การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้วิธีการเพาะปลูกแบบปักดำและนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา [1]
จิรวัฒน์ เวชแพศย์ [1]
อานันท์ ผลวัฒนะ [2]
และ ทุสยันส์ ปาละ [2]

คำนำ

การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน (ศักดิ์ดา และคณะ, 2543) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองในการจำลองการตอบสนองของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 (ข้าวเจ้าพันธุ์ดีของไทยที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันในเรื่องของความไวต่อช่วงแสง) ต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ ที่ใส่ภายใต้การปลูกในแปลงนาที่มีการให้น้ำชลประทานและแปลงปลูกที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว แบบจำลอง CERES-Rice สามารถจำลองระยะพัฒนาการและผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ ทั้งนี้เห็นได้จากการที่แบบจำลองมีความสามารถตอบสนองต่อการจัดการด้านอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำได้ดีและสอดคล้องกับงานที่ทำการทดสอบในภาคสนาม อย่างไรก็ตามปัจจัยการผลิตที่สำคัญนอกเหนือจากการกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและสภาพพื้นที่เพาะปลูกที่แบ่งออกเป็นพื้นที่รับน้ำชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวแล้ว ปัจจัยซึ่งจัดว่าเป็นกรรมวิธีการจัดการการผลิตที่เกษตรกรไทยมีส่วนในการกำหนดและมีผลต่อการพัฒนาการและผลผลิตของข้าว ได้แก่ พันธุ์ข้าวและกรรมวิธีการปลูกซึ่งแบ่งออกเป็นการปักดำข้าวและการหว่านน้ำตม ดังนั้นเพื่อให้การทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice ครอบคลุมปัจจัยและวิธีการจัดการการปลูกข้าวของเกษตรกรไทยได้กว้างมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการออกแบบงานวิจัยเพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์ไทยต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อที่จะสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้แบบจำลองข้าว CERES-Rice ดังเช่นการนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในระบบการตัดสินใจการปลูกข้าวที่พนมศักดิ์และคณะ (2543) ได้ทำการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว ***โพสพ 1.0*** โดยใช้แบบจำลอง CERES-Rice เป็นเครื่องมือการประเมินผลผลิตข้าว เป็นต้น การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของข้าวในเรื่องพัฒนาการและการให้ผลผลิตต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน รวมทั้งเพื่อเป็นการทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice กับข้าวพันธุ์ไทย 4 พันธุ์ที่มีความหลากหลายใน

---

[1] ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 60, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 ซึ่งข้าวพันธุ์ดังกล่าวนี้ จิรวัฒน์และคณะ (2543) ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมสำหรับใช้ในกับแบบจำลอง CERES-Rice ไว้แล้ว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานศึกษานี้ได้ทำการทดลอง 2 ครั้งคือในปี 2541 และ 2542 เพื่อเป็นการศึกษาความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวภายใต้ทรีตเมนต์ที่กำหนด งานทดลองทั้งสองปีได้วางแผนการทดลองแบบ Split-split plot โดยกำหนดให้ main-plot เป็นการทดลองที่เปรียบเทียบวิธีการปลูกแบบปักดำ (ระยะ 25×25 เซนติเมตร มีจำนวนประชากรข้าว 16 กอต่อตารางเมตร) และการปลูกแบบหว่านโดยใช้เมล็ดในอัตรา 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ (62.5, 125 และ 187.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ในปี 2541 และอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการหว่านน้ำตมที่ 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ (31.25, 125.00 และ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ในปี 2542 กำหนดให้ sub-plot เป็นพันธุ์ข้าวซึ่งมี 4 พันธุ์ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 60, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 ระหว่างทำการทดลองได้มีการจัดการน้ำและปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสม สถานที่ทำการทดลองมีสองแห่งคือแปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก งานทดลองในปีแรกที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ทำการหว่านข้าวเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2541 และปักดำเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2541 และที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกทำการหว่านข้าวเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2541 และปักดำเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2541 ส่วนงานทดลองในปีที่สองได้เริ่มทำการหว่านเมล็ดข้าวงอกเมื่อ 10 สิงหาคม 2542 และปักดำเมื่อ 6 กันยายน 2542 ที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 4×4 ตารางเมตร และที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร โดยทำการหว่านเมล็ดข้าวงอกเมื่อ 14 กรกฎาคม 2542 และปักดำข้าวเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2542 โดยกำหนดขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 4.5×6.0 ตารางเมตร ใช้กล้าอายุ 30 วันเท่ากันสำหรับแปลงปักดำทั้งสองสถานที่ทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลพัฒนาการของข้าวตามระยะการเจริญเติบโตตามแบบฟอร์มของ IBSNAT (1988) การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักรวงของข้าวในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ได้แก่ ระยะข้าวแตกกอ ระยะกำเนิดช่อรวง ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ โดยสุ่มวัดจำนวน 2 กอทุกสองสัปดาห์ นอกจากนี้ได้นับจำนวนต้น จำนวนหน่อ จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักและจำนวนเมล็ดดีเมล็ดลีบต่อรวง ในช่วงเวลาก่อนปลูกได้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดิน และในช่วงเก็บเกี่ยวข้าวได้เก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในต้น ใบ เมล็ดข้าวสาร ข้าวกล้อง และแกลบ สำหรับข้อมูลอากาศรายวันนั้นได้เก็บบันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ความยาววัน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนตลอดช่วงฤดูปลูก โดยอาศัยเครื่องวัดภูมิอากาศอัตโนมัติ (Data Logger)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ผลของการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยงานทดลอง

เนื่องจากผลจากการศึกษาในปี 2541 แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการทดลองซึ่งกำหนดอัตราเมล็ดพันธุ์ในการหว่านที่ 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ (62.5, 125 และ 187.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งการปักดำข้าว ไม่ส่งผลให้ระยะพัฒนาการและผลผลิตของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าต้นข้าวที่ปลูกที่ระดับความหนาแน่นต่างกันสามารถมีการทดแทนองค์ประกอบผลผลิต (yield compensation) ทำให้ผลผลิตอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นงานทดลองในปีถัดไปคืองานทดลองในปี 2542 ได้มีการขยายช่วงอัตราเมล็ดพันธุ์เป็น 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ (31.25, 125.00 และ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) โดยคาดว่าข้าวแต่ละพันธุ์จะตอบสนองต่ออัตราเมล็ดพันธุ์ดังกล่าว ดังนั้นการรายงานผลการศึกษาการตอบสนองของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวต่อการวิธีการปลูกและอัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์จะเสนอเฉพาะผลการศึกษาในปี 2542 เท่านั้น

ผลการศึกษาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลผลิต

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) (ตารางที่ 8-1) พบว่าผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างพันธุ์ แต่ไม่พบว่าผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอัตราการหว่านเมล็ดและการปักดำ ผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (3403 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ขาวดอกมะลิ 105 (3283 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และสุพรรณบุรี 60 (3469 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) จะสูงกว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 (2441 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

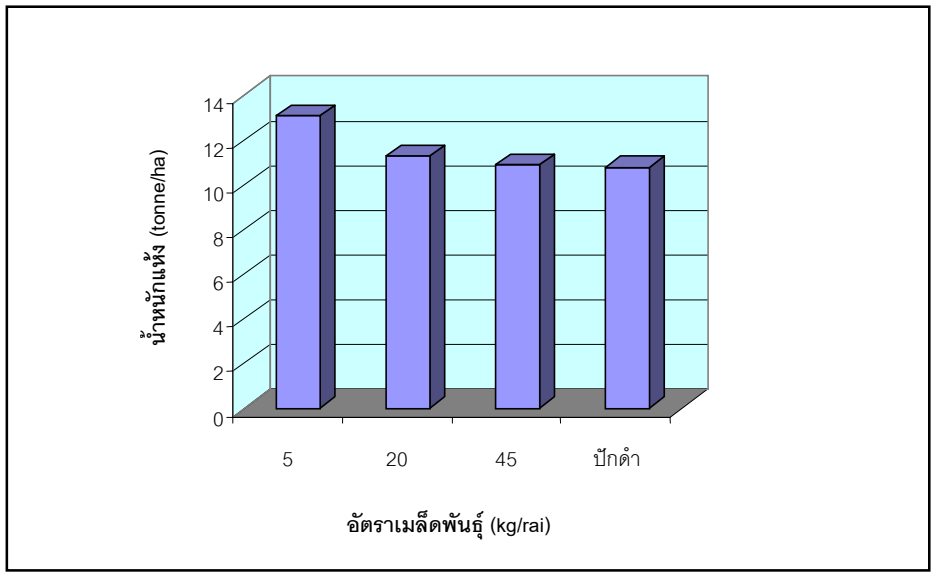
น้ำหนักแห้งรวม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถติ (ตารางที่ 8-1) พบว่าน้ำหนักแห้งรวมของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ที่ระดับอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการปลูก โดยพบว่าการปลูกที่อัตราเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำมีแนวโน้มของการสะสมน้ำหนักแห้งรวมสูง (รูปที่ 8-1) โดยที่การปลูกแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ 5 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดคือ 13.1 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ข้าวที่ปลูกในอัตราการเมล็ดพันธุ์ 45 กิโลกรัมต่อไร่ มีการสะสมน้ำหนักแห้งเพียง 11.0 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับข้าวที่ปลูกแบบปักดำมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ย 10.8 ตันต่อเฮกตาร์

ตารางที่ 8-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน (เชียงใหม่)

Source of Variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	จำนวนรวงต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดต่อรวง
พันธุ์ (V)	*	ns	**	ns	ns	**
อัตราเมล็ด (S)	ns	*	ns	ns	**	**
V×S	ns	ns	**	ns	ns	ns

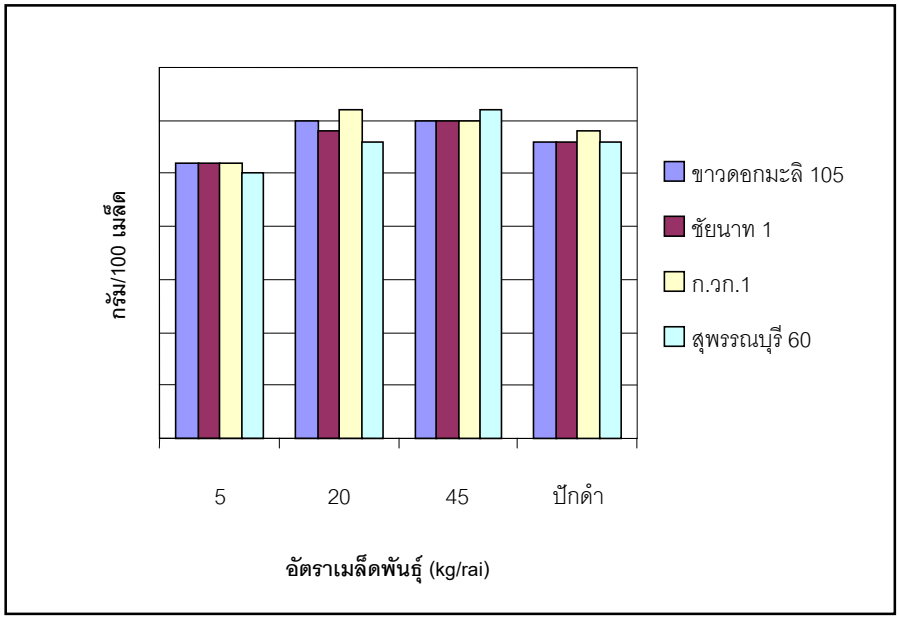
หมายเหตุ * significant level at 0.05
** significant level at 0.01
ns non-significant



รูปที่ 8-1 การตอบสนองของน้ำหนักแห้งต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์และวิธีการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ด (ตารางที่ 8-1) พบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และอัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) รูปที่ 8-2 แสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ชัยนาท 1, สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก. 1 น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 2.6 กรัม/100 เมล็ด ในขณะที่น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก. 1 เท่ากับ 2.9, 3.0 และ 2.8 กรัม/100 เมล็ด ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ปลูกแบบปักดำมีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักเมล็ดน้อยกว่าข้าวที่ปลูกแบบหว่านน้ำตมในทุกพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ ก.วก.1 ที่ให้ผลตรงกันข้าม



รูปที่ 8-2 การตอบสนองของน้ำหนัก 100 เมล็ดต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์และวิธีการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) ไม่พบความแตกต่างของจำนวนเมล็ดลีบของทุกพันธุ์ข้าวและทุกอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการปลูก โดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวที่ปลูกในการศึกษาครั้งนี้มีเท่ากับ 19.8%

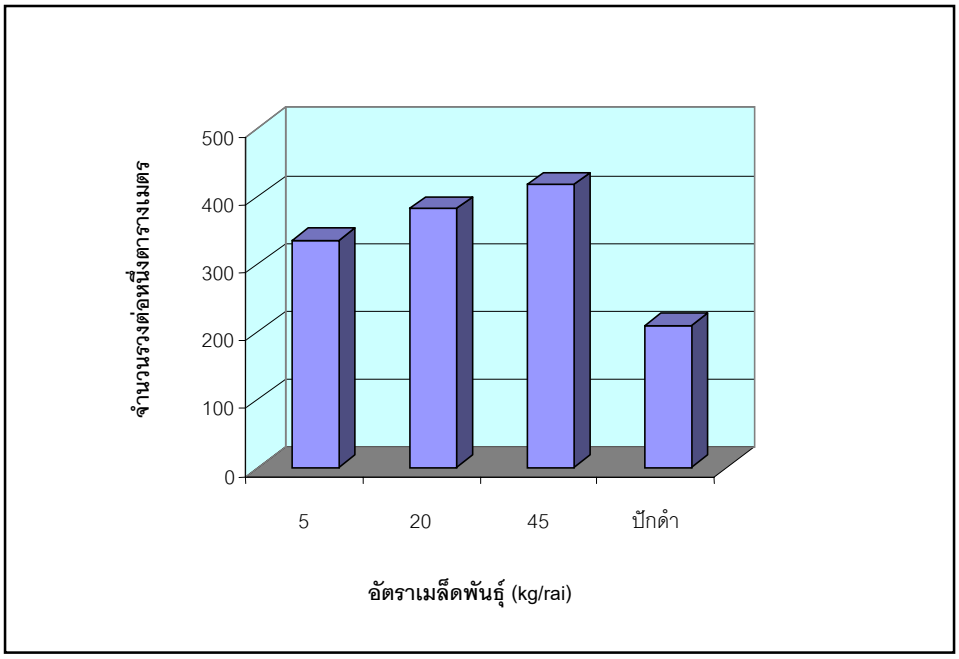
จำนวนรวงต่อพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) พบว่าจำนวนรวงต่อพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ของข้าวที่ปลูกในอัตราเมล็ดที่ต่างกัน โดยพบว่าการเพิ่มอัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกจะทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้นด้วยในทุกพันธุ์ (รูปที่ 8-3) และข้าวที่ทำการปลูกแบบปักดำจะให้จำนวนรวงต่อพื้นที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกแบบหว่านน้ำตม ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วการปลูกข้าวแบบหว่านน้ำตมที่อัตราปลูก 0, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ ให้จำนวนเมล็ดต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 336, 382 และ 418 รวง ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกข้าวแบบปักดำจะให้จำนวนรวงต่อพื้นที่เพียง 210 รวงต่อตารางเมตร

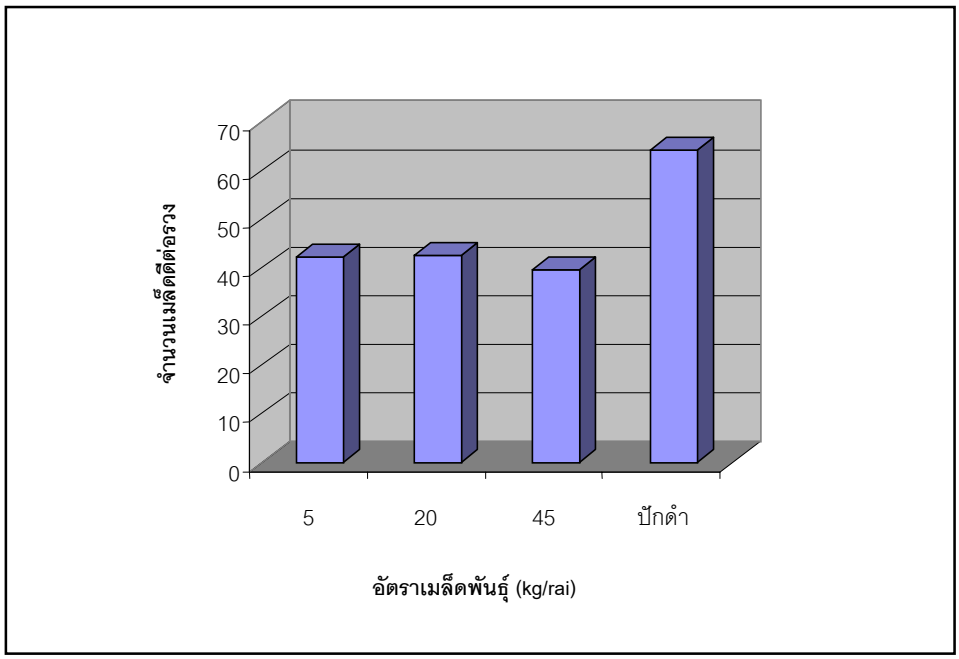
จำนวนเมล็ดต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) ของจำนวนเมล็ดต่อรวงพบว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ระหว่างพันธุ์ และข้าวที่ปลูกในอัตราเมล็ดที่ต่างกันก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยพบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุด (62.9 เมล็ดต่อรวง) และข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยที่สุด (33.3 เมล็ดต่อรวง) ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ

สุพรรณบุรี 60 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 47.4 และ 45.5 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนเมล็ดดีต่อรวง แต่การปลูกข้าวแบบปักดำพบว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงจะมีมากกว่าการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม (รูปที่ 8-4)



รูปที่ 8-3 จำนวนรวงต่อพื้นที่ภายใต้การจัดการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)



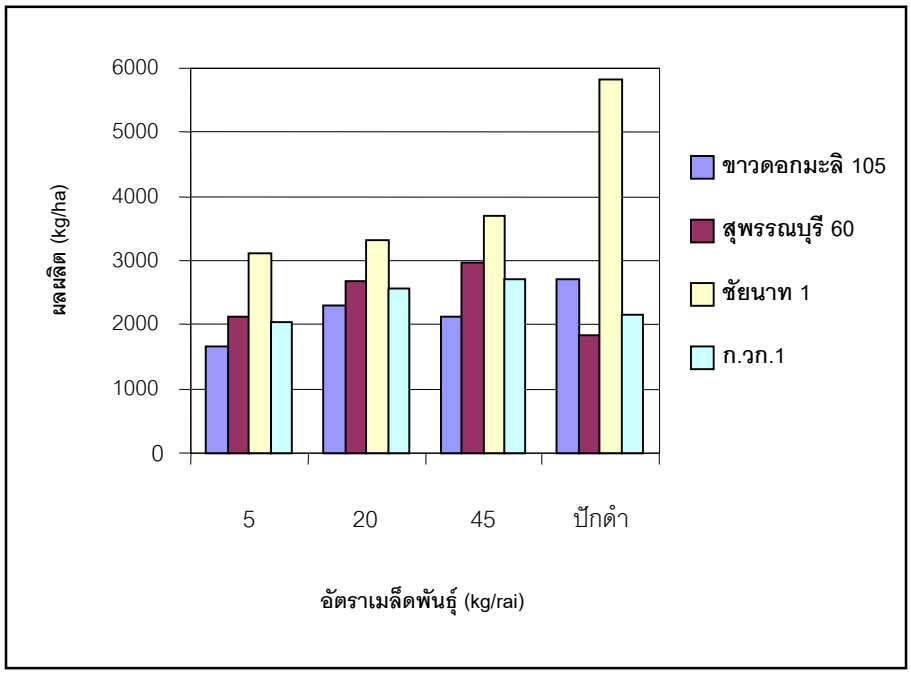
รูปที่ 8-4 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงภายใต้การจัดการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกันในงานทดลองของปี 2542-2543 พบว่าผลผลิตของข้าวที่หว่านในอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ต่างกันและการปักดำข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลที่ได้ยังยืนยันผลการศึกษาในเรื่องเดียวกันของปี 2541-2542 (ศักดิ์ดา และคณะ, 2542) ถึงแม้ว่าการศึกษาในปี 2542-2543 จะได้ปรับขยายช่วงอัตราเมล็ดพันธุ์ที่มากขึ้นก็ตาม ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองตอบสนองต่อประชากรการปลูกข้าวที่เหมือนกัน โดยข้าวที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่ำกว่ามีการทดแทนของการแตกกอและองค์ประกอบผลผลิต ซึ่งผลสุดท้ายจะได้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับข้าวที่ปลูกในจำนวนประชากรที่สูง (Matsushima, 1970) อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่มากขึ้นจะทำให้ได้น้ำหนักแห้งของฟางที่ลดน้อยลง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหน่อ (tiller) ของข้าวที่ปลูกที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ที่ต่ำกว่าจะมีขนาดใหญ่กว่าหน่อที่แตกจากเมล็ดในกรณีที่หว่านโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่สูง แต่น้ำหนักแห้งฟางข้าวที่ปลูกแบบปักดำจะให้น้ำหนักต่ำกว่าที่ได้จากการหว่าน ผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการปลูกแบบปักดำในจำนวนประชากรที่ 16 กอต่อ 1 ตารางเมตร (ระยะปักดำ 25×25 เซนติเมตร) เป็นจำนวนประชากรที่ค่อนข้างเหมาะสมถ้าปลูกโดยใช้วิธีการปักดำ ทั้งนี้เพราะผลผลิตที่ได้อยู่ในระดับเดียวกับการปลูกที่ใช้วิธีการหว่านน้ำตมแต่น้ำหนักฟางแห้งกลับต่ำกว่า สิ่งต่างๆ เหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการให้ผลผลิตโดยมีค่า harvest index สูง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวที่ปลูกแบบปักดำจะมีมากกว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวที่ปลูกโดยการหว่าน ดังนั้นจำนวนเมล็ดดีต่อรวงจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่พบว่ามีส่วนทำให้ผลผลิตของข้าวที่ปลูกแบบปักดำสูงพอกับการปลูกข้าวแบบหว่านถึงแม้ว่าจะมีจำนวนประชากรที่อยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรข้าวที่ได้จากการหว่าน (Matsushima, 1970)

ผลการศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก

ผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8- 2) พบว่าทั้งพันธุ์และวิธีการปลูกมีผลต่อผลผลิตข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ ($p<0.01$) เหมือนกันและยังพบอีกว่าสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวิธีการปลูกมีผลต่อผลผลิตข้าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (V×S interaction, $p<0.01$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันและวิธีการปลูกไม่เหมือนกัน ทำให้ได้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และขาวดอกมะลิ 105 เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำให้ผลผลิตสูงสุด 5829 และ 2699 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก.1 ให้ผลผลิตสูงสุด 2957 และ 2712 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อปลูกโดยวิธีการหว่านน้ำตมในอัตราเมล็ดพันธุ์ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 8-5)



รูปที่ 8-5 การตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราการหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)

ตารางที่ 8-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน (พิษณุโลก)

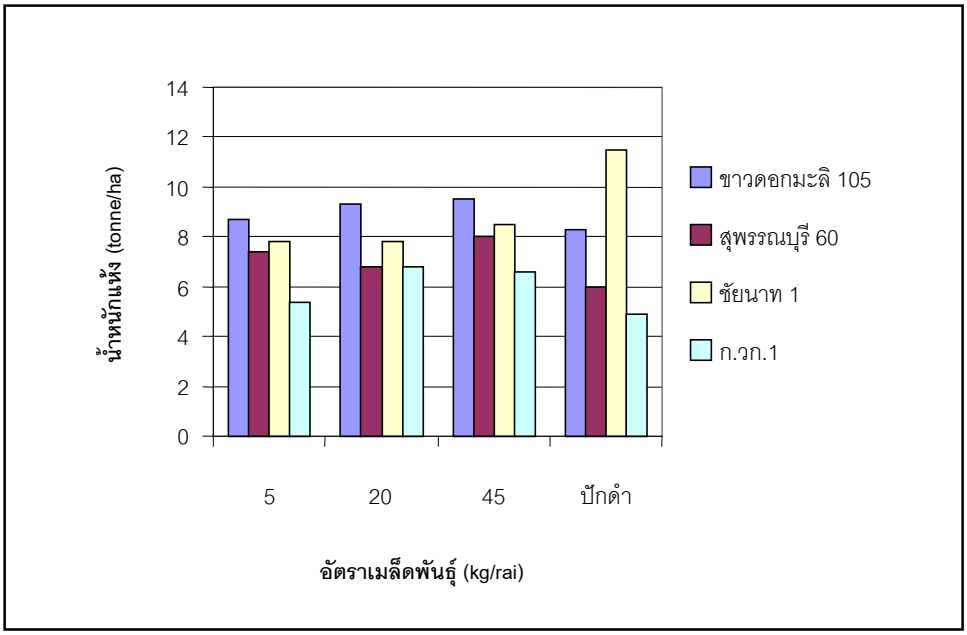
Source of variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนัก 100 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง	จำนวนต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง
พันธุ์ (V)	**	**	**	ns	*	ns
อัตราเมล็ดพันธุ์ (S)	**	ns	**	**	**	**
V×S	**	**	ns	ns	*	**

หมายเหตุ * significant level at 0.05
** significant level at 0.01
ns non-significant

น้ำหนักแห้งรวม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง มีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.01$ ในขณะที่วิธีปลูกแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งรวม แต่สหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวิธีการปลูกยังคงมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (V×S interaction, $p<0.01$) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับผลผลิตโดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ให้น้ำหนักแห้งรวมสูงสุด 11.5 ตันต่อเฮกตาร์เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ ในขณะที่

พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และสุพรรณบุรี 60 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด 9.5 และ 7.9 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับเมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมอัตราเมล็ดพันธุ์ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สำหรับพันธุ์ ก.วก.1 เมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมอัตราเมล็ดพันธุ์ 125.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้น้ำหนักแห้งรวมสูงสุด 6.8 ตันต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 8-6)



รูปที่ 8-6 การตอบสนองของน้ำหนักแห้งข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราการหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

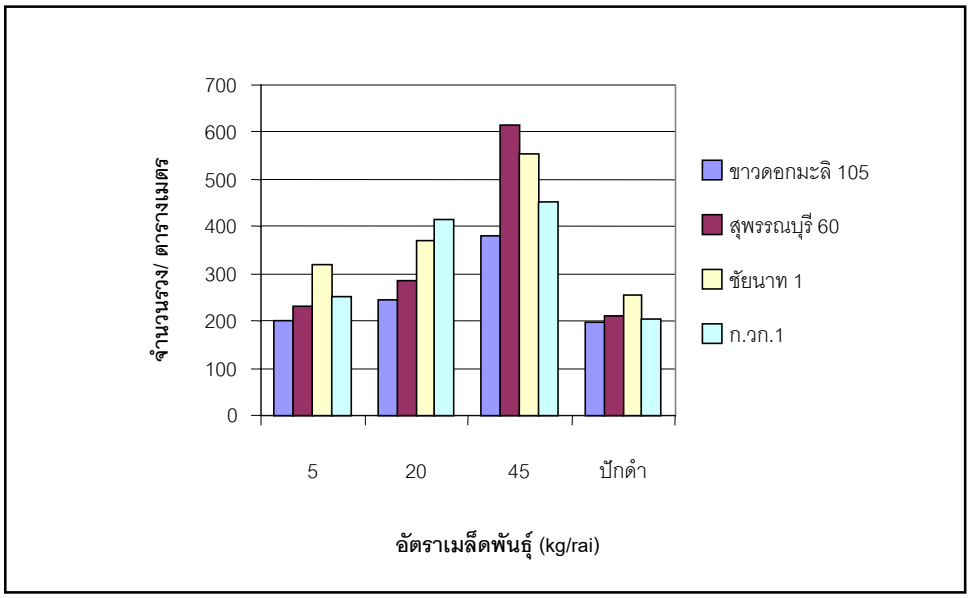
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-6) พบว่าพันธุ์ข้าวและวิธีปลูกมีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 60 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เฉลี่ยเท่ากับ 3.0 กรัม ในขณะที่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ก.วก.1 มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 2.6 กรัมเท่ากัน การหว่านน้ำตมโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 125 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พบว่ามีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 กรัม แต่การหว่านโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่ 31.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และการปลูกโดยวิธีการปักดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 กรัม

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าวิธีปลูกมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยพบว่าข้าวที่ปลูกแบบปักดำมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงสุดเท่ากับ 36.0% ในขณะที่การปลูกข้าวโดยการหว่านทุกอัตรามีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ย 23.5%

จำนวนรวงต่อตารางเมตร

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อจำนวนรวงต่อตารางเมตรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับวิธีปลูกก็มีผลต่อจำนวนรวงต่อตารางเมตรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และยังพบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการปลูกก็มีผลต่อจำนวนรวงต่อตารางเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (V×S interaction, $p<0.05$) โดยพบว่าพันธุ์ข้าวทั้ง 4 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง เมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมอัตราเมล็ดพันธุ์ 281.25 กิโลเมตรต่อเฮกตาร์ ให้จำนวนรวงต่อตารางเมตรเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 382 รวงต่อตารางเมตร พันธุ์สุพรรณบุรี 60 จำนวน 615 รวงต่อตารางเมตร, พันธุ์ชัยนาท 1 จำนวน 554 รวงต่อตารางเมตร และพันธุ์ ก.วก.1 จำนวน 452 รวงต่อตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 8-7



รูปที่ 8-7 การตอบสนองของจำนวนรวงต่อตารางเมตรของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราการหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าวิธีปลูกมีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยวิธีปลูกแบบปักดำของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (จำนวน 79 เมล็ดดี/รวง), สุพรรณบุรี 60 (จำนวน 67 เมล็ดดี/รวง), ชัยนาท 1 (จำนวน 109 เมล็ดดี/รวง) และ ก.วก.1 (จำนวน 63 เมล็ดดี/รวง)

ผลของการศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อวิธีปลูกแบบปักดำและหว่านน้ำตมโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 3 ระดับดังเสนอมาข้างต้น พบว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก.1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยคล้ายๆ กันไม่ว่าจะปลูกโดยวิธีใดซึ่งสอดคล้องกับที่ De Datta (1981) ได้กล่าวไว้ว่าโดยทั่วไปข้าวพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งไม่ว่าจะปลูกโดยวิธีใดมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตคล้ายๆ กัน ถ้าได้รับการปฏิบัติดูแลรักษาที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามในกรณีของชัยนาท 1 ที่พบว่าการปลูกโดยวิธีปักดำได้ให้ผลผลิตสูงถึง 5829 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์นั้นอาจเกิดจากสาเหตุที่การปลูกแบบปักดำมีพื้นที่ระหว่างกอข้าวมากกว่า รากจึงเจริญเติบโตได้ดีกว่า ดังนั้นเมื่อต้นข้าวโดนพายุฝนในช่วงระยะสร้างเมล็ดดังกล่าวข้างต้น กลุ่มที่ปลูกแบบปักดำจึงไม่หักล้ม ในขณะที่กลุ่มที่ปลูกแบบหว่านน้ำตมทุกอัตราเมล็ดพันธุ์หักล้มแช่น้ำ สิ่งที่กล่าวนี้จึงเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญของการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำต่อการต้านทานการหักล้มทั้งในกรณีที่ต้องเผชิญกับพายุฝนในระยะสร้างเมล็ดและในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง

สำหรับเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบพบว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยวอย่างน้อยประมาณ 120 วัน เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ เมื่อนำข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไปปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมหรือปักดำ จึงมีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) ประมาณ 55–60 วันก่อนถึงระยะสร้างรวงอ่อน (panicle initiation) ซึ่งยาวนานพอสำหรับการพัฒนาในการสร้างรวงอ่อนทั้งจากแม่รวง (main culm) และลูกรวงที่เกิดจาก tiller ดังนั้นข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไม่ว่าจะนำไปปลูกแบบปักดำหรือหว่านน้ำตมจึงมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบใกล้เคียงกัน แต่สำหรับพันธุ์ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวเบาคือพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก.1 ซึ่งเมื่อปลูกโดยวิธีหว่านจะมีอายุเก็บเกี่ยวเพียง 108 และ 94 วัน ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีระยะเวลาในช่วง vegetative stage ที่น้อยกว่า 2 พันธุ์แรก นอกจากนี้เมื่อนำไปปลูกแบบปักดำ ต้นกล้าที่ถูกถอนไปปักดำซึ่งอยู่ในระยะที่ใกล้จะสิ้นสุด vegetative stage หรือใกล้ระยะ panicle initiation จึงเกิดการบอบช้ำ (transplanting shock) ซึ่งเป็นสาเหตุของการชะงักการเจริญเติบโตในช่วงแรก นี่คือคำอธิบายสาเหตุที่ทำให้การปลูกข้าวแบบปักดำมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ล่าช้ากว่าวิธีหว่านประมาณ 7 วัน (De Datta, 1981) นอกจากนี้ลูกรวงที่เกิดจาก tiller ซึ่งมีระยะเวลา vegetative stage ที่สั้นกว่าจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งที่น้อยกว่าและอาจส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่สูงกว่าในกรณีของพันธุ์ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวเบา

ในประเด็นของจำนวนรวงต่อตารางเมตร ไม่มีข้อสงสัยใดๆ สำหรับการที่ข้าว 4 พันธุ์ได้ผลิตจำนวนรวงต่อตารางเมตรที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ในการหว่านเพิ่มขึ้น และทุกอัตราเมล็ดพันธุ์ยังพบจำนวนรวงต่อตารางเมตรสูงกว่าวิธีปักดำซึ่งใช้ระยะปักดำ 25×25 เซนติเมตร หรือ 16 กอต่อตารางเมตร (Matsushima, 1970) ในขณะที่อัตราเมล็ดพันธุ์ขั้นต่ำสุดของการทดลองในครั้งนี้ที่ระดับ 31.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ก็ยังมีจำนวนต้น 115 ต้นต่อตารางเมตร ถ้าเมล็ดพันธุ์มีความงอก 100% อย่างไรก็ตามจำนวนรวงต่อตารางเมตรยังไม่ใช่สัญญาณบ่งชี้เกี่ยวกับระดับผลผลิตโดยตรง นอกจากนี้การพยายามเพิ่มจำนวนรวงต่อตารางเมตรด้วยการเพิ่มอัตราเมล็ดพันธุ์นั้นยังเป็นสาเหตุของการหักล้มของต้นข้าว เมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงหรือเกิดพายุฝนในขณะที่ต้นข้าวอยู่ในระยะสร้างเมล็ด (grain filling)

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเป็นปฏิภาคผกผันกับจำนวนประชากรหรืออัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ในการหว่าน ซึ่งสอดคล้องกับที่ Yoshida (1981) รายงานไว้ว่าข้าวทั้ง 4 พันธุ์ได้ผลิตจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเมื่อปลูกโดยวิธีปักดำและลดลงเมื่อใช้อัตราเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น

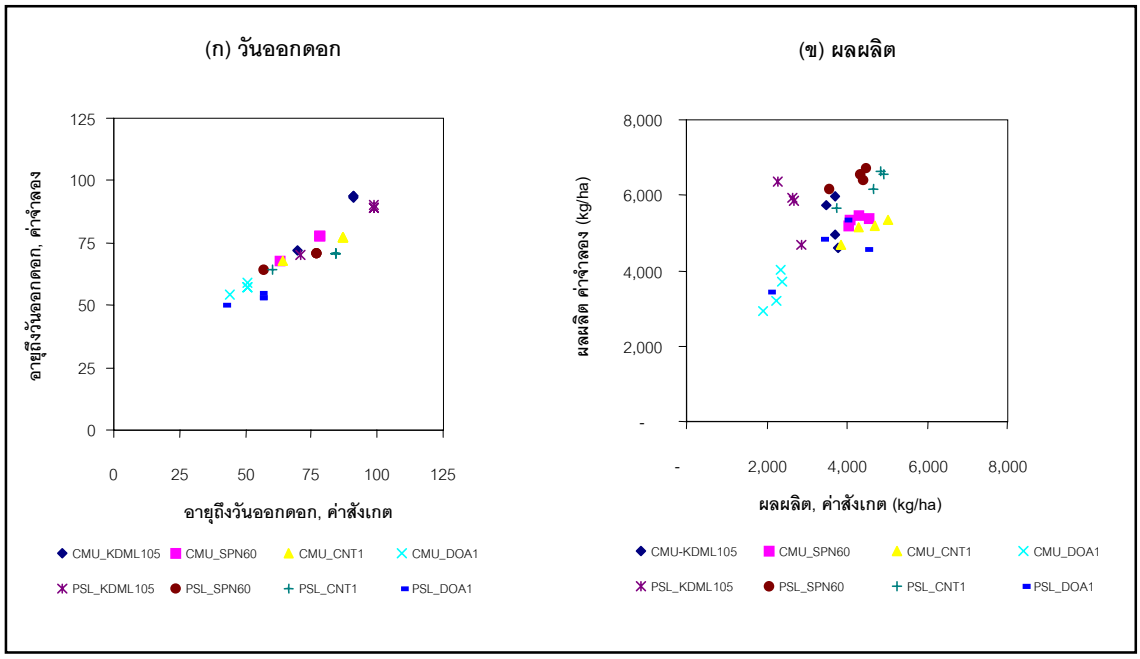
2. ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

งานศึกษาในปี 2541

การประเมินความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง CERES-Rice ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้จากงานทดลอง 12 วันปลูก (สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 นั้นเนื่องจากไม่ได้ใช้ในการทดลอง 12 วันปลูก จึงประเมินจากการทดลองการเปรียบเทียบการใช้วิธีปักดำกับหว่านน้ำตมที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในปี 2541) (จิรวัฒน์ และคณะ, 2543) กับงานทดลองเปรียบเทียบวิธีการปลูกข้าวแบบนาดำกับนาหว่านของข้าว 4 พันธุ์ในปี 2541 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าพัฒนาการข้าวในแง่วันออกดอกและวันสุกแก่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่สังเกตได้จากแปลงทดลองทั้งการปลูกในสภาพนาหว่านและปักดำทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลก (รูปที่ 8-8(ก)) นอกจากนั้นแบบจำลองประเมินค่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการทดลองทั้งสองสถานที่สูงกว่าค่าที่วัดได้จากแปลงทดลอง (รูปที่ 8-8(ข)) ซึ่งเหตุผลที่แบบจำลองสามารถจำลองผลผลิตข้าวได้มากกว่าข้อมูลที่สังเกตได้จริงเป็นไปได้เพราะแบบจำลองมีข้อสมมติฐานที่ว่าการจำลองการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวนั้นจะไม่มีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการลดผลผลิตข้าว เช่น ผลของการแก่งแย่งแข่งขันของวัชพืช การเข้าทำลายโดยศัตรูพืช และการหักล้มหรือตกหล่นของเมล็ดข้าวขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งในสภาพแปลงเพาะปลูกจริงจะมีปัจจัยดังกล่าวมาเกี่ยวข้องในระดับหนึ่ง จึงทำให้ผลผลิตจากการจำลองน่าจะเป็นผลผลิตที่ควรจะได้รับ (attainable yield) ในสภาพการปลูกการจัดการที่เหมาะสม เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตตามอัตราปลูก (รูปที่ 8-9) ในทำนองเดียวกันพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองผลผลิตได้มากกว่าค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลก อย่างไรก็ตามแนวโน้มของการตอบสนองของข้าวต่ออัตราเมล็ดในการหว่านนั้นมีทิศทางที่สอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองทั้งสองสถานที่ทำการทดลอง

งานศึกษาในปี 2542

เนื่องจากการทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice ในปี 2541 ได้ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice เวอร์ชันที่เรียกว่า RICER940 ซึ่งบรรจุใน DSSAT3.0 ในการจำลองข้าวพันธุ์ไทยทั้ง 4 พันธุ์ดังเสนอข้างต้น แต่เนื่องจากได้มีการปรับปรุงแบบจำลองเป็น RICER980 พร้อมกับ DSSAT3.5 ซึ่งออกมาเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2541 และหลังจากนั้นยังได้มีการปรับปรุงแก้ไข RICER980 ที่ได้ทำการปรับปรุงครั้งล่าสุดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2542 เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำปรับค่าการแตกกอลดลงใกล้เคียงกับค่าจริง โดยในที่นี้เรียกว่า RICER980 modified

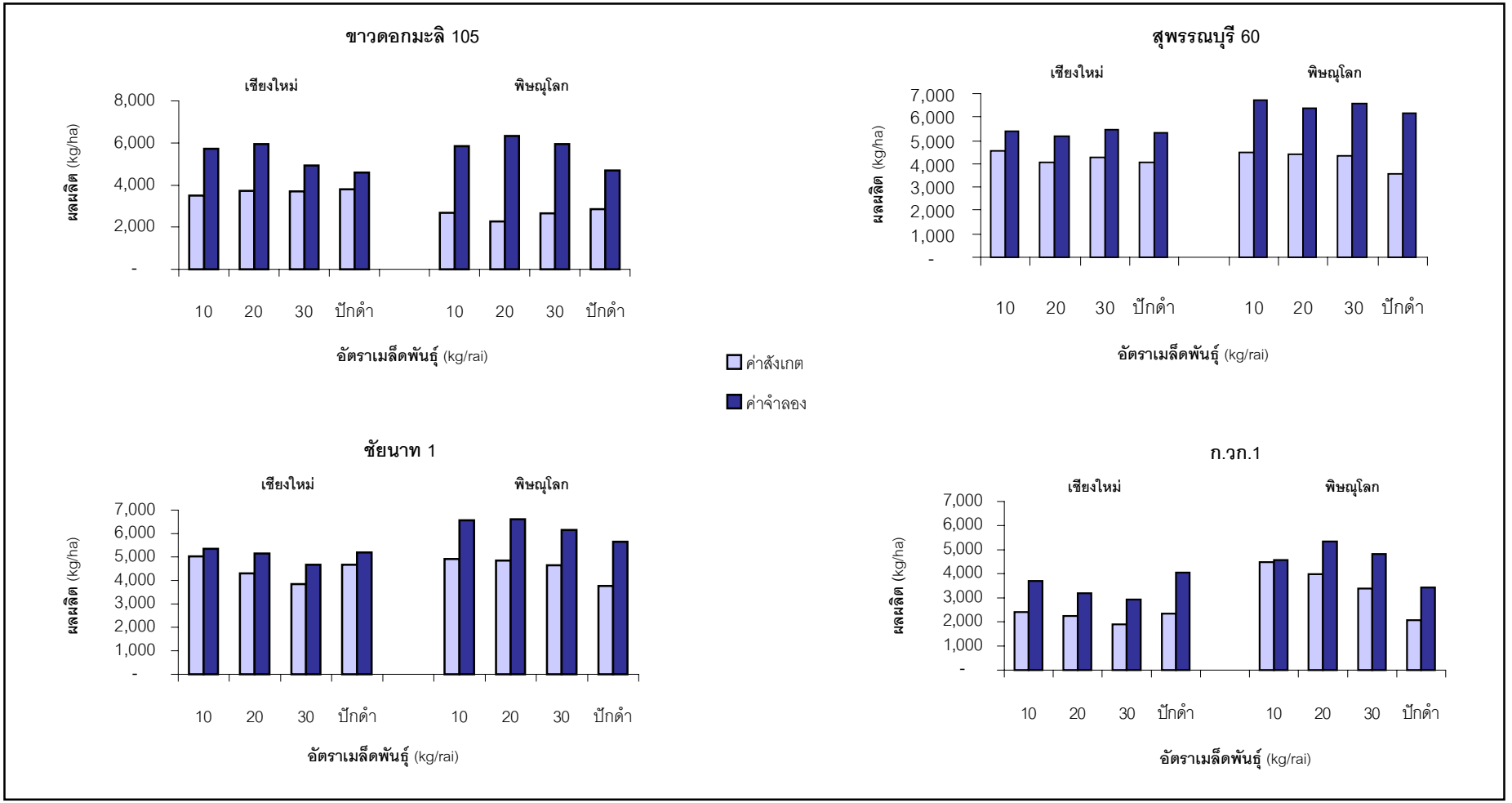


รูปที่ 8-8 เปรียบเทียบอายุออกดอกและผลผลิตที่เป็นค่าสังเกตกับค่าจำลองของการทดลองที่มีวิธีการปลูกข้าวแบบปักดำและหว่านน้ำตมที่ใช้อัตราเมล็ดปลูกต่างๆ กันที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL), 2541 (KDML105 = ขาวดอกมะลิ 105, SPN60= สุพรรณบุรี 60, CNT1 = ชัยนาท 1, DOA1= ก.วก.1)

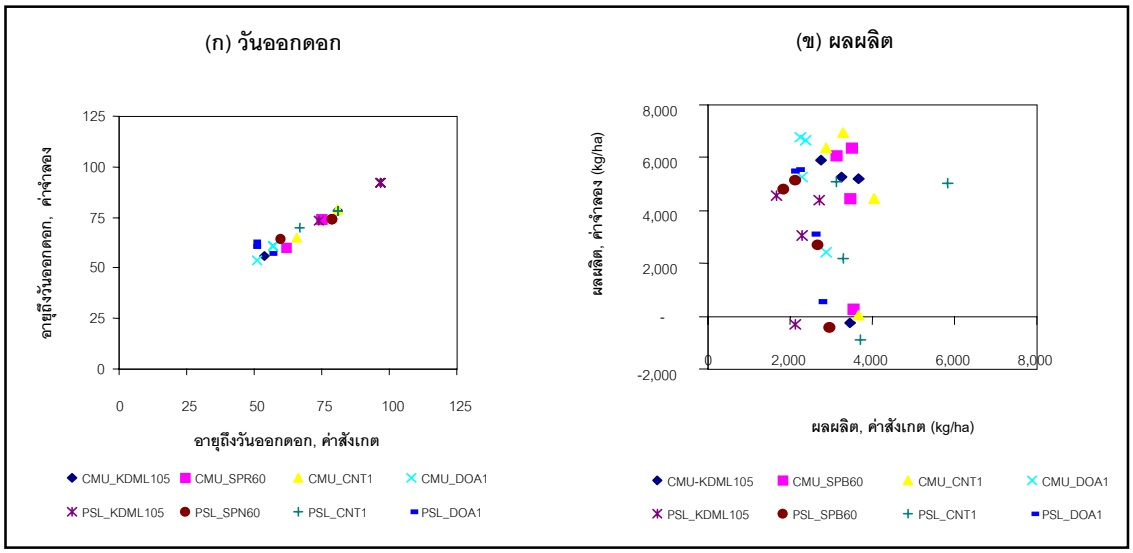
ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่นำมาศึกษาในการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองในการทดลองปี 2542 นี้ รายละเอียดของการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว 4 พันธุ์ที่นำมาศึกษากับ RICER980 modified เสนอในจิรวัฒน์และคณะ (2543)

ผลจากการจำลองพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายพัฒนาการของข้าวได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสังเกตจากแปลงปลูกทั้งสองสถานที่ที่ทำการศึกษา (รูปที่ 8-10(ก)) อย่างไรก็ตามแบบจำลองทำนายค่าวันออกดอกและสุกแก่ของข้าวที่หว่านน้ำตมช้ากว่าค่าที่วัดได้จริงจากการสังเกตประมาณ 6-10 วัน แต่แบบจำลองสามารถทำนายวันออกดอกและสุกแก่ของข้าวที่ปลูกแบบปักดำใกล้เคียงมากกว่าโดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าสังเกตไม่เกิน 5 วัน ซึ่งจากการสังเกตจากแปลงปลูกจริงพบว่าข้าวที่ปลูกแบบปักดำด้วยอายุกล้า 25-30 วัน จะสุกแก่ช้ากว่าข้าวที่ปลูกแบบหว่านน้ำตม (ที่หว่านวันเดียวกับหว่านกล้าสำหรับปักดำ) ประมาณ 5-7 วัน

ผลการจำลองเพื่อทำนายผลผลิตพบว่าค่าผลผลิตที่ได้จากการจำลองส่วนใหญ่ให้ค่าจากการจำลองมากกว่าค่าที่ได้จากการวัดจากแปลงปลูก จากการสังเกตพบว่าการทดลองที่พิษณุโลกข้าวได้รับความเสียหายจากการล้มโดยเฉพาะนาหว่าน ทำให้ผลผลิตน้อยกว่าที่ได้จากการจำลองมาก ยกเว้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปักดำ ซึ่งได้ผลผลิตมากกว่าค่าจากการจำลองมากและมีค่าจำลองที่ได้ค่าติดลบซึ่งเป็นค่าผลผลิตของการหว่านด้วยอัตรา 45 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 8-10(ข) และ 8-11)



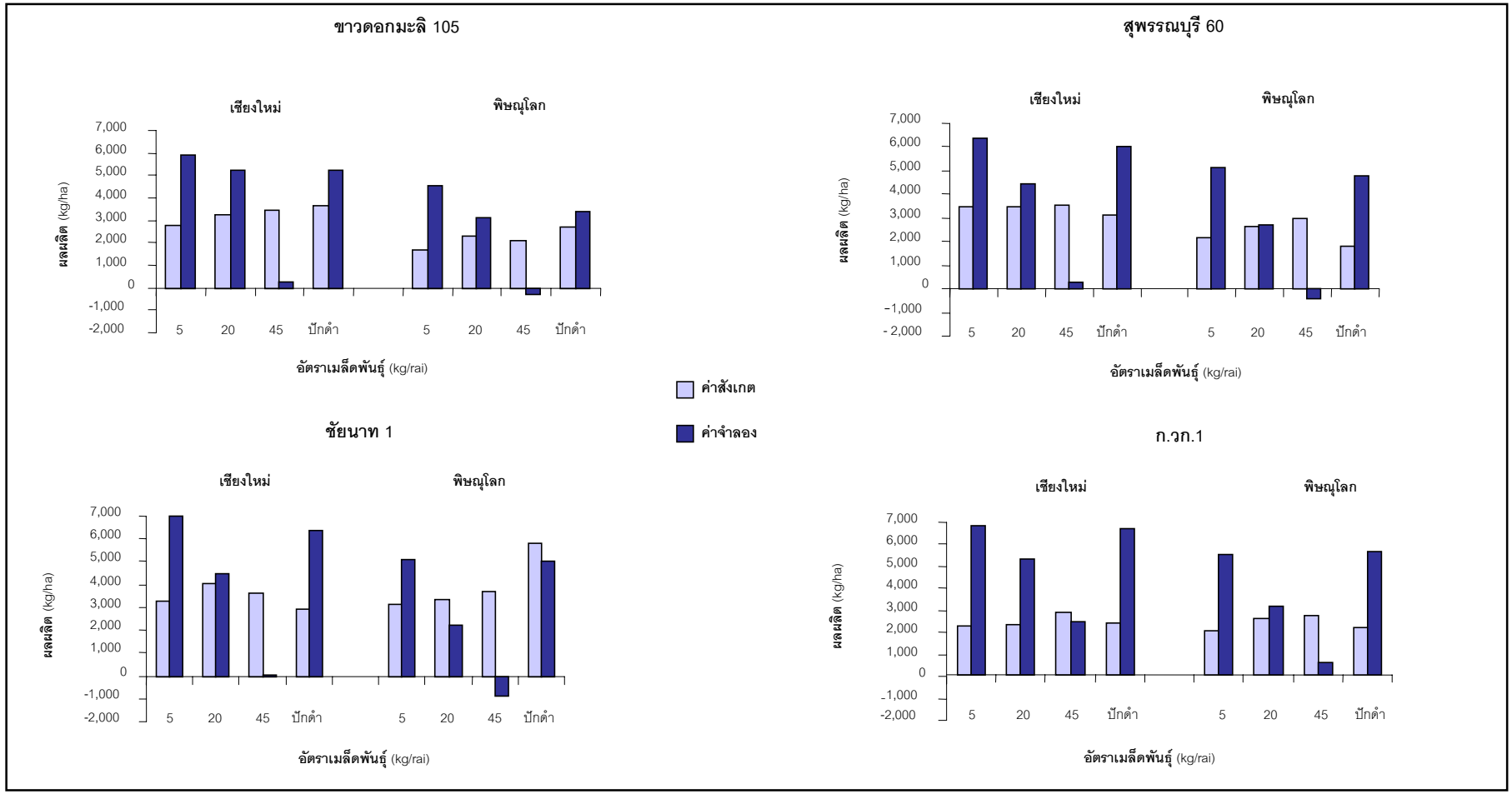
รูปที่ 8-9 เปรียบเทียบผลผลิตของข้าวนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ กับผลผลิตของข้าวที่ได้จากวิธีการปักดำของข้าว 4 พันธุ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก 2541



รูปที่ 8-10 เปรียบเทียบอายุออกดอกและผลผลิตที่เป็นค่าสังเกตกับค่าจำลองของการทดลองที่มีวิธีการปลูกข้าวแบบปักดำและหว่านน้ำตม ที่ใช้อัตราเมล็ดปลูกต่างๆ กัน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL) 2542 โดยที่ KDML105 = ขาวดอกมะลิ 105, SPB60= สุพรรณบุรี 60, CNT1= ชัยนาท 1 และ DOA1= ก.วก.1

สำหรับการตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์ แบบจำลองไม่สามารถจำลองการปลูกด้วยอัตราเมล็ด 45 กิโลกรัมต่อไร่ได้ โดยได้ค่าผลผลิตที่เป็นลบและให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตราเมล็ดต่ำ กล่าวคือที่อัตราเมล็ด 5 กิโลกรัมต่อไร่ต่างกับการตอบสนองในค่าสังเกตที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากระหว่างอัตราเมล็ดพันธุ์ต่างๆ กัน 3 ระดับ รวมถึงระหว่างการหว่านกับการปักดำ (รูปที่ 8-11) จากการวิเคราะห์ผลของการจำลองเมื่อกำหนดอัตราการหว่านเมล็ดสูง เมื่อการจำลองเข้าสู่ช่วงการสร้างเมล็ดจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต้นอย่างมาก ทำให้เมื่อหักน้ำหนักรวมทั้งต้นออกจากน้ำหนักใบและน้ำหนักต้น จะได้ค่าน้ำหนักรวงที่เป็นลบ และยังสังเกตได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนหน่อต่อตารางเมตรในตลอดช่วงการเจริญเติบโต (ตารางที่ 8-3)

การเปรียบเทียบค่าจำนวนหน่อต่อตารางเมตรระหว่างค่าจริงกับค่าสังเกต พบว่าแบบจำลอง RICER980 modified ให้ค่าจำนวนหน่อใกล้เคียงกับค่าสังเกตสำหรับอัตราเมล็ด 5 กิโลกรัมต่อไร่และวิธีการปักดำ แต่ให้ค่าที่แตกต่างกันมากสำหรับอัตราการหว่านเมล็ดที่ 45 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจากการวัดพบว่ามีการลดลงของประชากรในทรีตเมนต์ต่างๆ จนถึงระดับความหนาแน่น 300-400 หน่อต่อตารางเมตร ในขณะที่แบบจำลองให้ค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการเจริญเติบโต (รูปที่ 8-12)



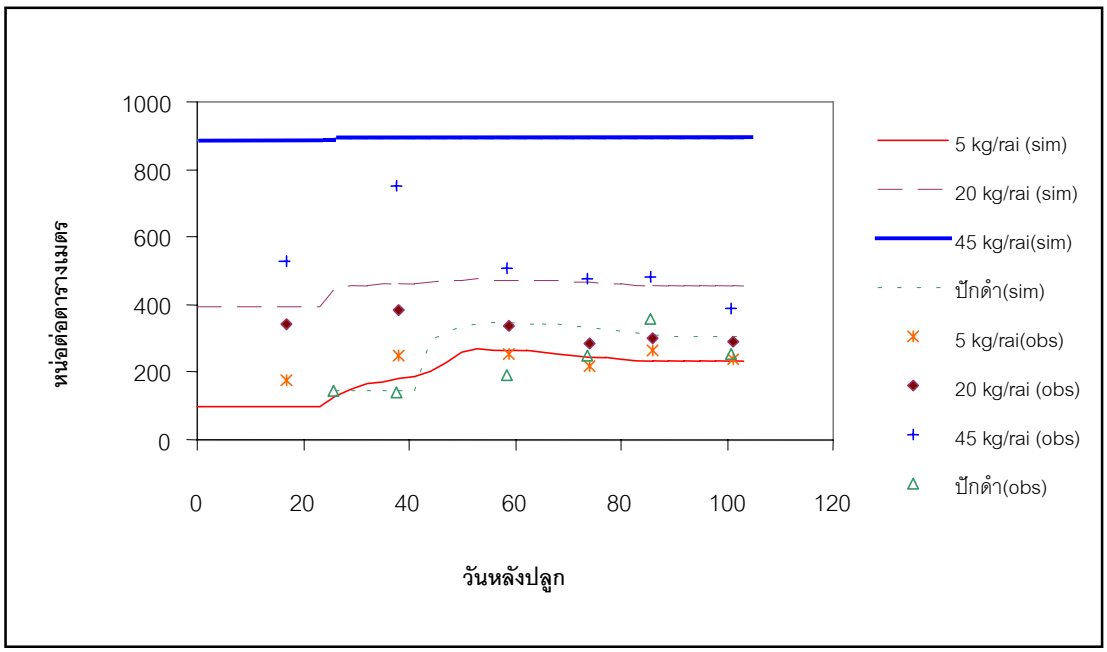
รูปที่ 8–11 ผลผลิตค่าสังเกตและค่าจำลองของข้าวนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ กับผลผลิตข้าวที่ได้จากวิธีการปักดำของข้าว 4 พันธุ์ ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก 2542

ตารางที่ 8-3 การสะสมน้ำหนักส่วนต่างๆ ของข้าวจากการจำลองการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 แบบนาน้ำตมด้วยอัตราเมล็ด 5, 20, 45 กิโลกรัมต่อไร่ และแบบปักดำที่ระยะ 25x25 เซนติเมตร, 3 ต้นต่อกอ ด้วยแบบจำลอง RICER980 modified ที่ค่า G3 = 0.35 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542

อัตราเมล็ดปลูก		5 กิโลกรัมต่อไร่								20 กิโลกรัมต่อไร่								45 กิโลกรัมต่อไร่								ปักดำ 25x25 เซนติเมตร, 3 ต้นต่อกอ									
!YR ! and !DOY	Days after Plant	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.	Dry Weight (kg/ha)					HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.	!YR ! and !DOY	Days after plant	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.
		Leaf	Stem	Grain	Crop					Leaf	Stem	Grain	Crop					Leaf	Stem	Grain	Crop							Leaf	Stem	Grain	Crop				
@DATE	CDAY	LWAD	SWAD	GWAD	CWAD	G#AD	HIAD	EWAD	T#AD	LWAD	SWAD	GWAD	CWAD	G#AD	HIAD	EWAD	T#AD	LWAD	SWAD	GWAD	CWAD	G#AD	HIAD	EWAD	T#AD	@DATE	CDAY	LWAD	SWAD	GWAD	CWAD	G#AD	HIAD	EWAD	T#AD
99225	0	1	1	0	1	0	0	0	98	4	4	0	4	0	0	0	393	9	9	0	9	0	0	0	885										
99227	2	1	1	0	1	0	0	0	98	4	4	0	4	0	0	0	393	9	9	0	9	0	0	0	885										
99230	5	1	1	0	2	0	0	0	98	4	4	0	8	0	0	0	393	10	9	0	19	0	0	0	885										
99233	8	2	1	0	3	0	0	0	98	10	4	0	14	0	0	0	393	21	9	0	30	0	0	0	885										
99236	11	6	1	0	7	0	0	0	98	26	4	0	30	0	0	0	393	57	9	0	65	0	0	0	885										
99239	14	11	1	0	12	0	0	0	98	44	4	0	48	0	0	0	393	99	9	0	108	0	0	0	885										
99242	17	17	1	0	18	0	0	0	98	67	4	0	71	0	0	0	393	150	9	0	159	0	0	0	885										
99245	20	23	1	0	24	0	0	0	98	93	4	0	97	0	0	0	393	208	9	0	217	0	0	0	885										
99248	23	31	1	0	32	0	0	0	98	125	4	0	129	0	0	0	393	267	9	0	276	0	0	0	885										
99251	26	61	1	0	61	0	0	0	132	235	4	0	239	0	0	0	449	381	9	0	389	0	0	0	889	99252	0	33	1	0	35	0	0	0	144
99254	29	175	1	0	176	0	0	0	148	471	4	0	475	0	0	0	456	513	9	0	522	0	0	0	889	99253	1	33	1	0	35	0	0	0	144
99257	32	344	84	0	429	0	0	0	164	534	98	0	632	0	0	0	458	555	78	0	632	0	0	0	889	99256	4	34	1	0	36	0	0	0	144
99260	35	392	180	0	572	0	0	0	171	545	149	0	694	0	0	0	459	570	120	0	690	0	0	0	890	99259	7	37	1	0	39	0	0	0	144
99263	38	417	271	0	687	0	0	0	180	552	194	0	746	0	0	0	461	583	163	0	746	0	0	0	890	99262	10	46	1	0	47	0	0	0	144
99266	41	433	351	0	785	0	0	0	189	567	252	0	819	0	0	0	463	600	210	0	811	0	0	0	890	99265	13	53	1	0	55	0	0	0	144
99269	44	486	451	0	936	0	0	0	203	638	355	0	992	0	0	0	467	678	296	0	974	0	0	0	890	99268	16	102	9	0	111	0	0	0	296
99272	47	571	620	0	1191	0	0	0	230	737	528	0	1265	0	0	0	471	817	435	0	1252	0	0	0	891	99271	19	203	33	0	236	0	0	0	314
99275	50	660	802	0	1462	0	0	0	260	783	750	0	1533	0	0	0	474	1086	452	0	1538	0	0	0	891	99274	22	375	102	0	477	0	0	0	335
99278	53	710	947	0	1657	0	0	0	267	819	909	0	1729	0	0	0	475	1324	415	0	1739	0	0	0	891	99277	25	417	208	0	625	0	0	0	342
99281	56	761	1109	0	1869	0	0	0	265	855	1091	0	1946	0	0	0	474	1504	459	0	1963	0	0	0	891	99280	28	430	303	0	733	0	0	0	347
99284	59	804	1253	0	2057	0	0	0	264	886	1252	0	2137	0	0	0	473	1653	511	0	2164	0	0	0	891	99283	31	465	475	0	940	0	0	0	345

ตารางที่ 8-3 (ต่อ)

อัตราเมล็ดปลูก ---------- 5 กิโลกรัมต่อไร่ ----------										---------- 20 กิโลกรัมต่อไร่ ----------									---------- 45 กิโลกรัมต่อไร่ ----------									---------- ปักดำ 25x25 เซนติเมตร, 3 ต้นต่อกอ ----------									
!YR ! and !DOY	Days after Plant	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.	!YR ! and !DOY	Days after plant	Dry Weight (kg/ha)				Grain per m^2	HI	Panicle Wgt. kg/ha	Tiller No.
		Leaf	Stem	Grain	Crop					Leaf	Stem	Grain	Crop					Leaf	Stem	Grain	Crop							Leaf	Stem	Grain	Crop				
@DATE	**CDAY**	**LWAD**	**SWAD**	**GWAD**	**CWAD**	**G#AD**	**HIAD**	**EWAD**	**T#AD**	**LWAD**	**SWAD**	**GWAD**	**CWAD**	**G#AD**	**HIAD**	**EWAD**	**T#AD**	**LWAD**	**SWAD**	**GWAD**	**CWAD**	**G#AD**	**HIAD**	**EWAD**	**T#AD**	**@DATE**	**CDAY**	**LWAD**	**SWAD**	**GWAD**	**CWAD**	**G#AD**	**HIAD**	**EWAD**	**T#AD**
99287	62	835	1419	0	2254	0	0	0	262	917	1416	0	2333	0	0	0	472	1762	606	0	2368	0	0	0	890	99286	34	536	686	0	1222	0	0	0	343
99290	65	871	1550	0	2421	0	0	0	259	950	1558	0	2509	0	0	0	471	1853	685	0	2539	0	0	0	890	99289	37	608	884	0	1492	0	0	0	342
99293	68	898	1706	0	2604	0	0	0	256	1037	1663	0	2700	0	0	0	469	1964	782	0	2746	0	0	0	890	99292	40	639	1030	0	1669	0	0	0	340
99296	71	958	1881	0	2840	0	0	0	251	1157	1788	0	2945	0	0	0	467	2105	905	0	3010	0	0	0	890	99295	43	684	1218	0	1903	0	0	0	337
99299	74	1016	2056	0	3072	0	0	0	245	1239	1951	0	3190	0	0	0	464	2192	1081	0	3273	0	0	0	890	99298	46	740	1394	0	2134	0	0	0	333
99302	77	1015	2316	0	3331	0	0	0	242	1237	2210	0	3447	0	0	0	463	2189	1353	0	3543	0	0	0	890	99301	49	782	1604	0	2386	0	0	0	328
99305	80	1013	2527	0	3540	0	0	0	238	1235	2429	0	3664	0	0	0	461	2187	1581	0	3768	0	0	0	890	99304	52	870	1708	0	2578	0	0	0	322
99308	83	1012	2884	0	3896	0	0	0	234	1234	2865	0	4099	0	0	0	458	2185	8372	-3726	4275	0	0	-6282	890	99307	55	921	1860	0	2782	0	0	0	317
99311	86	1010	1217	1327	4358	0	0.304	2131	234	1232	**3979**	**-138**	4767	0	0	-444	458	2183	8706	-3317	5016	0	0	-5872	890	99310	58	920	2181	0	3101	0	0	0	313
99314	89	998	1176	1640	4619	0	0.355	2445	234	1230	4004	268	5197	0	0.05	-37	458	2180	8754	-2887	5491	0	0	-5442	890	99313	61	919	2434	0	3352	0	0	0	308
99317	92	991	1171	1923	4889	0	0.393	2728	234	1223	4088	654	5659	0	0.12	348	458	2171	8876	-2488	6003	0	0	-5043	890	99316	64	917	1417	880	3760	0	0.2	1426	304
99320	95	977	1138	2181	5101	0	0.428	2985	234	1214	4164	1003	6076	0	0.17	698	458	2161	8985	-2126	6464	0	0	-4681	890	99319	67	906	1431	1109	3991	0	0.3	1654	304
99323	98	954	1060	2433	5251	0	0.463	3238	234	1204	4164	1309	6372	0	0.21	1004	458	2148	8994	-1796	6789	0	0	-4352	890	99322	70	891	1377	1506	4320	0	0.3	2051	304
99326	101	935	992	2620	5318	0	0.493	3424	234	1196	4164	1482	6484	0	0.23	1177	458	2079	9027	-1663	6887	-6323	0	-4219	890	99325	73	865	1268	1857	4536	0	0.4	2402	304
99328	103	935	992	3082	5318	11718	0.58	3424	234	1196	4164	1482	6484	5637	0.23	1177	458	2079	9027	-1663	6887	-6323	0	-4219	890	99328	76	840	1164	2146	4696	0	0.5	2691	304
																										99331	79	810	1039	2403	4797	0	0.5	2948	304
																										99334	82	787	935	2578	4829	0	0.5	3123	304
																										99337	85	787	935	2824	4829	10736	0.6	3137	304



รูปที่ 8-12 เปรียบเทียบจำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ระหว่างค่าจำลอง (sim) ด้วย RICER980 modified ที่ใช้ค่า G3= 0.35 กับค่าสังเกต (obs) โดยการปลูกด้วยวิธีหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ด 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่และปักดำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542

สรุป

แบบจำลอง CERES-Rice ทั้งเวอร์ชันดั้งเดิม (RICER940) และเวอร์ชันปรับปรุงใหม่ (RICER980 modified) ต่างก็มีความสามารถในการประเมินระยะพัฒนาการของข้าวได้ดีไม่ว่าจะเป็นข้าวที่ไวแสงหรือไม่ไวแสงก็ตาม แต่ข้อได้เปรียบของแบบจำลองในเวอร์ชัน RICER980 modified ได้แก่ การที่แบบจำลองดังกล่าวสามารถจำลองจำนวนหน่อที่ตอบสนองต่อจำนวนประชากรข้าวได้เป็นที่น่าพอใจ แต่แบบจำลองเวอร์ชันนี้มีข้อจำกัดที่การกำหนดประชากรข้าวในอัตราที่สูง

สำหรับการจำลองผลผลิตข้าวที่มีการหว่านปลูกในอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ระดับต่างกันและการปลูกแบบปักดำ แบบจำลองสามารถแสดงให้เห็นถึงการทดแทนของประชากรบนพื้นที่ในกรณีที่มีการปลูกที่อัตราความหนาแน่นเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้รับสอดคล้องกับผลที่วัดได้จริงกับงานทดลองในแปลงเพาะปลูก

สรุปโดยรวมแล้วแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice มีความสามารถที่จะจำลองการพัฒนาการและการให้ผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่แบบจำลองมีความสามารถตอบสนองต่อการจัดการวิธีการปลูกข้าว รวมทั้งความหนาแน่นประชากรข้าวได้ดี และโดยรวมแล้วสอดคล้องกับผลที่วัดได้จากงานที่ทำการทดสอบในภาคสนาม อย่างไรก็ตามการที่จะนำแบบจำลอง CERES-Rice มาใช้งานไม่ว่าเพื่อที่จะเป็นเครื่องมือในการ

ประกอบการตัดสินใจการผลิตข้าว หรือจะเป็นการประเมินผลผลิตข้าว หรือการหากลยุทธ์การจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวก็ตาม ผู้ใช้พึงต้องตระหนักว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อสมมติฐานที่เป็นตัวจำกัดแบบจำลองที่จะผนวกปัจจัยอื่นๆ ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริง เช่น ปัจจัยที่ไม่สามารถถูกควบคุมด้วยแบบจำลอง เช่น ศัตรูพืช (แมลง วัชพืช และโรค) และธาตุอาหารอื่นๆ นอกเหนือจากไนโตรเจน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถจำลองพัฒนาการและผลผลิตที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้สมบูรณ์แบบ จากผลการศึกษาครั้งนี้ได้พบข้อจำกัดของการใช้แบบจำลอง ได้แก่ การกำหนดอัตราการหว่านเมล็ด ซึ่งเป็นข้อชี้แนะว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลองนอกจากจะต้องคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าแล้ว ผู้ใช้จะต้องมีความเข้าใจถึงข้อจำกัดของแบบจำลองนั้นๆ ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2533. เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 59 พันธุ์. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2536. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพกับพืชเศรษฐกิจ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 106 หน้า.

จิรวัฒน์ เวชแพศย์, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, อานันท์ ผลวัฒนะ และ ทุสยันส์ ปาละ. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. หน้า 141-165. *ใน* เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : โพสพ 1.0. หน้า 213-237. *ใน* เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัฒน์ เวชแพศย์ และ อานันท์ ผลวัฒนะ. 2542. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยการใช้ Genotype Coefficient Calculator (GENCALC). หน้า 84-111. *ใน* เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 4 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันวิจัยข้าว. 2533. รายงานประจำปี 2532. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. เอกสารโรเนียวเย็บเล่ม. 321 หน้า.

De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons, Inc., NY. 618 p.

Hunt, L.A. and S. Pararajasingham. 1994. GENCALC: Genotype Coefficient Calculator USER'S GUIDE Version 3.0. Department of Crop Science, University of Guelph. Publication No. LAH-01-94. Crop Simulation Series No.3.

IBSNAT. 1988. Experimental Design and Data Collection Procedures for IBSNAT. IBSNAT Technical Report 1, Third Edition, Revised 1988. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, HI.

Jongdee, S., J.H. Mitchell, and S. Fukai. 1997. Modeling Approach for Estimation of Rice Yield Reduction Due to Drought in Thailand. p.65-73. *In* Fukui, S., M. Cooper and J. Salisbury (eds.). Breeding Strategies for Rainfed Lowland Rice in Drought-prone Environments. Proceedings of an International Workshop, Ubon Ratchathani, Thailand, 5-8 November 1996. ACIAR Proceeding No.77.

Matsushima, S. 1970. Crop Science in Rice. Fuji Publ. Co. Ltd., Tokyo. 367 p.

Ritchie, J.T., E.C. Alocilja, and G. Uehara, 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. Agrotechnology Transfer. 3:1-5.

Takenaga, H. 1995. Nutrient Absorption in Relation to Environmental Factors. p. 278-310. *In* Matsuo, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara, and H. Hirata (eds.). Science of the Rice Plant. Vol. 2 Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo, Japan.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 269 p.

กลับสู่เมนูหลัก กลับสู่สารบัญ