การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน

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

คำนำ

หลังจากที่ได้ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไทย ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 สำหรับใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice (Ritchie et al., 1986) เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย "ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ" (จิรวัฒน์ และคณะ, 2543) ขั้นตอนที่จำเป็นต่อมาคือการทดสอบเพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง หรือ model validation โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากสภาพความเป็นจริง ซึ่งแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองนี้ Anderson (1974) อ้างอิงโดย Dent และ Blackie (1979) เสนอว่ามี 4 แหล่งด้วยกันคือ (1) ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (2) ข้อมูลที่มีอยู่เดิมแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (3) ข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมเมื่อแบบจำลองได้พัฒนาเสร็จแล้ว และ (4) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากงานทดลองเพื่อการทดสอบแบบจำลอง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองหรือปรับแบบจำลอง (เช่น การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม) โดยปกติแล้วไม่จัดว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง (validation) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้สร้างงานทดลองขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการที่จะศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อการจัดการน้ำ (นาชลประทานและนาอาศัยน้ำฝน) รวมทั้งอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างกัน และใช้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้มาทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง CERES-Rice โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษาของจิรวัฒน์ และคณะ (2543) ในการทดสอบแบบจำลองครั้งนี้จะได้เปรียบเทียบพฤติกรรมของการจำลองการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งการให้ผลผลิตกับข้อมูลที่ได้จากงานทดลองภาคสนาม

[1] ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานศึกษานี้ได้ทำการทดลองในช่วงปี 2541 และ 2542 เพื่อศึกษาความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวภายใต้ทรีตเมนต์ที่กำหนด โดยวางแผนการทดลองแบบ Split-split plot มี main plot คือการจัดการน้ำแบบอาศัยน้ำฝน (นาน้ำฝน) กับให้น้ำชลประทาน (นาชลประทาน) ซึ่งได้ควบคุมให้มีระดับน้ำสูง 10-15 เซนติเมตรเหนือผิวดินตลอดฤดูปลูก ใช้พันธุ์ข้าว 2 พันธุ์คือ ขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 เป็น sub-plot และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับคือ 0, 45, 90 และ 135 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (งานทดลองในปี 2541) และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับคือ 0, 70, 140 และ 210 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (งานทดลองในปี 2542) เป็น sub-sub plot มีจำนวน 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 4×8 ตารางเมตร ทำการปลูกโดยวิธีปักดำที่ระยะ 25×25 เซนติเมตร และมีการจัดการอื่นๆ ในระดับที่เหมาะสม สถานที่ทำการทดลองมีสองแห่งคือสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ปักดำเมื่อวันที่ 19 และ 17 สิงหาคม 2541 (งานทดลองในปี 2541) ตามลำดับ และวันที่ 6 และ 13 สิงหาคม 2542 ณ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก และสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามลำดับ (งานทดลองในปี 2542)

การบันทึกข้อมูล

ในระหว่างการทดลองได้ทำการบันทึกพัฒนาการของข้าวตามระยะการเจริญเติบโตตามแบบฟอร์มของ IBSNAT (1988) การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักรวงของข้าวในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ได้แก่ ระยะข้าวแตกกอ ระยะกำเนิดช่อรวง ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ โดยสุ่มวัดจำนวน 2 กอทุกๆ สองสัปดาห์ นอกจากนี้ยังทำการนับจำนวนต้น จำนวนหน่อ จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักและจำนวนเมล็ดดีเมล็ดลีบต่อรวง รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินที่ระยะก่อนปลูกและปริมาณไนโตรเจนในต้น ใบ เมล็ดข้าวสาร ข้าวกล้อง และแกลบในช่วงเก็บเกี่ยว สำหรับการบันทึกข้อมูลอากาศรายวันนั้นได้บันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ความยาววัน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลอง โดยอาศัยเครื่องวัดภูมิอากาศอัตโนมัติ (Data Logger)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ผลของการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยงานทดลอง

เนื่องจากผลการศึกษาในปี 2541 พบว่าแปลงทดลองปลูกข้าวที่กำหนดเป็นแปลงอาศัยน้ำฝน (rainfed) ทั้งที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก เกิดการซึมของน้ำจากแปลงที่ให้น้ำชลประทานเข้าสู่แปลงนาน้ำฝน ทำให้สภาพความเป็นจริงของข้าวในแปลงที่กำหนดให้อาศัยน้ำฝนในการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียวมิได้เป็นไปตามแผนที่กำหนด โดยพบว่าต้นข้าว

ไม่เกิดอาการเครียดเพราะการขาดน้ำ (drought stress) แต่ได้มีการแก้ไขข้อผิดพลาดในงานทดลองในปี 2542 ดังนั้นการรายงานผลการศึกษาการตอบสนองของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวต่อปัจจัยงานทดลองซึ่งได้แก่การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนจะเสนอผลของการศึกษาในปี 2542 เท่านั้น

ผลการศึกษาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลผลิต

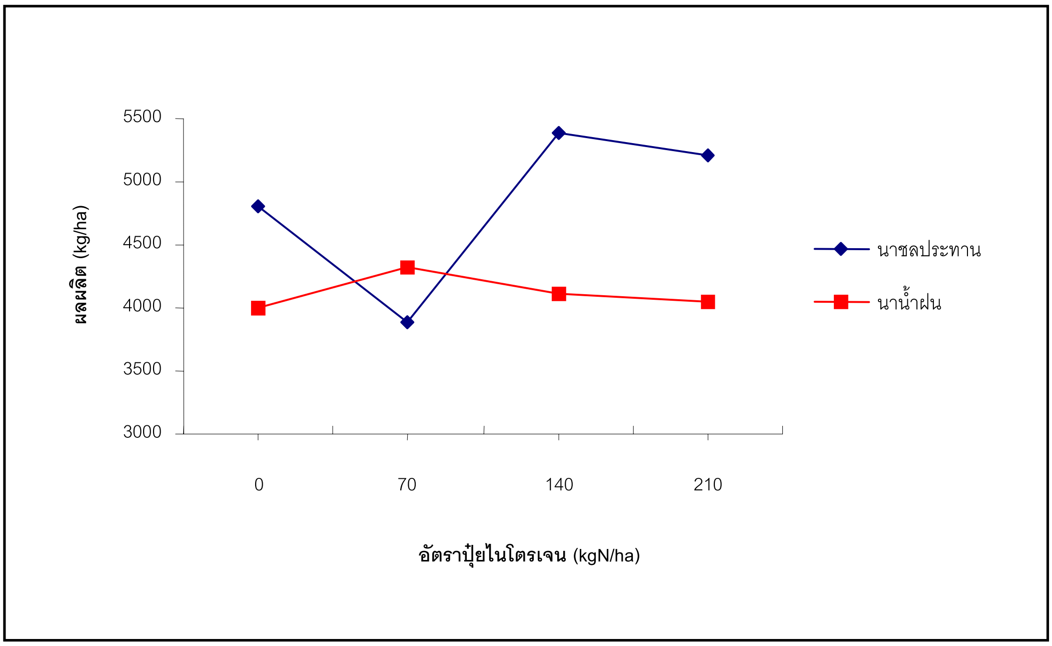
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) (ตารางที่ 7-1) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และผลการวิเคราะห์ยังพบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างระบบการจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (I×N interaction, $p<0.01$) ต่อผลผลิตของข้าว

ตารางที่ 7-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการศึกษาผลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน (เชียงใหม่)

Source of Variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนัก 100 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	จำนวนรวงต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง
การให้น้ำ (I)	ns	*	ns	*	*	ns
พันธุ์ (V)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปุ๋ยไนโตรเจน (N)	*	**	ns	ns	**	ns
I x V	ns	ns	*	ns	ns	ns
I x N	**	*	ns	ns	**	ns
V x N	ns	ns	ns	ns	**	ns
I x V x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

อย่างไรก็ตามไม่พบว่าการให้ผลผลิตมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าว รูปที่ 7-1 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวที่มีการให้น้ำแบบชลประทานตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่มากขึ้น ทั้งนี้ผลผลิตของข้าวที่ได้สูงสุดอยู่ในระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ซึ่งให้ผลผลิต 4750 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนนั้นผลผลิตไม่ได้เพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้นก็ตาม ทั้งนี้ข้าวในแปลงที่อาศัยน้ำฝนให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 4120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์



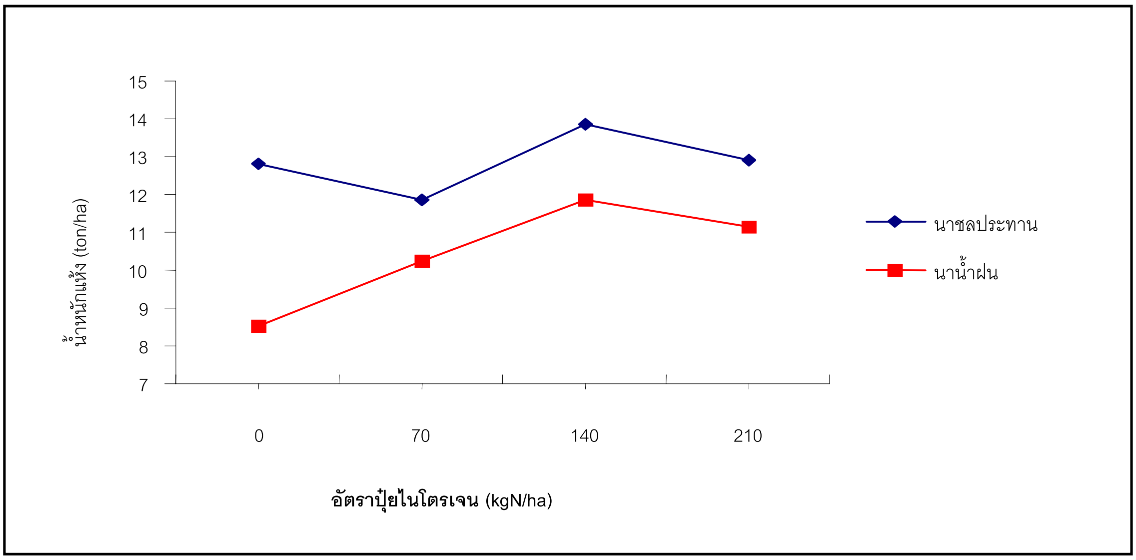
รูปที่ 7-1 การตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)

น้ำหนักแห้งรวม

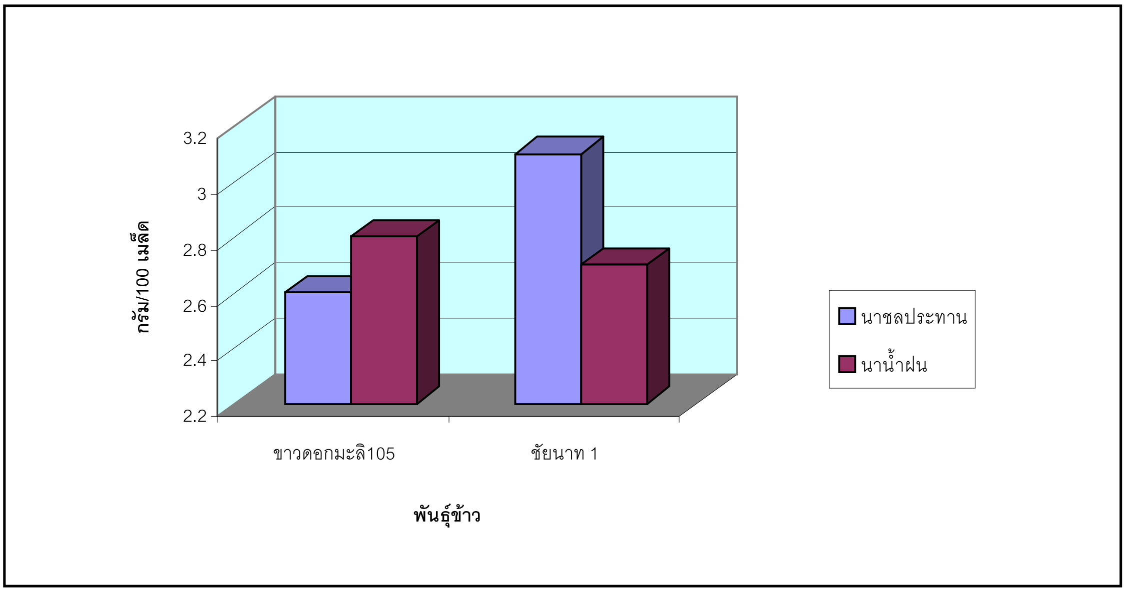
ในทำนองเดียวกับผลผลิต จากผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 7-1) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวม (total dry matter) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และพบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระบบการจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (I×N interaction, $p<0.05$) ต่อน้ำหนักแห้งรวม นอกจากนั้นยังพบว่ามีความแตกต่างในน้ำหนักแห้งรวมระหว่างระบบการให้น้ำชลประทานกับการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ($p<0.05$) รูปที่ 7-2 แสดงให้เห็นว่าการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของข้าวมีแนวโน้มที่มากขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ และน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่มีการให้น้ำชลประทานจะสูงกว่าน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว โดยเฉลี่ยแล้วน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำชลประทานและอาศัยน้ำฝนจะได้ 12.8 ตันต่อเฮกตาร์ และ 10.4 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิต (ตารางที่ 7-1)พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างทรีตเมนต์การจัดการน้ำและพันธุ์ (I×V interaction, $p<0.05$) ทั้งนี้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ค่อนข้างจะคงที่ไม่ว่าจะปลูกในระบบการให้น้ำแบบชลประทานหรืออาศัยน้ำฝนโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 2.7 กรัม/100 เมล็ด (รูปที่ 7-3) ในขณะที่น้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เมื่อปลูกในระบบที่ให้น้ำชลประทานมีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย (3.1 กรัม/100 เมล็ด) ซึ่งมากกว่าน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ปลูกอาศัยน้ำฝนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.7 กรัม/100 เมล็ด



รูปที่ 7-2 การตอบสนองของการสะสมน้ำหนักแห้งข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)



รูปที่ 7-3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยที่ต่างกัน (เชียงใหม่)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-1) พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะทรีตเมนต์การจัดการน้ำเท่านั้น โดยพบว่าการปลูกข้าวโดยการให้น้ำชลประทานจะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงเฉลี่ย 25.2% ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเท่ากับ 14.9% เท่านั้น ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบในพันธุ์และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

จำนวนรวงต่อตารางเมตร

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-1) พบว่ามีความแตกต่างกันของจำนวนรวงต่อพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทรีตเมนต์การจัดการน้ำ (p<0.05), อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (p<0.01) และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (I×N, p<0.01) และพันธุ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (V×N, p<0.01) ตารางที่ 7-2 แสดงจำนวนเฉลี่ยของรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยทั่วไปแล้วจะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้จำนวนรวงเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของจำนวนรวงต่อพื้นที่นี้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จะตอบสนองต่อการเพิ่มของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่มากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในทำนองเดียวกันข้าวที่ปลูกทั้งในระบบการจัดการให้น้ำชลประทานและอาศัยน้ำฝนเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น แต่การตอบสนองของข้าวในการแตกรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในระบบการให้น้ำชลประทานจะสูงกว่าการตอบสนองของข้าวในการแตกรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกอาศัยน้ำฝน

ตารางที่ 7-2 จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของข้าวเฉลี่ยตามพันธุ์และการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)

ปริมาณไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)	**พันธุ์ข้าว**		**การจัดการน้ำ**	
	ขาวดอกมะลิ 105	ชัยนาท 1	นาชลประทาน	นาน้ำฝน
0	314	298	346	266
70	302	314	300	315
140	379	422	413	389
210	380	450	434	396
เฉลี่ย	344	371	373	341

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-1) พบว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกทรีตเมนต์ของการทดลอง โดยเฉลี่ยแล้วข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 79.7 เมล็ด และ 75.0 เมล็ด ตามลำดับ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลผลิตและการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ตอบสนองต่อการจัดการน้ำและอัตราการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่น่าพอใจแตกต่างกับผลการศึกษาในปี 2541-2542 ซึ่งเกิดความผิดพลาดจากการควบคุมน้ำในแปลงทดลอง โดยพบว่าแปลงทดลองปลูกข้าวที่กำหนดเป็นแปลงอาศัยน้ำฝน (rainfed) เกิดการซึมของน้ำจากแปลงที่ให้น้ำชลประทานเข้าสู่แปลงดังกล่าว (ศักดิ์ดา และคณะ, 2542) ทำให้สภาพความเป็นจริงของข้าวในแปลงที่กำหนดให้อาศัยน้ำฝนในการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียว

มิได้เป็นไปตามแผนที่กำหนด จากการสังเกตพบว่าไม่เกิดสภาวะความเครียดของข้าวเนื่องจากการขาดน้ำในแปลงเพาะปลูกข้าว ส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงที่ปลูกในแปลงที่ให้น้ำชลประทานและแปลงที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว การทดลองในปี 2542-2543 ได้ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังกล่าวโดยการแยกแปลงปลูกที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวกับแปลงปลูกทดลองที่ให้น้ำชลประทาน ซึ่งการแก้ไขดังกล่าวสามารถทำให้เห็นผลของการตอบสนองของการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวต่ออัตราการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญในแปลงที่ปลูกโดยการให้น้ำชลประทาน จากผลการศึกษาพบว่าผลผลิตและการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ในแปลงที่ให้น้ำชลประทานเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตรา 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ หรือ 22.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ทั้งผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งฟางสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนดังกล่าวเป็นอัตราที่ทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์ตอบสนองในช่วงเหมาะสมสำหรับการศึกษาครั้งนี้ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวผลผลิตจะไม่เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ แต่น้ำหนักแห้งฟางเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจนถึงน้ำหนักฟางสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวในสภาพที่แปลงนาขาดน้ำเป็นระยะๆ เช่น ในกรณีที่ฝนขาดช่วงจะไม่ช่วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่การตอบสนองของข้าวจะเป็นการเพิ่มขึ้นของฟางเป็นหลัก

เป็นที่น่าสังเกตว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนน้อยกว่าข้าวที่ปลูกโดยการให้น้ำชลประทาน อาจอธิบายผลดังกล่าวได้ว่าเนื่องจากการปลูกข้าวโดยไม่ขาดน้ำส่งผลให้จำนวนรวงต่อพื้นที่มากกว่าข้าวที่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าโอกาสการเกิดเมล็ดลีบจะมีมากกว่า และจากการศึกษายังแสดงผลที่สอดคล้องกันโดยพบว่าน้ำหนักเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนจะสูงกว่าน้ำหนักเมล็ดของข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำชลประทาน และในทำนองกลับกันข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีน้ำหนักเมล็ดของข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำชลประทานสูงกว่าข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยพบว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน (เฉลี่ย 78 เมล็ด) มีน้อยกว่าจำนวนเมล็ดที่ได้จากการปลูกโดยการให้น้ำชลประทาน (เฉลี่ย 82 เมล็ด) และในทางตรงกันข้ามข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกโดยให้น้ำชลประทานมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เฉลี่ย 73 เมล็ด) น้อยกว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน (เฉลี่ย 78 เมล็ด) ซึ่งผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากจะส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดลดลง โดยอาจเป็นผลมาจากการเฉลี่ยถ่ายสารสังเคราะห์จาก source ที่จำกัดไปสู่ sink ที่มากกว่า (Matsushima, 1970)

ผลการศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก

ผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) (ตารางที่ 7-3) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในประเด็นของการจัดการน้ำ คงพบแต่พันธุ์และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเท่านั้นที่มีผลต่อผลผลิตที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับเดียวกัน ($p < 0.01$) และไม่พบสหสัมพันธ์ต่อปัจจัยต่างๆ ต่อผลผลิต โดยพบว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1839 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 1 ได้ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2939 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สำหรับการตอบสนองของข้าวต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าที่อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ได้ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 2799 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 7-4)

ตารางที่ 7-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการศึกษาผลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน (พิษณุโลก)

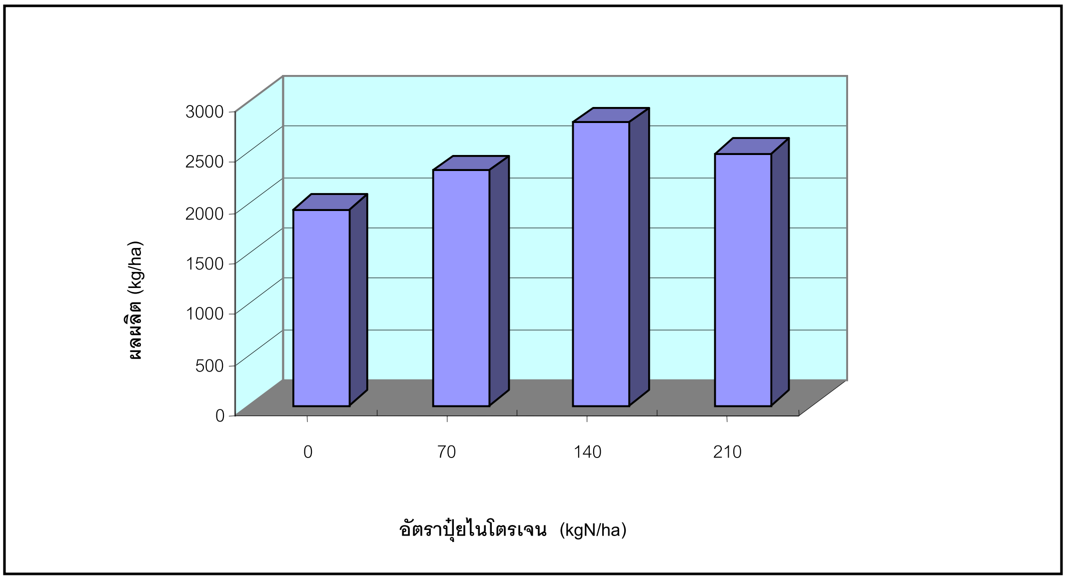
Source of variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	จำนวนรวงต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดต่อรวง
การให้น้ำ (I)	ns	*	ns	ns	ns	ns
พันธุ์ (V)	**	**	**	*	ns	ns
ไนโตรเจน (N)	**	**	ns	ns	ns	ns
I x V	ns	*	ns	*	ns	ns
I x N	ns	**	*	ns	ns	**
V x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I x V x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

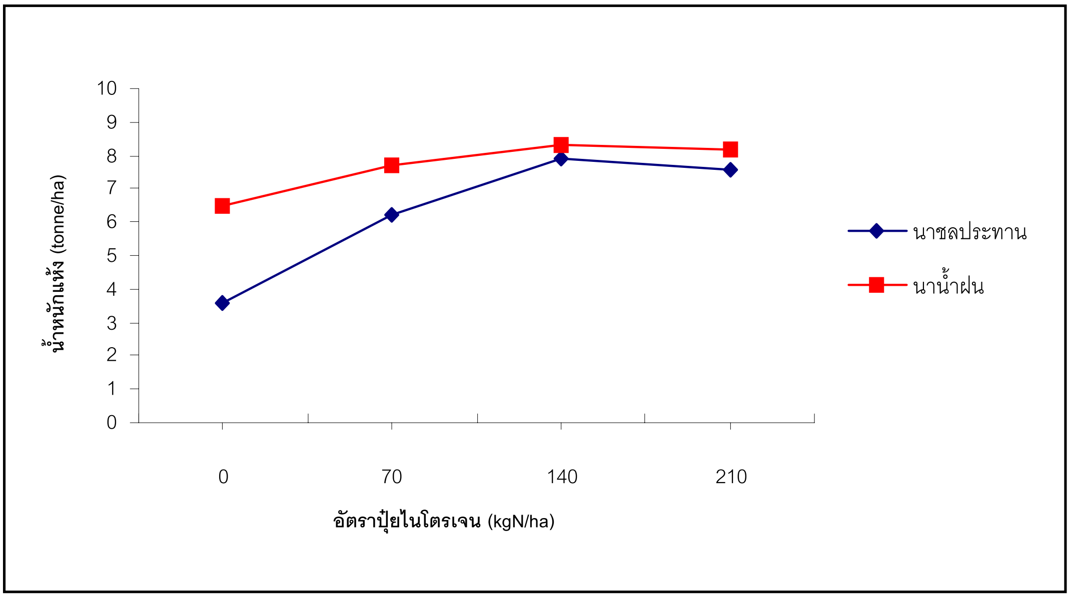
น้ำหนักแห้งรวม

ในทำนองเดียวกับผลผลิต ผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 7-3) พบว่าการจัดการน้ำมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกันพันธุ์และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนก็มีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับเดียวกัน ($p<0.01$) และพบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับพันธุ์ (I×V interaction, $p<0.05$) และการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (I×N interaction, $p<0.05$) มีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมดังที่ได้กล่าวแล้วในตอนแรก การทดลองในปี 2542 มีฝนดีต้นข้าวจึงไม่เกิดอาการเครียดเพราะขาดน้ำและดินแปลงนาที่ใช้ในการทดลองการให้น้ำทั้งสองระบบเป็นดินต่างชนิดกัน ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จึงพบว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้น้ำหนักแห้งรวม 7.9 ตันต่อเฮกตาร์เมื่อปลูกในนาน้ำฝน และ 6.9 ตันต่อเฮกตาร์

เมื่อปลูกในนาชลประทาน ทำนองเดียวกันพันธุ์ชัยนาท 1 ให้น้ำหนักแห้งรวม 7.5 ตันต่อเฮกตาร์ในนาน้ำฝน และ 5.7 ตันต่อเฮกตาร์ในนาชลประทาน และที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้น้ำหนักแห้งรวมของข้าวสูงสุดทั้งนาน้ำฝนและนาชลประทานที่ 8.3 ตันต่อเฮกตาร์และ 7.9 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (รูปที่ 7-5)



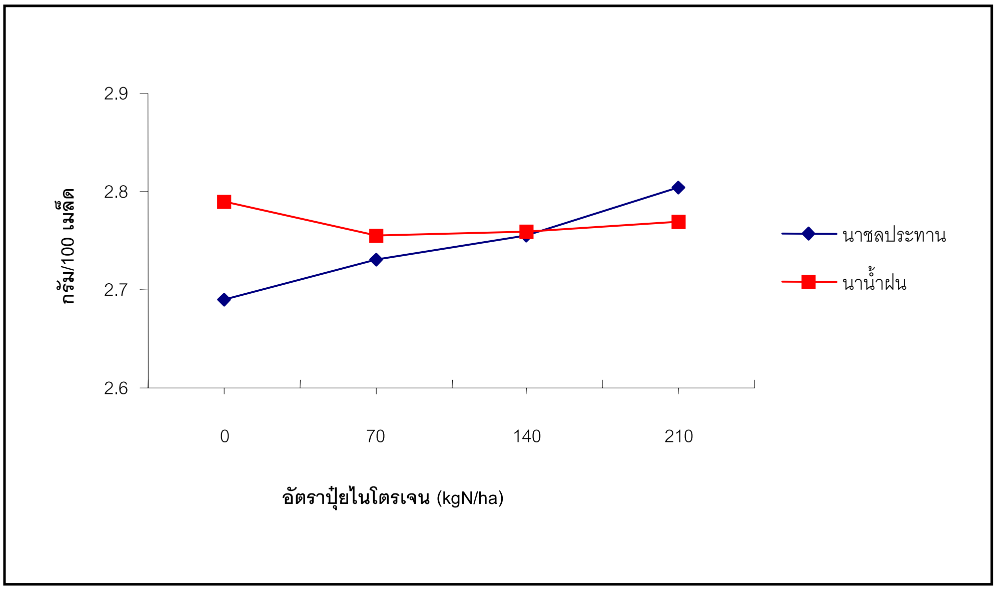
รูปที่ 7-4 การตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน (พิษณุโลก)



รูปที่ 7-5 การตอบสนองของการสะสมน้ำหนักแห้งข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (พิษณุโลก)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-3) พบว่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) และยังพบอีกว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (I×N interaction, p<0.05) โดยพบว่าการปลูกข้าวที่แปลงนาน้ำฝนทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 2.8 กรัม ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยในระดับใด ในขณะที่ในแปลงนาชลประทานน้ำหนัก 100 เมล็ดวัดได้ 2.7 กรัมที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 2.8 กรัมที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 7-6)



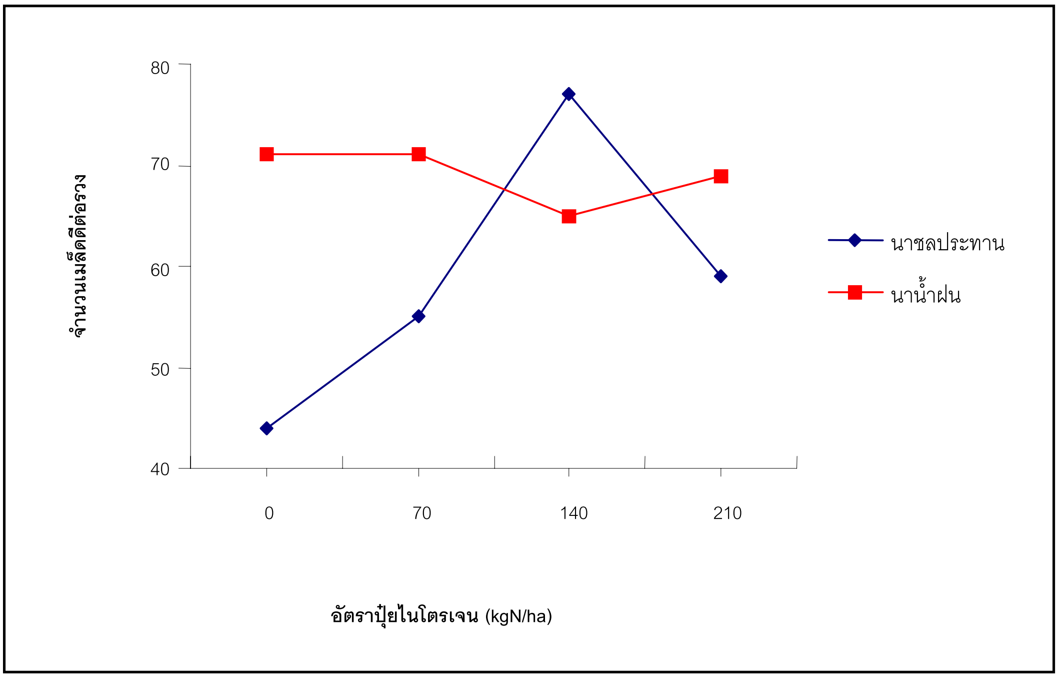
รูปที่ 7-6 การตอบสนองของน้ำหนัก 100 เมล็ดต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (พิษณุโลก)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-3) พบว่าความแตกต่างระหว่างข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) อีกทั้งยังพบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการให้น้ำกับพันธุ์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (I×V interaction, p<0.05) แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวแบบนาน้ำฝนและชลประทานมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงเมื่อปลูกข้าวต่างพันธุ์กัน โดยพบว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง 23% ในนาน้ำฝน ในขณะที่พบ 31% ในนาชลประทาน แต่สำหรับพันธุ์ชัยนาท 1 กลับพบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง 21% ไม่ว่าจะปลูกแบบนาน้ำฝนหรือชลประทาน

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-3) พบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (I×N interaction, $p<0.01$) โดยพบว่าการปลูกข้าวแบบนาน้ำฝนได้จำนวนเมล็ดดี 71 เมล็ดต่อรวงเท่ากันเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 70 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แต่เมื่อให้น้ำแบบชลประทานการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมต่อไร่ได้ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด 77 เมล็ดต่อรวง (รูปที่ 7-7)



รูปที่ 7-7 การตอบสนองของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (พิษณุโลก)

ผลการศึกษาในปี 2542-2543 พบว่าที่พิษณุโลกมีฝนในช่วงฤดูปลูกข้าวดีเกินไป ทำให้แปลงข้าวที่ถูกสมมติให้ได้รับน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียวไม่ขาดน้ำตลอดฤดูปลูก ต้นข้าวจึงไม่แสดงอาการเครียดเพราะภัยแล้ง นอกจากนี้ฝนหลงฤดูในวันที่ 31 ตุลาคม 2542 โดยวัดปริมาณได้ 126 มิลลิเมตร ทำให้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงเกิดการหักล้มและแช่น้ำ นอกเหนือจากนั้นยังพบว่าแปลงข้าวนาน้ำฝนซึ่งแยกห่างจากแปลงชลประทานประมาณ 300 เมตร เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำจากแปลงชลประทาน มีคุณสมบัติของดินร่วนปนทรายที่มีอัตราการไหลซึมของน้ำ (percolation rate) ประมาณ 4 มิลลิเมตรต่อวัน (Jongdee et al., 1997) ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการถ่ายเทก๊าซ O_2 ในดิน จึงดูเหมือนว่าไม่ปรากฏก๊าซ H_2S และ N_2O ในดินที่เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นรวมทั้งผลผลิต ในทางตรงกันข้ามแปลงข้าวนาชลประทานที่พบว่ามีคุณสมบัติของดินร่วนเหนียวที่มีอัตราการไหลซึมของน้ำ 1 มิลลิเมตรต่อวัน (Jongdee et al., 1997) จึงลดการถ่ายเทของก๊าซ

O_2 ในดิน และเกิดกระบวนการ oxidation อันเป็นต้นเหตุของก๊าซพิษที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวดังกล่าว (Takenaga, 1995) ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องผิดปกติที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเรื่องการให้ผลผลิตระหว่างการให้น้ำแบบนาชลประทานและนาน้ำฝน ในประเด็นของพันธุ์เช่นเดียวกันที่พบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมที่ให้ผลผลิตสูง (high yielding variety) มีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงและเจริญเติบโตได้ดีสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง (กรมวิชาการเกษตร, 2533) อย่างไรก็ตามจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นถ้าต้นข้าวไม่เกิดการหักล้มจากฝนที่ผิดปกติปลายฤดูผลผลิตเฉลี่ยของข้าวทั้ง 2 พันธุ์อาจสูงกว่าที่พบในการทดลองครั้งนี้ ในประเด็นของไนโตรเจนพบว่าอัตรา 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ได้ให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวสูงสุด 2068 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แม้กระนั้นก็ตามถ้าต้นข้าวไม่เกิดการหักล้มเพราะพายุฝนดังที่ได้กล่าวมาแล้วและมีการปรับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ใช้ในการทดลอง 37.5 P_2O_5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 37.5 K_2O กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2536) ให้สมดุลกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (Takenaga, 1995) ผลผลิตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์อาจได้สูงกว่าที่พบในการทดลองครั้งนี้

ในประเด็นของสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับพันธุ์ และการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ต้นข้าวในแปลงนาน้ำฝนไม่ได้เกิดอาการเครียดจากการขาดน้ำ (drought stress) เนื่องจากในระหว่างทำการทดลองมีฝนดี ดังนั้นสาเหตุในด้านความแตกต่างในเรื่องน้ำหนักแห้งรวมในแปลงนาน้ำฝนจึงเป็นบทบาทในด้านคุณสมบัติของดินที่มีอัตราการซึมของน้ำที่ดีกว่าซึ่งไม่ได้กระตุ้นการเกิดก๊าซ H_2S และ N_2O ที่เป็นพิษกับรากของข้าวดังกล่าวข้างต้น

ในส่วนของน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าข้าวที่ปลูกในแปลงนาน้ำฝนมีน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ดเท่ากับ 2.8 กรัมที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าในแปลงนาชลประทานที่วัดได้ 2.7 กรัมในอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเท่ากัน ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยนี้เป็นเรื่องปกติที่เกิดขึ้นได้ภายในสถานที่เดียวกันแต่ปีทดลองต่างกัน หรือระหว่างสถานที่ทดลองที่มีระดับความสมบูรณ์ของดินต่างกันหรือระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกัน (สถาบันวิจัยข้าว, 2533) อย่างไรก็ตามน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์จะคงที่ถ้าได้รับอาหารพอเพียงและมีสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ใกล้เคียงกัน (สถาบันวิจัยข้าว, 2533) ดังนั้นจึงพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดในแปลงข้าวนาน้ำฝนที่มีคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวนั้นไม่ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนในขณะที่แปลงนาชลประทานตอบสนองเล็กน้อยจาก 2.7 กรัมเป็น 2.8 กรัม

สำหรับเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบพบว่าทั้งพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ไม่ว่าจะปลูกในสภาพการจัดการน้ำอย่างไรก็มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงระหว่าง 21–23% ยกเว้นพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แปลงข้าวนาชลประทานที่พบเมล็ดลีบเฉลี่ย 31% ความผิดพลาดของการทดลองจากการปฏิบัติงานและการหักล้มจนรวงข้าวบางส่วนจุ่มน้ำอาจเป็นสาเหตุของเรื่องดังกล่าว

ในประเด็นของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยทฤษฎีแล้วจะเป็นปฏิภาคผกผันกับจำนวนรวงต่อตารางเมตร ถ้ามีสิ่งแวดล้อมเหมือนกัน แต่เนื่องจากงานทดลองในปี 2542-2543 นี้มีความแตกต่างกันในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างแปลงข้าวนาน้ำฝนกับข้าวนาชลประทานตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ที่จะทำให้ได้ผลผลิตต่างกันและองค์ประกอบผลผลิตบางส่วนต่างกัน (Matsushima, 1970) ดังที่พบในการทดลองครั้งนี้

2. ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

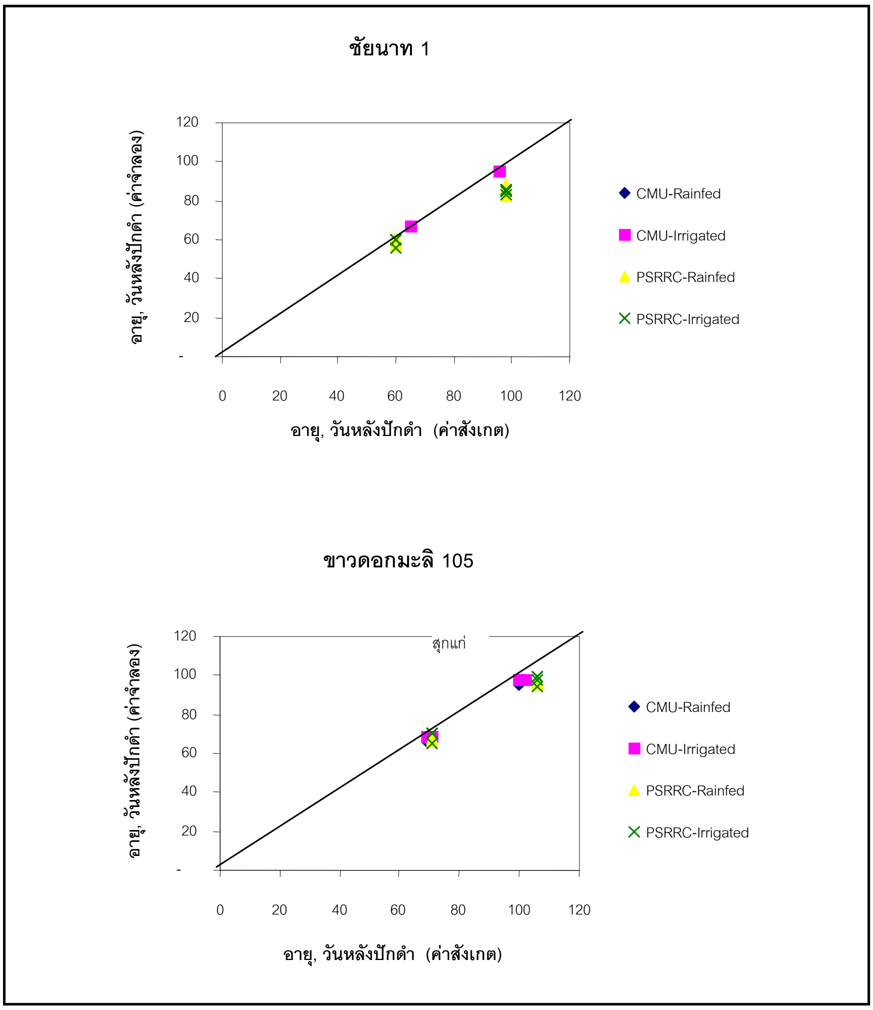
งานศึกษาในปี 2541

การประเมินความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองกับผลงานทดลองการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทานของข้าว พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าการพัฒนาการในแง่ของวันออกดอกและวันสุกแก่ของข้าวได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตของทุกทรีตเมนต์ (รูปที่ 7-8) ทั้งสองสถานที่การทดลอง แต่การประเมินค่าผลผลิตนั้นพบว่าผลผลิตที่ได้จากการจำลองทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลกมากกว่าผลผลิตที่วัดได้จากข้าวที่ปลูกในระบบการให้น้ำแบบชลประทานในทุกระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการที่แบบจำลองมีข้อสมมติฐานที่กำหนดไว้ว่าการจำลองการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวนั้นจะไม่มีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการลดผลผลิตข้าว เช่น ผลของการแก่งแย่งแข่งขันของวัชพืช การเข้าทำลายโดยศัตรูพืช และการหักล้มหรือตกหล่นของเมล็ดข้าวขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งในสภาพแปลงเพาะปลูกจริงจะมีปัจจัยดังกล่าวมาเกี่ยวข้องในระดับหนึ่งจึงทำให้ผลผลิตจากการจำลองน่าจะเป็นผลผลิตที่ควรจะได้รับ (attainable yield) ส่วนข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนพบว่าแบบจำลองประเมินผลผลิตได้ต่ำกว่าค่าที่วัดได้จากแปลงทดลอง (รูปที่ 7-9) ซึ่งทั้งนี้เป็นผลจากการที่น้ำที่ให้ในแปลงปลูกแบบระบบการให้น้ำชลประทานไหลซึมไปสู่แปลงที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน ด้วยเหตุนี้ทำให้ข้าวที่ปลูกในแปลงที่อาศัยน้ำฝนไม่แสดงอาการเครียดเพราะขาดน้ำ แต่การจำลองข้าวที่อาศัยน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียวพบว่ามีอาการเครียดของต้นข้าวเนื่องจากขาดน้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโต จึงทำให้ผลผลิตที่ได้จากการจำลองต่ำกว่าผลผลิตที่ได้จากการวัดจริง

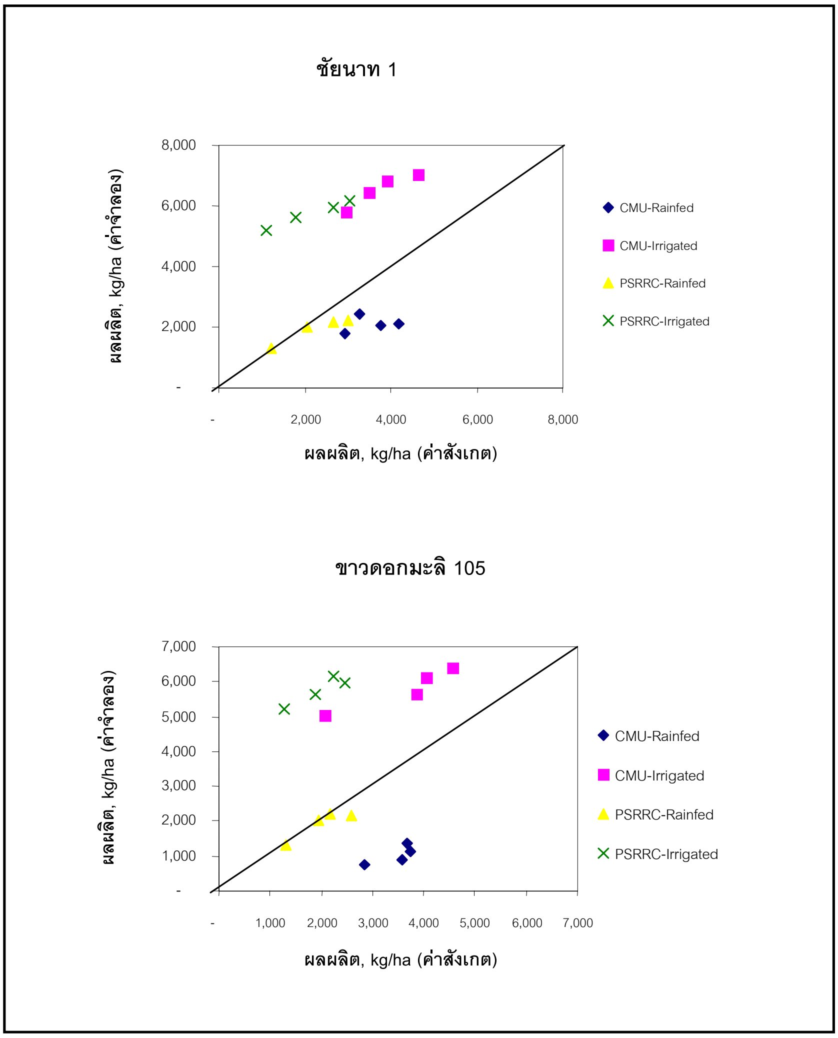
งานศึกษาในปี 2542

ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองพบว่าในด้านการพัฒนาการของข้าว แบบจำลองสามารถจำลองค่าวันออกดอกและสุกแก่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริง (รูปที่ 7-10) เช่นเดียวกับการทดสอบในปี 2541 ที่ผ่านมา และแบบจำลองทำนายการสุกแก่ของทรีตเมนต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่าวันออกดอกและสุกแก่เร็วกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในสภาพนาน้ำฝนของแปลงทดลองที่เชียงใหม่ และทั้งสภาพนาน้ำฝนและชลประทานที่พิษณุโลก ซึ่งสอดคล้องจากการสังเกตจากแปลงปลูกทั้งสองสถานที่ที่ทำการศึกษาโดยพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ข้าวจะออกดอกและสุกแก่ช้ากว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ประมาณ 4-5 วัน ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถ

จำลองอิทธิพลของไนโตรเจนต่อพัฒนาการของข้าวได้ดีตามทฤษฎี กล่าวคือการมีไนโตรเจนในปริมาณที่สูงจะทำให้ข้าวอยู่ในสภาพการสร้างต้นและใบ (vegetative growth) ยาวนานกว่าข้าวที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่ำกว่า ดังนั้นข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงจึงมีโอกาสที่จะเข้าสู่ระยะการสร้างดอกและรวง (reproductive growth) ช้ากว่า อย่างไรก็ตามในสภาพการศึกษาจริงในแปลงเพาะปลูกซึ่งสังเกตเห็นอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่กลับกันดังกล่าว โดยเฉพาะที่พิษณุโลก ซึ่งจากการสังเกตว่าบางแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนข้าวจะออกดอกช้ากว่าข้าวในทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งผลดังกล่าวอาจเป็นไปได้ว่ามีปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อระยะพัฒนาการของข้าว ทำให้เห็นว่าข้าวที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนสูงกลับมีระยะการสร้างต้นและใบสั้นกว่า ซึ่งการศึกษาผลของไนโตรเจนและปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อพัฒนาการของข้าวควรที่จะได้รับการศึกษาวิจัยในรายละเอียดต่อไป

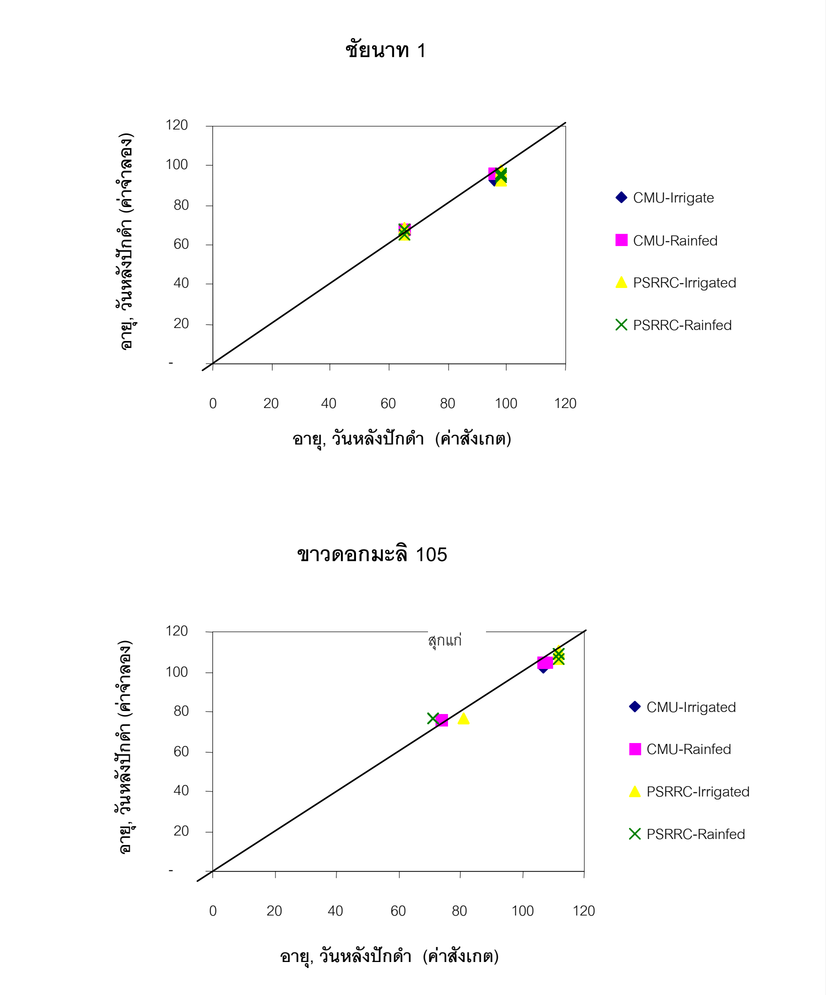


รูปที่ 7-8 เปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกันในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน



รูปที่ 7-9 เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยต่างกัน ในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน

สำหรับผลผลิตที่จำลองได้จากแบบจำลองพบว่าการตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับปุ๋ยสูงขึ้นเช่นเดียวกันทั้งในสภาพนาน้ำฝนและนาชลประทานแม้ในระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งในสภาพแปลงปลูกต้นข้าวเกิดการหักล้ม ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้จากแปลงที่ใส่ปุ๋ยระดับสูง 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่ำกว่าผลผลิตที่ได้จากแปลงที่ใส่ปุ๋ยในระดับที่ต่ำกว่าทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลก ผลการจำลองพบประเด็นสำคัญที่น่าสังเกตว่าแบบจำลองให้ค่าผลผลิตที่ต่ำกว่าค่าจริงมากหรือให้ค่าที่เป็นลบที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนตั้งไว้เท่ากับศูนย์ (รูปที่ 7-11 และ 7-12) เมื่อตรวจสอบค่าการสะสมน้ำหนักส่วนต่างๆ ของข้าวในไฟล์ GROWTH.OUT ของการจำลอง พบว่ามีการจำลองการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต้นในช่วงออกดอกอย่างผิดปกติ ทำให้น้ำหนักเมล็ดที่ได้จากการหักลบค่าน้ำหนักทั้งต้นด้วยน้ำหนักต้นและน้ำหนักใบมีค่าน้อยมากจนถึงติดลบ ผลการจำลองยังพบอีกว่ามีค่าความเครียดจากการขาดไนโตรเจน (Nitrogen stress) ตลอดระยะการเจริญในทรีตเมนต์ที่เป็นนาน้ำฝนมากกว่านาชลประทาน (ตารางที่ 7-4) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

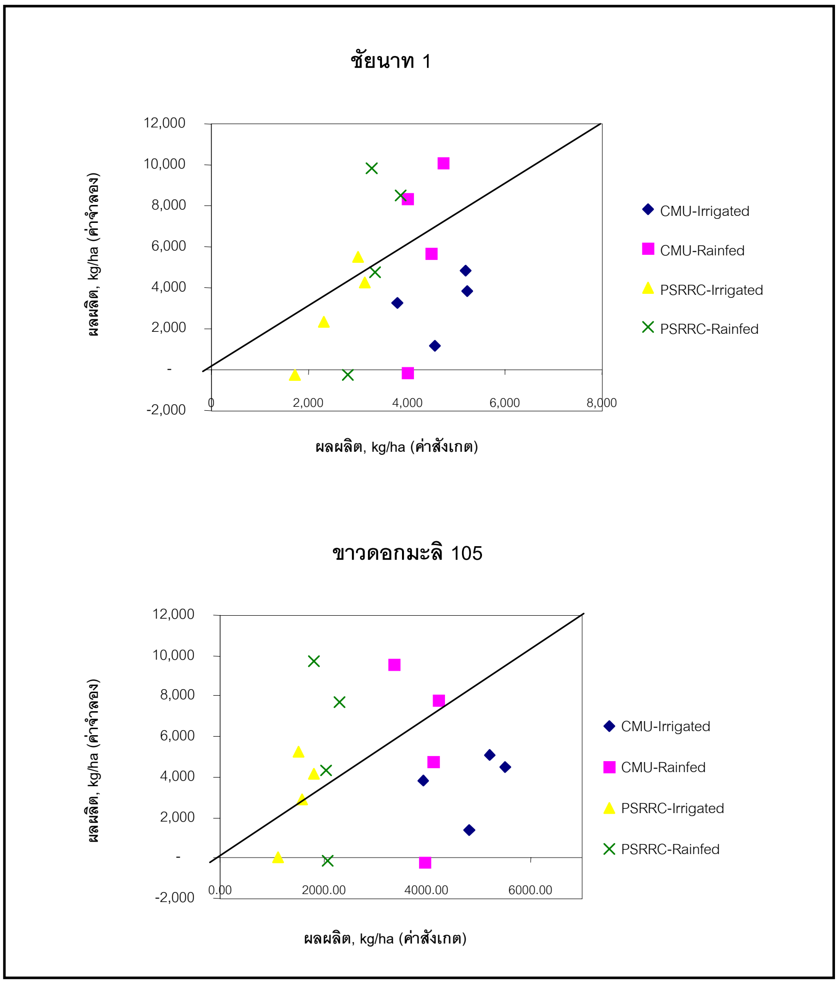


รูปที่ 7-10 เปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกันในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน

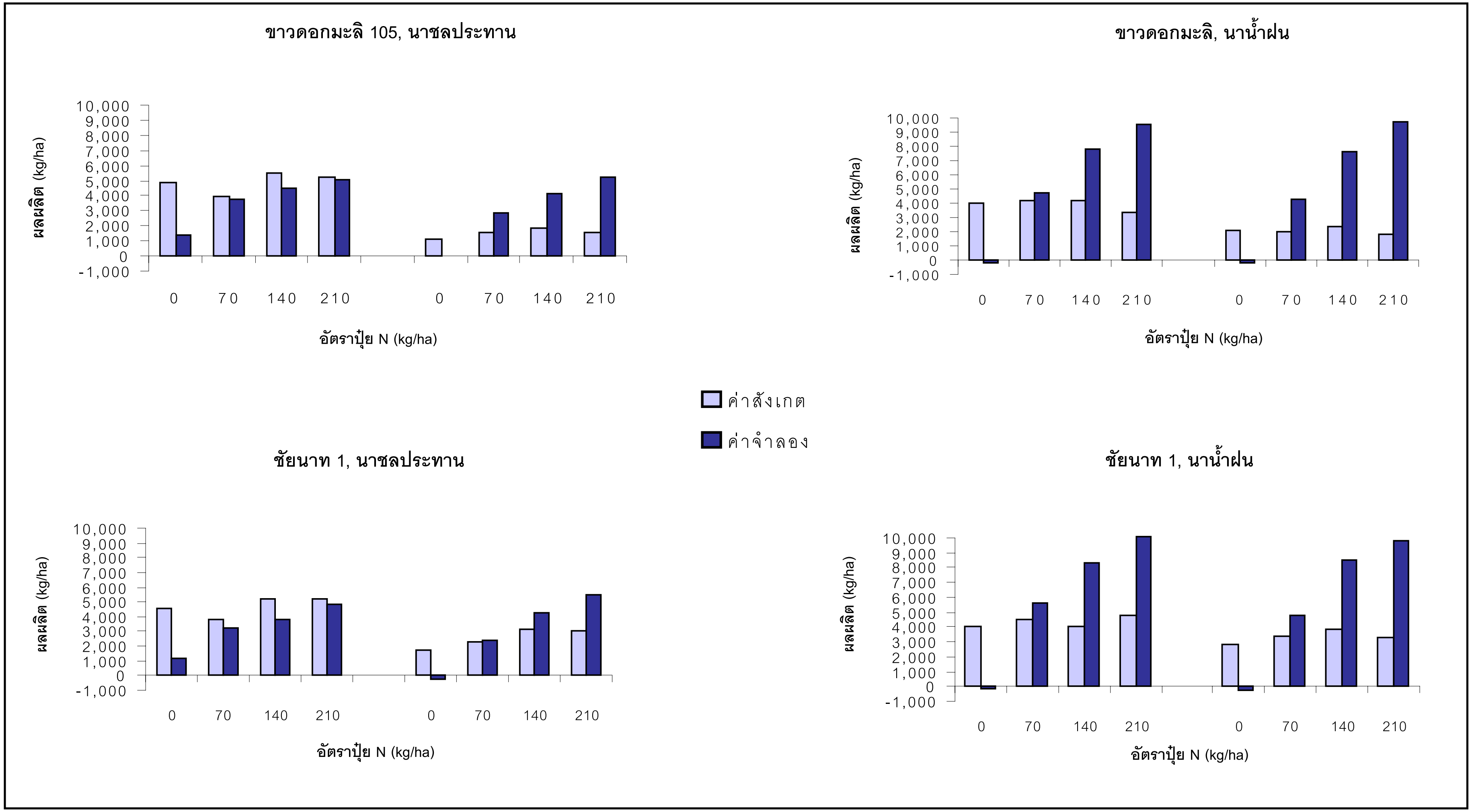
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาพนาน้ำฝนกับชลประทาน ผลจากการจำลองพบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพนาน้ำฝนมากกว่านาชลประทานทั้งสองสถานที่การทดลอง (รูปที่ 7-12) ซึ่งเป็นผลตรงข้ามกับค่าที่ได้จากการสังเกตในงานทดลองปี 2542 และให้ผลตรงกันข้ามกับผลการจำลองในปี 2541 ด้วย เมื่อตรวจสอบผลการจำลองความเครียดเนื่องจากสภาพการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของข้าวจากไฟล์แสดงผล OVERVIEW.OUT ไม่พบว่ามีสภาพความเครียดจากการขาดน้ำตลอดฤดูปลูกในทุกๆ ทรีตเมนต์ทั้งสองสถานที่ที่ทำการศึกษา แต่พบว่ามีความเครียดดังรูปที่ 7-12 ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของผลผลิตของข้าว 2 พันธุ์ในสภาพชลประทานและน้ำฝน ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0, 70, 140, และ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พบว่ามีภาวะการขาดไนโตรเจนของนาชลประทานแม้ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ดังนั้นสาเหตุที่การจำลองให้ผลตรงข้ามกับค่าสังเกตอาจเป็นเพราะในปีที่ศึกษาครั้งนี้ (2542) มีปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูปลูกอยู่ในเกณฑ์ดี (มากกว่า 800 มิลลิเมตร) ไม่ส่งผลให้ข้าวเกิดสภาวะเครียดเพราะการขาดน้ำ ดังนั้นการกำหนดการให้น้ำในนาชลประทานในที่ขณะที่ฝนดีอาจส่งผลให้เกิดการ runoff ของปุ๋ยได้ ผลการจำลองจึงแสดง

ความเครียดของสภาวะการขาดปุ๋ยไนโตรเจน ขณะที่ในปี 2541 ที่มีปริมาณฝนในช่วงฤดูปลูกน้อยกว่าในทั้งสองสถานที่ (น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร) และแบบจำลองแสดงผลว่ามีความเครียดจากการขาดน้ำในแปลงอาศัยน้ำฝน ทำให้การตอบสนองของแปลงชลประทานดีกว่าซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแปลงปลูกจริง

เมื่อตรวจสอบไฟล์แสดงผลเกี่ยวกับระดับไนโตรเจนในไฟล์ NITROGEN.OUT พบว่าปริมาณของไนโตรเจนในดินโดยเฉพาะ NH_4^+ เพิ่มขึ้นอย่างมากในสภาพนาน้ำฝนมากกว่าสภาพชลประทานตั้งแต่เริ่มจำลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรก ทำให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในแปลงอาศัยน้ำฝนสูงกว่า ส่งผลให้ผลผลิตสูงกว่า (รูปที่ 7-13) อย่างไรก็ตามไม่สามารถตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวว่าเกี่ยวข้องกับการให้น้ำได้อย่างชัดเจน อาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากในปี 2542 ทั้งสองสถานที่ทำการทดลองได้รับน้ำฝนปริมาณมากพอ และการให้น้ำชลประทานที่มากเกินพอในตอนต้นโดยอัตโนมัติทำให้เกิด runoff มากกว่าจากที่แสดงในไฟล์แสดงผล WATER.OUT ซึ่งไนโตรเจนที่ใส่ไปจะหายไปกับน้ำส่วนที่ runoff ออกไปจากแปลง



รูปที่ 7-11 เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยต่างกันในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน



รูปที่ 7-12 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของผลผลิตของข้าว 2 พันธุ์ในสภาพชลประทานและอาศัยน้ำฝนที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0, 70, 140, และ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

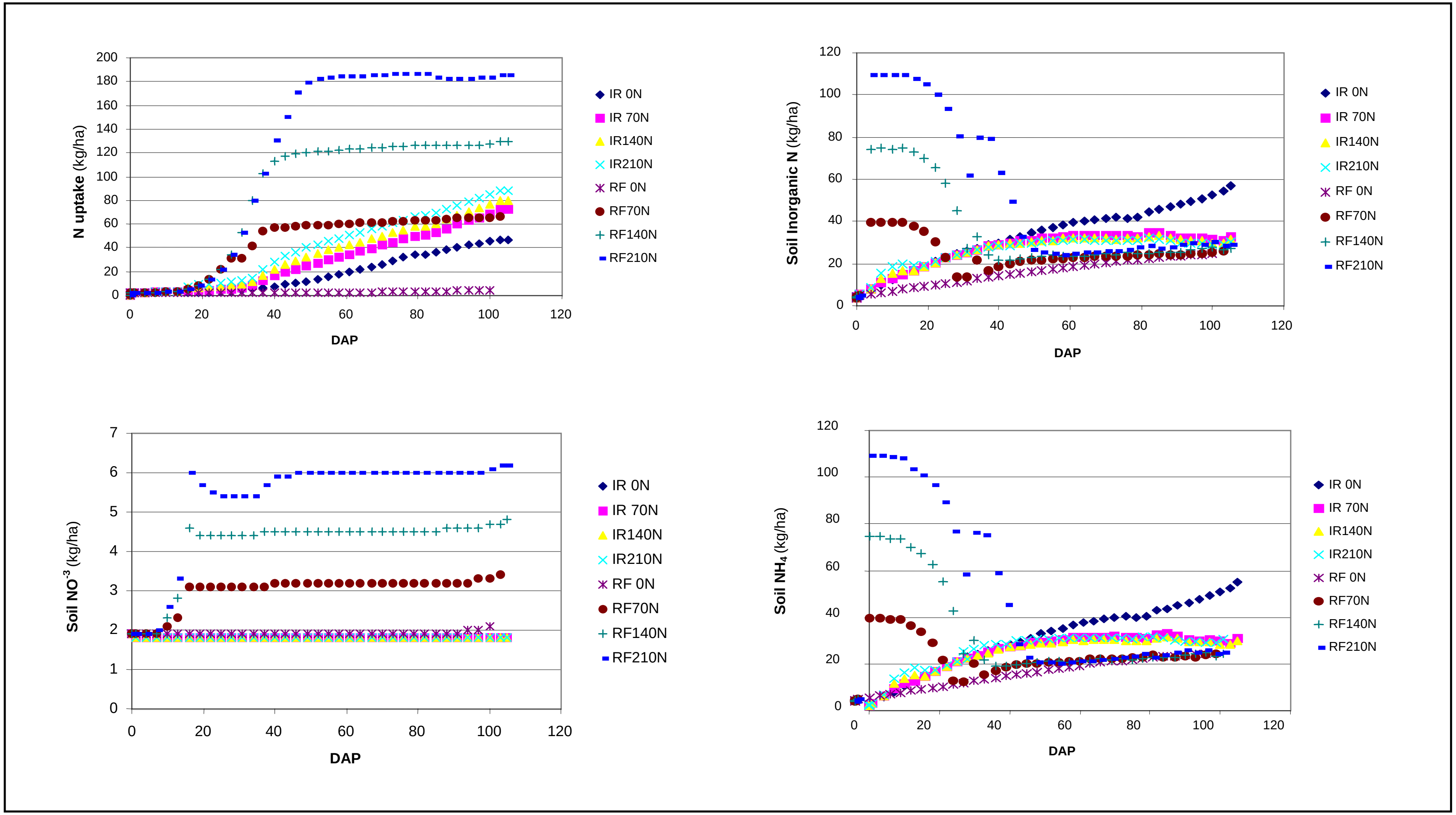
ตารางที่ 7-4 เปรียบเทียบการสะสมน้ำหนักและความเครียดจากการขาดไนโตรเจนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใน Growth.out ที่ได้จากการจำลองระหว่างทรีตเมนต์ให้น้ำชลประทานกับอาศัยน้ำฝนอย่างเดียวที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ด้วยแบบจำลอง RICER980 modified ที่ใช้ G3 = 0.35 (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542)

With Irrigation, 0 kgN/ha

!YR ! and ! DOY	Days after plant	Grow stage	Dry weight (kg/ha) Leaf	Stem	Grain	Root	Crop	Panic Wgt. (kg/ha)	Tiller No.	Water Stress (0-1) Phot	Grow	Nitrogen Stress (0-1)	Leaf N %
@DATE	CDAY	GSTD	LWAD	SWAD	GWAD	RWAD	CWAD	EWAD	T#AD	WSPD	WSGD	NSTD	LN%D
99225	0	1	52	1	0	37	53	0	144	0	0	**0.00**	3.85
99226	1	1	52	1	0	48	53	0	144	0	0	**0.00**	3.84
99229	4	1	54	1	0	86	55	0	144	0	0	**0.00**	3.72
99232	7	1	56	1	0	123	57	0	144	0	0	**0.24**	3.57
99235	10	1	61	1	0	159	62	0	144	0	0	**0.29**	3.3
99238	13	1	68	1	0	189	69	0	144	0	0	**0.38**	2.96
99241	16	2	99	12	0	192	111	0	246	0	0	**0.69**	2.08
99244	19	2	106	26	0	192	132	0	253	0	0	**0.80**	1.75
99247	22	2	110	38	0	191	148	0	259	0	0	**0.85**	1.57
99250	25	2	114	49	0	190	162	0	266	0	0	**0.80**	1.76
99253	28	2	121	67	0	190	187	0	284	0	0	**0.79**	1.81
99256	31	2	129	91	0	192	220	0	311	0	0	**0.79**	1.97
99259	34	2	142	118	0	194	260	0	345	0	0	**0.72**	1.94
99262	37	2	156	147	0	196	304	0	384	0	0	**0.69**	2.05
99265	40	2	178	193	0	202	372	0	451	0	0	**0.67**	2.08
99268	43	3	193	240	0	205	433	0	500	0	0	**0.70**	2.08
99271	46	3	222	268	0	207	490	0	517	0	0	**0.63**	2.14
99274	49	3	263	306	0	211	569	0	513	0	0	**0.64**	2.1
99277	52	3	304	342	0	215	646	0	510	0	0	**0.63**	2.15
99280	55	3	345	399	0	220	744	0	506	0	0	**0.58**	2.03
99283	58	3	396	458	0	226	854	0	503	0	0	**0.56**	2.02
99286	61	3	453	535	0	235	988	0	497	0	0	**0.52**	1.95
99289	64	3	520	626	0	245	1145	0	490	0	0	**0.48**	1.88
99292	67	3	576	706	0	253	1281	0	481	0	0	**0.36**	1.84
99295	70	3	651	845	0	268	1496	0	470	0	0	**0.30**	1.77
99298	73	3	713	1040	0	287	1753	0	458	0	0	**0.24**	1.64
99301	76	4	713	1383	0	313	2096	0	450	0	0	**0.00**	1.54
99304	79	4	712	1641	0	331	2354	0	442	0	0	**0.00**	1.49
99307	82	4	712	1885	0	347	2597	0	432	0	0	**0.00**	1.37
99310	85	5	711	1632	412	364	2983	640	432	0	0	**0.00**	1.2
99313	88	5	708	1757	572	374	3265	799	432	0	0	**0.00**	1.08
99316	91	5	705	1854	719	382	3505	946	432	0	0	**0.00**	0.98
99319	94	5	701	1943	848	388	3719	1075	432	0	0	**0.00**	0.97
99322	97	5	697	1987	974	392	3885	1201	432	0	0	**0.00**	0.96
99325	100	5	667	1985	1090	392	3969	1317	432	0	0	**0.00**	0.99
99328	103	7	640	1985	1212	392	3971	1346	432	0	0	**0.00**	1

Rainfed, 0 kgN/ha

!YR ! and ! DOY	Days after plant	Grow stage	Dry weight (kg/ha) Leaf	Strem	Grain	Root	Crop	Panic Wgt. (kg/ha)	Tiller No.	Water Stress (0-1) Phot	Grow	Nitrogen stress (0-1)	Leaf N %
@DATE	CDAY	GSTD	LWAD	SWAD	GWAD	RWAD	CWAD	EWAD	T#AD	WSPD	WSGD	NSTD	LN%D
99225	0	1	52	1	0	37	53	0	144	0	0	**0.00**	3.85
99226	1	1	52	1	0	48	53	0	144	0	0	**0.00**	3.84
99229	4	1	54	1	0	86	55	0	144	0	0	**0.00**	3.72
99232	7	1	56	1	0	123	57	0	144	0	0	**0.24**	3.57
99235	10	1	61	1	0	159	62	0	144	0	0	**0.29**	3.3
99238	13	1	68	1	0	189	69	0	144	0	0	**0.38**	2.96
99241	16	2	99	12	0	192	111	0	246	0	0	**0.69**	1.85
99244	19	2	104	23	0	191	127	0	251	0	0	**0.84**	1.62
99247	22	2	106	32	0	190	138	0	256	0	0	**0.88**	1.48
99250	25	2	108	39	0	188	147	0	260	0	0	**0.92**	1.4
99253	28	2	110	45	0	186	155	0	266	0	0	**0.94**	1.32
99256	31	2	111	51	0	185	162	0	273	0	0	**0.96**	1.27
99259	34	2	111	54	0	182	166	0	278	0	0	**0.97**	1.24
99262	37	2	112	57	0	180	169	0	282	0	0	**0.97**	1.22
99265	40	2	113	60	0	178	172	0	287	0	0	**0.98**	1.19
99268	43	3	113	61	0	175	174	0	290	0	0	**0.98**	1.18
99271	46	3	115	62	0	173	177	0	290	0	0	**0.97**	1.16
99274	49	3	118	63	0	171	180	0	288	0	0	**0.97**	1.14
99277	52	3	121	63	0	168	184	0	286	0	0	**0.96**	1.11
99280	55	3	124	67	0	167	191	0	284	0	0	**0.92**	1.17
99283	58	3	129	72	0	165	201	0	282	0	0	**0.92**	1.11
99286	61	3	134	77	0	163	211	0	279	0	0	**0.92**	1.05
99289	64	3	140	82	0	162	222	0	276	0	0	**0.91**	1
99292	67	3	145	88	0	161	234	0	271	0	0	**0.86**	1.02
99295	70	4	151	99	0	160	250	0	267	0	0	**0.85**	0.96
99298	73	4	151	119	0	159	269	0	264	0	0	**0.81**	0.94
99301	76	4	151	158	0	160	308	0	260	0	0	**0.52**	0.91
99304	79	5	151	1368	-387	162	664	-855	259	0	0	**0.00**	0.44
99307	82	5	151	1403	-345	164	740	-813	259	0	0	**0.00**	0.42
99310	85	5	150	1462	-300	167	844	-768	259	0	0	**0.00**	0.37
99313	88	5	149	1492	-260	168	913	-727	259	0	0	**0.00**	0.38
99316	91	5	148	1507	-222	169	964	-690	259	0	0	**0.00**	0.38
99319	94	5	146	1513	-190	168	1002	-658	259	0	0	**0.00**	0.39
99322	97	7	138	1519	-185	168	1005	-652	259	0	0	**0.00**	0.4



รูปที่ 7-13 ค่า N uptake (kg/ha) ของข้าว, inorganic N ของดิน, soil nitrate และ soil ammonium ของดินแต่ละทรีตเมนต์จากการจำลองงานทดลองไนโตรเจน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542 (IR = Irrigated, RF = Rainfed และ 0N, 70N, 140N, 210N = With Nitrogen 0, 70, 140 และ 210 kg/ha ตามลำดับ)

สรุป

จากผลการศึกษาในปี 2541 และ 2542 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีพื้นฐานการประเมินระยะพัฒนาการของข้าวได้ดีไม่ว่าจะเป็นข้าวที่ไวแสงหรือไม่ไวแสงภายใต้การจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน แต่ทั้งนี้ความถูกต้องและแม่นยำของการจำลองค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวแต่ละพันธุ์และข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการจำลองด้วย

ในเรื่องของการคาดการณ์ผลผลิต แบบจำลองสามารถจำลองอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและสภาพการปลูกแบบให้น้ำชลประทานและนาอาศัยน้ำฝนได้ดี ซึ่งผลการจำลองมีแนวโน้มที่ถูกต้องตามทฤษฎีที่ควรจะเป็น เช่น ระยะพัฒนาการที่ขยายออกเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนหรือการเพิ่มของผลผลิตข้าวอันเนื่องมาจากการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งจากผลการจำลองอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตข้าวนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าผลผลิตที่ควรจะได้ในสภาพการจัดการที่ดีหรือที่เรียกว่า attainable yield ซึ่งในกรณีนี้จะไม่มีปัจจัยอื่นๆ ที่จะมีส่วนการลดผลผลิตของข้าว เช่น วัชพืชหรือศัตรูพืชอื่นๆ รวมทั้งการหักล้มของต้นข้าวเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง และการตกหล่นของเมล็ดข้าวขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น

กล่าวสรุปโดยรวมแล้วแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice มีความสามารถที่จะจำลองการเจริญเติบโต การพัฒนาการ และการให้ผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่แบบจำลองมีความสามารถตอบสนองต่อการจัดการ ได้แก่ อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำได้ดีและสอดคล้องกับงานที่ทำการทดสอบในภาคสนาม อย่างไรก็ตามการที่จะนำแบบจำลอง CERES-Rice มาใช้งานไม่ว่าเพื่อที่จะเป็นเครื่องมือในการประกอบการตัดสินใจการผลิตข้าว การประเมินผลผลิตข้าว หรือการหากลยุทธ์การจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว ผู้ใช้พึงต้องตระหนักว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อสมมติฐานที่เป็นตัวจำกัดแบบจำลองที่จะผนวกปัจจัยอื่นๆ ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริง ถึงแม้แบบจำลองสามารถที่จะตอบสนองต่อปัจจัยหลักๆ ที่มีผลต่อการพัฒนา การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าว แต่ปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่สามารถถูกควบคุมด้วยแบบจำลอง เช่น ศัตรูพืช ธาตุอาหารอื่นๆ นอกเหนือจากไนโตรเจน หรือความสูญเสียเนื่องจากการหักล้มหรือตกหล่นของเมล็ด ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถประเมินค่าการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้ นอกจากนั้นการศึกษาลักษณะพันธุ์ในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะบ่งชี้ถึงความถูกต้องและแม่นยำในการจำลองของแบบจำลอง ดังนั้นในการใช้แบบจำลองไม่ว่าจะใช้ในการประเมินกลยุทธ์การจัดการ หรือการเปลี่ยนพันธุ์ ฯลฯ ถ้าหากข้อมูลนำเข้าไม่ว่าสภาพภูมิอากาศหรือดิน รวมทั้งข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ไม่มีความถูกต้อง จะส่งผลให้แบบจำลองทำการจำลองและประเมินผลออกมาในทิศทางที่ไม่ถูกต้อง และส่งผลต่อการนำผลที่ได้จากการจำลองดังกล่าวผิดพลาดจากความเป็นจริงได้ ดังนั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองจะต้องคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าเป็นสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

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

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

จิรวัฒน์ เวชแพศย์, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ อานันท์ ผลวัฒนะ. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. หน้า 141-165. *ใน* เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). 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. Modelling 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