัญหาสำคัญ ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต (Tanisaka, 1997) อีกทั้งจากการสังเกตองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 มีจำนวนรวงต่อพื้นที่ และน้ำหนัก 1000 เมล็ดเฉลี่ยทั้งสี่วันปลูกสูง จึงทำให้มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อผลผลิต พบว่าข้าวที่ปลูกในวันที่ 15 กรกฎาคม ให้ผลผลิตสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับวันปลูกที่ 15 สิงหาคม และวันปลูกที่ 15 มิถุนายน แต่เมื่อปลูกข้าวในวันปลูกที่ 15 กันยายน ข้าวจะให้ผลผลิตต่ำสุด ซึ่งมีสาเหตุมาจาก ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดเป็นพันธุ์ข้าวไวแสง เมื่อปลูกล่าช้ากว่าวันปลูกที่เหมาะสมจะทำให้ข้าวมีระยะเวลาการเจริญทางลำต้นและใบสั้น ทำให้อาหารไปสะสมในเมล็ดไม่เพียงพอ อีกทั้งวันปลูกดังกล่าวข้าวจะเข้าสู่ระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ดในช่วงฤดูหนาว ที่มีอุณหภูมิต่ำ อาจจะส่งผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักเมล็ดข้าว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่มีค่าสูงถึง 30.2 % สอดคล้องกับการรายงานของ Nishiyama (1984) ที่กล่าวว่า อุณหภูมิต่ำจะไปมีผลต่อการผสมเกสรของข้าว โดยจะไปมีผลต่อการแบ่งเซลล์ของละอองเรณู และลดการผสมของเกสร Yoshida (1981) กล่าวว่า อุณหภูมิที่ลดต่ำลงเหลือ 15-20 ^{o}C จะมีผลทำให้การแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์ลดลงในระยะ microspore ส่วนระยะที่อ่อนไหวต่ออุณหภูมิต่ำมากที่สุดจะอยู่ระหว่าง 7-14 วันก่อนระยะผสมเกสร แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวด้วย ในเรื่องดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าว พบว่า พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ดัชนีเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันปลูกแรก Yoshida (1981) และ เฉลิมพล (2542) กล่าวว่า อายุการเจริญทางลำต้นและใบ และความสูงของพืชมีความสัมพันธ์ทางลบกับดัชนีเก็บเกี่ยว กล่าวคือ ดัชนีเก็บเกี่ยวจะลดลงเมื่อมีอายุการเจริญเติบโตและความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตระยะพัฒนาการของข้าวและการเก็บข้อมูลความสูงที่มีค่าสูงสุดในวันปลูกแรก (วันปลูกที่ 15 มิถุนายน) และลดลงตามลำดับจนถึงวันปลูกสุดท้าย (วันปลูกที่ 15 กันยายน)

ผลการทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice

จากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากสังเกตในแปลงทดลอง (observe data) กับค่าที่ได้จากการจำลองของแบบจำลอง CERES-Rice (simulate data) ในการจำลองระยะพัฒนาการของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ในระยะออกรวง และระยะสุกแก่ พบว่าแบบจำลองสามารถแสดงผลของอิทธิพลของวันปลูกได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับค่าสังเกตจากงานทดลอง โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด เมื่อปลูกล่าช้าจากวันปลูกที่ 15 มิถุนายน (วันปลูกแรก) วันออกดอกและวันสุกแก่มีแนวโน้มลดลงตามวันปลูก ส่วนเมื่อปลูกข้าวพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 ทั้งสี่วันปลูก พบว่า วันออกดอก และวันสุกแก่มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสี่วันปลูก Panya (1993) ได้นำแบบจำลอง CERES-Rice ประเมินระยะการพัฒนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 กข.7 และเหนียวสันป่าตอง ที่ปลูกแตกต่างกัน 5 วันปลูก พบว่าผลการจำลองวันออกดอกและวันสุกแก่มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตในทุกวันปลูกเช่นเดียวกัน Fehr *et al.*(1971) กล่าวว่าพืชที่มีอายุการเจริญเติบโตเท่ากันอาจมีมีพัฒนาการที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อมีการปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน แต่การเจริญเติบโตและพัฒนาการจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสะสม (GDD) ที่ได้รับจำนวนหนึ่งที่แน่นอน แบบจำลอง CERES-Rice ได้อาศัยหลักการของอุณหภูมิสะสมนี้มาใช้ในการจำลองจำนวนวันในการพัฒนาการ โดยกำหนดให้ระยะเวลาตั้งแต่เมล็ดงอกจนสิ้นสุดระยะแตกกอ และระยะออกดอกจนสิ้นสุดระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ด ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสะสม โดยมี base temperature เท่ากับ 9 $^{\circ}$C (Singh *et al.*,1988) อีกทั้ง ในการกำเนิดรวงของข้าวในพันธุ์ที่ไวแสง ต้องการวันสั้นช่วงระยะหนึ่งเพื่อกระตุ้นให้กำเนิดรวง (Vergara and Chang, 1985) ซึ่งแบบจำลอง CERES-Rice ได้กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์ความไวแสงและสัมประสิทธิ์ความยาววันวิกฤตที่ทำให้พืชออกดอก มีความสัมพันธ์กับความยาววัน และกำหนดอัตราเร็วของการกำเนิดช่อดอก (จิรวัฒน์, 2544)

การเปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน พบว่าการจำลองการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของใบ ต้น และรวง แบบจำลองประเมินค่าได้ต่ำกว่าค่าสังเกตในทุกวันปลูกโดยเฉพาะในวันปลูกแรก (วันที่ 15 มิถุนายน) แบบจำลองจำลองค่าได้แตกต่างจากค่าสังเกตมากที่สุด รองลงมาได้แก่วันปลูกที่ 15 กรกฎาคม วันปลูกที่ 15 สิงหาคม และวันปลูกที่ 15 กันยายน ตามลำดับ แต่แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลที่ได้จากแปลงปลูก Jongkaewwattana *et al.* (1993) อ้างโดย จิรวัฒน์ (2544) ได้กล่าวถึงความคลาดเคลื่อนจากการจำลองของแบบจำลอง CERES-Rice ว่าเป็นไปได้ว่าเกิดจากความคลาดเคลื่อนของการคำนวณการสะสมน้ำหนักของใบหรือต้นของแบบจำลอง หรือจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลนำเข้าที่มีส่วนสัมพันธ์กับกับอัตราการสะสมน้ำหนักใบหรือต้น ซึ่งแสดงให้เห็นข้อจำกัดของการ

จำลองอย่างหนึ่งที่สามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมการเจริญเติบโตที่ยึดหลักเฉพาะค่าผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต แต่ไม่สามารถปรับค่าสะสมน้ำหนักทั้งต้นหรือเฉพาะส่วนต้นหรือใบได้ Singh *et al.* (1988) กล่าวว่า ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตในแบบจำลอง CERES-Rice ประกอบไปด้วย 4 ค่าได้แก่จำนวนช่อดอกย่อย (spikelet) สูงสุดต่อต้น น้ำหนักเมล็ด 1 เมล็ด ค่าสัมประสิทธิ์การแตกกอ และสัมประสิทธิ์การทนทานต่ออุณหภูมิ ซึ่งสังเกตได้ว่าไม่มีค่าสัมประสิทธิ์ค่าใดที่ใช้อธิบายการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าว และจากการจำลองการสะสมน้ำหนักในส่วนของใบ ต้น และรวง มีค่าต่ำกว่าค่าสังเกตจากแปลงปลูก จึงทำให้น้ำหนักแห้งรวมของข้าวมีค่าต่ำกว่าค่าสังเกตจากแปลงปลูกเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานทดลองของ ปรัชญา และอรรถชัย (2541) ได้นำแบบจำลอง CERES-Barley จำลองอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Morex BRB. 2 และ Stirling พบว่า การจำลองของแบบจำลองมีผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าสังเกตุจากแปลงปลูกในทุกวันปลูก แต่แบบจำลองมีการประเมินน้ำหนักแห้งได้ต่ำกว่าน้ำหนักแห้งจากค่าสังเกตุจากแปลงปลูก

ในส่วนการจำลองผลผลิต พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินผลผลิตข้าวได้มากกว่าค่าสังเกตในทุกวันปลูก สาเหตุที่แบบจำลองประเมินผลผลิตได้มากกว่าค่าสังเกตจากแปลงปลูกเนื่องจากผลผลิตจากแบบจำลองเป็นศักยภาพในการให้ผลผลิตภายใต้สภาพภูมิอากาศ และคุณสมบัติของดินที่ข้าวได้รับ โดยไม่คิดรวมถึงความเสียหายที่เกิดจากการหักล้ม โรค แมลง และอื่นๆ Roman *et al.* (2000) ได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับการจำลองผลผลิตของแบบจำลอง CERES-Maize ซึ่งเป็นแบบจำลองตระกูล CERES เช่นเดียวกับ แบบจำลอง CERES-Rice ว่าสามารถคาดการณ์ผลผลิตได้เป็นดีและมีค่าค่อนข้างสูงกว่าค่าสังเกต เนื่องจากแบบจำลองมีสมมุติฐานว่า พืชที่ปลูกได้รับน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นตลอดฤดูเพาะปลูก ไม่มีโรค แมลง และวัชพืชรบกวน และไม่มีการหักล้มหรือความเสียหายเนื่องจากลม สอดคล้องกับ Jintrawet (1991) ที่ได้ทำการทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice กับการให้ผลผลิตข้าวใน 6 พื้นที่ พบว่า แบบจำลองสามารถประเมินผลผลิตข้าวได้สูงกว่าค่าจากการสังเกตจากแปลงปลูก ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาแนวโน้มการตอบสนองของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ซึ่งเป็นข้าวไวแสง ต่อวันปลูกที่แตกต่างกัน พบว่า แบบจำลองประเมินผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเมื่อปลูกล่าช้าจากวันปลูกแรก (วันปลูกที่ 15 มิถุนายน) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสังเกตผลผลิตจากแปลงปลูก ส่วนการประเมินผลผลิตของพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ปรับปรุงไม่ไวแสง แบบจำลองประเมินค่าได้ใกล้เคียงกันในทุกวันปลูก และให้ผลใกล้เคียงกับค่าสังเกต

การจำลององค์ประกอบผลผลิต ในส่วนจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร แบบจำลองประเมินค่าได้มากกว่าค่าสังเกตในทุกวันปลูกของพันธุ์กำดอยสะเก็ดและในวันปลูกแรกของพันธุ์ขาวดอกมะลิ

105 ส่วนพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 แบบจำลองประเมินค่าได้ต่ำกว่าค่าสังเกตในทุกวันปลูก Panya (1993) อธิบายว่าการที่แบบจำลอง CERES-Rice ประเมินจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรได้มากกว่าและน้อยกว่าค่าสังเกต ในสภาพวันปลูกที่แตกต่างกัน ว่าอาจมีสาเหตุมาจากการจำลองจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร มีความสัมพันธ์กับการคำนวณพื้นที่ใบของแบบจำลอง โดยถ้าข้าวมีพื้นที่ใบมากจะพบว่ามีจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรสูง แต่จากงานทดลองนี้ไม่สามารถระบุชัดเจนว่าพื้นที่ใบมีอิทธิพลต่อจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรหรือไม่ เนื่องจากไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลการพัฒนาของพื้นที่ใบ เมื่อพิจารณาการจำลองน้ำหนักเมล็ด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากแปลงปลูก แต่การจำลองน้ำหนักเมล็ดมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงทั้งสี่วันปลูก สอดคล้องกับ Jintrawet (1991) ที่พบว่าน้ำหนักของเมล็ดข้าวจากการจำลองไม่มีค่าเปลี่ยนแปลง เมื่อทำการจำลองในพื้นที่ต่างๆ Yoshida (1981) อธิบายว่าน้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะที่คงที่ในแต่ละพันธุ์ Singh *et al.* (1988) กล่าวว่าน้ำหนักเมล็ดเป็นค่าหนึ่งของสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต ซึ่งน่าที่จะเป็นส่วนที่ทำให้การจำลองได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสังเกต

สรุปได้ว่าแบบจำลอง CERES-Rice ประเมินจำนวนวันที่ข้าวใช้ในการพัฒนาการในระยะออกรวงและสุกแก่ได้อย่างแม่นยำทั้งข้าวพันธุ์ไวแสงและไม่ไวแสง แต่การจำลองน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน แบบจำลองมีผลการจำลองที่แตกต่างจากค่าสังเกตจากแปลงปลูกโดยจำลองค่าได้ต่ำกว่าค่าสังเกต โดยเฉพาะการจำลองน้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ไวแสงที่ปลูกในวันปลูกแรก เมื่อพิจารณาการจำลองการตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อวันปลูก แบบจำลองสามารถจำลองให้เห็นอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ไวแสง และไม่ไวแสงได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีขบวนการในการจำลองการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมและปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกัน ได้เช่นเดียวกับข้าวที่ปลูกในแปลงปลูก

ผลการทดสอบแบบจำลอง SIMRIW

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการสังเกตในแปลงทดลอง กับค่าที่ได้จากการจำลองของแบบจำลอง SIMRIW ในการจำลองระยะพัฒนาการของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ในระยะออกรวง และระยะสุกแก่ พบว่า ค่าที่ได้จากการสังเกต และค่าที่ได้จากการจำลองของแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสามารถแสดงให้เห็นว่าวันออกดอกและวันสุกแก่ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีแนวโน้มลดลงตามวันปลูก ส่วนพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 วันปลูกที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้ระยะเวลาออกดอก และสุกแก่ เปลี่ยนแปลงไป สามารถกล่าวได้ว่าแบบจำลอง SIMRIW สามารถจำลองระยะการพัฒนาการได้แม่นยำ Fukai (1999) กล่าวว่า ปัจจัยเกี่ยวกับช่วงแสงและอุณหภูมิ เป็นส่วนสำคัญในการกำหนด

ช่วงระยะเวลาการออกดอกของข้าว จากหลักการดังกล่าว Horie *et al.* (1995) ได้นำมาใช้เป็นหลักการในการคำนวณการพัฒนาการของแบบจำลอง SIMRIW มีกำหนดให้อัตราการพัฒนาการ (DR) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและช่วงแสง ซึ่งอัตราการพัฒนาการนี้สามารถคำนวณกลับเป็นจำนวนวันที่ข้าวใช้ไปในการพัฒนาการได้อย่างแม่นยำ Horie and Nakagawa (1990) อ้างโดย Fukai (1999) ได้ใช้สมการ non-linear ในการอธิบายการตอบสนองของอัตราการพัฒนาการต่ออุณหภูมิ ถ้าในที่มีอุณหภูมิสูงการออกดอกจากล่าช้าออกไป และยังการกำหนด ระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ข้าวออกรวงและระยะเวลาตั้งแต่ข้าวออกรวงจนถึงสุกแก่ ภายใต้สภาพการจัดการที่เหมาะสม เป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของแบบจำลอง SIMRIW เพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นของการคำนวณ จึงทำให้ค่าจากการจำลองของแบบจำลองได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากแปลงปลูก

จากผลการเปรียบเทียบการจำลองจากแบบจำลองกับค่าสังเกตน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งรวง พบว่าการประเมินจากแบบจำลองมีแนวโน้มและทิศทางไปในทางเดียวกับค่าสังเกต สอดคล้องกับผลการทดสอบแบบจำลอง SIMRIW ที่ International Rice Research Institute ในฤดูฝน ปี 1991 และฤดูแล้ง ปี 1992 สามารถประเมินการสะสมน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักรวงได้ค่าใกล้เคียงกับการเก็บข้อมูลในทุกระยะของการเจริญเติบโตข้าว Horie *et al.* (1995) กล่าวว่าแบบจำลอง SIMRIW เป็นแบบจำลองที่มีขบวนการทำงานไม่ซับซ้อนในการจำลองผลของสภาพภูมิอากาศกับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวในเขตอาศัยน้ำจากการชลประทาน แบบจำลองไม่มีตัวแปรสลับซับซ้อนที่ใช้จำลอง Jongkaewwattana (1995) กล่าวว่า การกำหนดตัวแปรในแบบจำลองหากมีจำนวนมาก มีโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนของการจำลองได้ง่ายกว่าแบบจำลองที่มีตัวแปรน้อย

ในส่วนการจำลองผลผลิตของแบบจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสังเกต พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินผลผลิตเมล็ดได้มากกว่าค่าสังเกตในทุกวันปลูก เนื่องจากแบบจำลอง SIMRIW ไม่คำนวณความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้จากแปลงปลูก เช่น โรค แมลง การร่วงหล่นของเมล็ด และความเสียหายจากการหักล้ม (Horie *et al.* 1995) เมื่อพิจารณาแนวโน้มการจำลองผลผลิตข้าวที่ตอบสนองต่อช่วงแสง พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ในวันปลูกทั้ง 4 วัน พบว่าผลผลิตมีแนวโน้มลดลงจากวันปลูกแรก (วันปลูกที่ 15 มิถุนายน) จนถึงวันปลูกสุดท้าย ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเกตจากแปลงปลูก ส่วนการจำลองผลผลิตพันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง พบว่าการจำลองผลิตได้ค่าที่ใกล้เคียงกันทั้งสี่วันปลูกสอดคล้องกับค่าที่สังเกตุได้จากแปลงปลูก

สรุปได้ว่าการจำลองของแบบจำลอง SIMRIW มีผลการประเมินจำนวนวันที่ข้าวใช้ในการพัฒนาการในระยะออกรวงและสุกแก่ และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวพันธุ์ไวแสง และไม่

ไวแสง ได้ใกล้เคียงกับสภาพแปลงปลูก อีกทั้งยังสามารถแสดงการตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อวันปลูกได้เป็นอย่างดี โดยแบบจำลองสามารถจำลองให้เห็นอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ไวแสง และไม่ไวแสง แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีขบวนการในการจำลองการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม และปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกัน ได้เช่นเดียวกับข้าวที่ปลูกในแปลงปลูก

ผลการเปรียบเทียบการจำลองจากแบบจำลอง CERES-Rice และ แบบจำลอง SIMRIW

จากการเปรียบเทียบจากแบบจำลอง CERES-Rice และแบบจำลอง SIMRIW ในการจำลองระยะพัฒนาการของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ในระยะออกรวง และระยะสุกแก่ ภายใต้วันปลูกแตกต่างกันสี่วันปลูก พบว่าแบบจำลองทั้งสองสามารถจำลองจำนวนวันที่ใช้ในการพัฒนาการได้ใกล้เคียงกับการสังเกตุจากแปลงปลูก ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะมีขั้นตอนและสมการในการคำนวณที่แตกต่างกันก็ตาม แต่แบบจำลองมีการคำนวณที่อาศัยหลักการบนพื้นฐานทางสรีระของข้าวในการกำหนดการพัฒนาการของข้าว โดยแบบจำลอง CERES-Rice ใช้หลักการของอุณหภูมิสะสม และช่วงแสง ในการอธิบายการพัฒนาการของข้าว ในขณะที่แบบจำลอง SIMRIW กำหนดให้อุณหภูมิ และช่วงแสง มีส่วนสำคัญในการคำนวณอัตราการพัฒนาการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีการพัฒนาการ(DVI) ที่ใช้อธิบายในการพัฒนาการของข้าว โดยกำหนดให้ตั้งแต่ระยะปักดำจนถึงออกรวง มีค่า DVI อยู่ในช่วง 0.0-1.0 และจากออกรวงถึงสุกแก่ ค่า DVI จะมีค่าอยู่ในช่วง 1.0-2.0 ดังนั้น การพัฒนาการของข้าวในหนึ่งฤดูปลูกมีค่า DVI อยู่ในช่วง 0.0 จนถึง 2.0

ผลการเปรียบเทียบการจำลองการสะสมน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งรวงของข้าว แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง SIMRIW มีการจำลองน้ำหนักแห้งรวมได้แม่นยำกว่าแบบจำลอง CERES-Rice โดยสามารถจำลองได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตในทุกวันปลูกทั้งสี่วันปลูก ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากแบบจำลอง CERES-Rice มีตัวแปรที่ต้องใช้ในการคำนวณมาก และตัวแปรแต่ละตัวยังมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการเพิ่มตัวแปรมากขึ้น จะมีโอกาสทำให้การจำลองเกิดความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น (Jongkaewwattana, 1995) ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลอง SIMRIW ที่มีขบวนการทำงานไม่ซับซ้อนในการจำลองผลของสภาพภูมิอากาศกับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวในเขตอาศัยน้ำจากการชลประทาน แบบจำลองไม่มีตัวแปรสลับซับซ้อนที่ใช้จำลอง (Horie *et al.*,1995) จิรวัฒน์ (2544) กล่าวว่า แบบจำลอง CERES-Rice เป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวที่ออกแบบให้สามารถจำลองได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย มีส่วนที่สามารถจำลองสมดุลน้ำและไนโตรเจนในดิน นอกเหนือจากขบวนการจำลองการเจริญเติบโต และพัฒนาการของข้าว อีกทั้งขบวนการในการจำลองยังแบ่งการเจริญเติบโตของข้าวออกเป็น 9 ระยะ (Ritchie *et al.*,1998) ซึ่งแต่

ละระยะจะมีการคำนวณการเจริญเติบโตและสะสมน้ำหนักแห้งที่แตกต่าง รวมถึงการไม่มีค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมการเจริญเติบโตค่าใดที่ใช้อธิบายการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าว (Singh *et al.*,1988) จึงไม่สามารถปรับค่าการเจริญเติบโตตามจริงได้ จึงน่าที่จะเป็นสาเหตุทำให้การจำลองของแบบจำลอง CERES-Rice เกิดความคลาดเคลื่อนได้

จากการเปรียบเทียบการจำลองผลผลิตของข้าวด้วยแบบจำลอง CERES-Rice และแบบจำลอง SIMRIW พบว่า แบบจำลองทั้งสองจำลองผลผลิตได้สูงกว่าค่าสังเกตจากแปลงปลูกทั้งสี่วันปลูก เนื่องจากแบบจำลองทั้งสองมีสมมติฐานที่ว่า ไม่มีความเสียหายของผลผลิต อันเนื่องมาจากศัตรูข้าว เช่น โรค แมลง และวัชพืช รวมทั้งความเสียหายทางธรรมชาติ อื่นๆ เช่น การหักล้มของข้าว และการร่วงหล่นของเมล็ดข้าว เป็นต้น (Roman *et al.*, 2000 และ Horie *et al.*, 1995) ผลผลิตที่คำนวณได้จากแบบจำลองจึงเป็นศักยภาพในการให้ผลผลิตภายใต้สภาพภูมิอากาศที่ข้าวได้รับ และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของผลผลิตจากการจำลองจากแบบจำลองทั้ง CERES-Rice และSIMRIW พบว่าแบบจำลองประเมินผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อช่วงแสง ลดลงจากวันปลูกแรก ซึ่งมีผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าสังเกตจากแปลงปลูก ในขณะที่พันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 เป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง ผลผลิตจากแปลงปลูกมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแบบจำลองทั้งสองก็สามารถจำลองได้สอดคล้องเช่นเดียวกัน

ผลการประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิต

จากการนำแบบจำลอง CERES-Rice และแบบจำลอง SIMRIW มาจำลองศักยภาพในการให้ผลผลิตของข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศย้อนหลังในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2532 - 2541) ใน 6 อำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วย อำเภอฝาง ฮอด แม่แจ่ม อมก๋อย พร้าว และสะเมิง พบว่า พันธุ์เจ้าหอมคลองหลวง 1 มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ในทุกอำเภอตลอดระยะเวลา 10 ปีของการจำลอง ซึ่งแบบจำลอง CERES-Rice และแบบจำลอง SIMRIW ให้ผลการจำลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาผลการจำลองของแบบจำลอง CERES-Rice ในอำเภอแม่แจ่ม พบว่าจำลองผลผลิตข้าวได้ต่ำกว่าในอำเภออื่นๆ และต่ำกว่าการจำลองด้วยแบบจำลอง SIMRIW (ภาพภาคผนวกที่ 1) ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากแบบจำลอง SIMRIW ไม่นำข้อมูลดินมาใช้ในการจำลองการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของข้าว ส่วนแบบจำลอง CERES-Rice ต้องใช้ข้อมูลชุดดินในแต่ละพื้นที่ที่ต้องการจำลองมาคำนวณภายในแบบจำลอง โดยในการจำลองครั้งนี้เลือกใช้ชุดดินตามแผนที่ชุดดินกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอำเภอฝาง และอำเภอพร้าว ใช้ข้อมูลชุดดินหางดง อำเภอฮอด อำเภออมก๋อย และสะเมิง ใช้ข้อมูลชุดดินดอยปุย

และอำเภอแม่แจ่ม ใช้ข้อมูลชุดดินแม่ริม เมื่อพิจารณาค่าของตัวแปรในแต่ชุดดิน พบว่าข้อมูลชุดดินแม่ริมมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในรูปอินทรีสาร (% soil organic carbon) และค่า Cation Exchange Capacity ในดินชั้นบนน้อยกว่าในดินชุดอื่น (ตารางภาคผนวกที่ 4) จิรวัฒน์ (2544) ได้ทดสอบตัวแปรในข้อมูลชุดดินที่มีผลการประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง CERES-Rice พบว่า เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในรูปอินทรีสารในดินชั้นบนมีอิทธิพลต่อผลผลิตมาก เนื่องจากเป็นแหล่งที่ให้ไนโตรเจนโดยการสลายตัวของอินทรีวัตถุ (mineralization) ส่วนค่า Cation Exchange Capacity เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับการดูดซับและปลดปล่อยแอมโมเนียมอิออนของดิน อีกทั้งยังสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าว แต่น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในรูปอินทรีสาร

จากภาพภาคผนวกที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตข้าวของ 6 อำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ จากการประเมินด้วยแบบจำลอง CERES-Rice และแบบจำลอง SIMRIW โดยภาพรวมแล้วพบว่าแบบจำลอง CERES-Rice ประเมินผลผลิตในอำเภอฮอด อำเภออมก๋อย และสะเมิง สูงกว่าอำเภอฝางพร้าว และแม่แจ่ม ซึ่งน่าจะเกิดจากทั้งสามอำเภอใช้ชุดดินดอยปุยในการจำลอง ซึ่งในชุดดินนี้มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในรูปอินทรีสาร และค่า Cation Exchange Capacity ในดินชั้นบนสูงกว่าในดินชุดอื่นที่นำมาจำลอง (ตารางภาคผนวกที่ 4) ส่วนในแบบจำลอง SIMRIW ประเมินผลผลิตได้ใกล้เคียงกันทั้ง 6 อำเภอ มีเพียงในอำเภออมก๋อย พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2537 ที่แบบจำลองประเมินผลผลิตข้าวได้ต่ำกว่าในอำเภออื่นๆมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาผลของการจำลองก็พบว่าในปีดังกล่าวแบบจำลอง SIMRIW ประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวได้อยู่ในช่วง 14.2 - 50.8 % ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการประเมินในอำเภออื่นซึ่งมีค่าประมาณ 4-10 % Horie *et al.* (1995) ถ้าข้าวได้รับความหนาวเย็นมาก ในช่วงกำลังตั้งท้องจนถึงระยะออกรวง ดัชนีเก็บเกี่ยวจะลดลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากความหนาวเย็นมีผลทำให้ความเป็นหมันสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปก็ส่งผลต่อขบวนการสร้างผลผลิตของข้าวด้วยเช่นกัน โดยถ้าข้าวได้รับอุณหภูมิสูงในระยะผสมเกสร จะไปมีผลต่อเกสรตัวผู้ของข้าว ทำให้ข้าวผสมไม่ติดเมล็ด ซึ่งในแบบจำลอง SIMRIW ได้จำลองอิทธิพลดังกล่าวออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

กล่าวโดยสรุปแล้วแบบจำลอง CERES-Rice และแบบจำลอง SIMRIW สามารถตอบสนองต่อชุดข้อมูลอากาศ ในเรื่องของการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตได้เป็นที่พอใจ ในระดับหนึ่ง นอกจากนั้นยังพบว่า แบบจำลอง CERES-Rice มีความไวต่อข้อมูลชุดดินที่เป็นข้อมูลนำเข้า ส่วนแบบจำลอง SIMRIW มีความไวต่อสภาพอากาศเย็นที่ส่งผลต่อจำนวนเมล็ดลีบที่เกิดขึ้นได้