

การตอบสนองของรากต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
และปริมาณน้ำที่ได้รับในข้าวขาวดอกมะลิ 105

Root Response to Nitrogen Fertilization and
Water Availability in KDML 105 Rice Cultivar

นิวัฒน์ นภีวงศ์^{1/} สมบัติ รุจาคม^{1/}

Nivat Nabheerong^{1/} Sombat Rujahkom^{1/}

Abstract : The effects of nitrogen application and water availability upon root growth and yield of KDML 105 rice cultivar were studied under rainfed and irrigated conditions at Phitsanulok Rice Research Center (PSL) during the wet season in 1993 and 1994. Four rice cultivars were tested in 4 x 6 m plot arranged in RCB in 1993 and two rice cultivars with four nitrogen rates arranged in 2 x 4 Factorial in RCB design in 1994 with four replications. It is clear that more than 80% of the total root of rice plant is restricted to the top 10 cm of the soil layer. Root growth responded slightly to nitrogen when water availability was limiting whereas the response was greater under fully irrigated conditions. Root mass density (RMD) at flowering generally decreases with a change from limiting water to fully water availability conditions and with soil texture from sandy loam to clay. KDML 105 produces greater RMD and root-shoot ratio whereas IR57514-PMI-5B-1-2 was found to be a line which tended to produce the highest yield at high nitrogen rate in both rainfed and irrigated environments.

^{1/} สถานีทดลองข้าวพิษณุโลก จ.พิษณุโลก 65130.

Phitsanulok Rice Research Center, Phitsanulok 65130, Thailand

บทคัดย่อ : ผลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ และปริมาณน้ำที่ได้รับต่อการเจริญเติบโตของราก และผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้ทำการศึกษาภายใต้สภาพน้ำฝนและนาชลประทาน ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ในฤดูนาปี 2536-2537 โดยพันธุ์ข้าว 2-4 พันธุ์/สายพันธุ์ และปุ๋ย 4 อัตรา คือ 0, 6, 12, 18 กก N/ไร่ ได้รับการทดสอบในแผนการทดลองแบบ RCB (ปี 2536) และ 2x4 Facorial in RCB (ปี 2537) จำนวน 4 ซ้ำ ผลการทดสอบพบว่า ประมาณ 80% ของจำนวนรากทั้งหมดเจริญเติบโตอยู่ในชั้นดินบนที่ช่วงระดับความลึก 0-10 ซม. การเจริญเติบโตของรากตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันเฉพาะที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยเท่านั้น ความหนาแน่นของรากข้าวลดลงตามการเปลี่ยนแปลงจากสภาพพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำจำนวนจำกัด ไปถึงสภาพพื้นที่ที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ และจากสภาพเนื้อดินร่วนปนทราย ถึงสภาพเนื้อดินเหนียว พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถผลิตรากข้าวได้หนาแน่นกว่า และมีอัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นสูงกว่าพันธุ์อื่น อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ IR7514-PMI-5-B-1-2 ซึ่งเป็นข้าวคันเตี้ย และทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนทั้งสภาพน้ำฝนและนาชลประทาน

Index words : ความหนาแน่นของราก, อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้น, ปุ๋ยไนโตรเจน, ข้าวดอกมะลิ 105
Root mass density, Root-shoot ratio, Nitrogen fertilizer, KDML 105

บทนำ

ต้นข้าวใช้พลังงานในรูปของคาร์บอนมากกว่า 50% ในระบบราก แต่สัดส่วนของงานวิจัยที่พยายามอุทิศให้กับระบบรากนั้นมีน้อยมาก ผลที่ตามมาทำให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับรากข้าว และหน้าที่ในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำยังล้าหลังกว่าส่วนอื่นๆ ของต้นพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต้นข้าว เมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชอื่นๆ เนื่องจากความสามารถของต้นข้าวในการเจริญเติบโตได้เมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง อันเป็นผลมาจากการปรับตัวทางสัณฐาน และสรีรวิทยาของข้าว ซึ่งการปรับตัวนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว การเรียนรู้เกี่ยวกับระบบรากมากขึ้น จึงเป็นความจำเป็นอย่างมาก ในการเพิ่มศักยภาพของผลผลิตข้าว และการปรับปรุงการผลิตทรัพยากรของประเทศ

ปัจจุบันข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวหอมของไทยที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคสูงสุด

ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตข้าวพันธุ์นี้ ให้มีคุณภาพตรงกับความต้องการได้มากกว่าประเทศอื่นๆ สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์นี้ ส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรน่าน้ำฝนทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีปัญหาความแห้งแล้งเกิดขึ้นในระยะเวลาเจริญเติบโตของต้นข้าวเป็นปัญหาใหม่ (เนื่องจากเมื่อเกิดสภาพแห้งแล้งขึ้นในช่วงปลายฤดูจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 30%) ระบบรากของพันธุ์ข้าวที่มีความสามารถทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี จะต้องมีลักษณะยาวหยั่งลึกลงไปดินชั้นล่างได้ ระบบรากข้าวที่มีความหนาแน่นมาก อาจจะดูดซับน้ำได้มาก พันธุ์ข้าวที่สามารถฟื้นตัวได้เร็ว เมื่อได้รับน้ำภายหลังจากผ่านความแห้งแล้ง จะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระบบราก ที่มีความยาว ความหนาแน่น และจำนวนรากมากกว่า นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณมาก เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตของราก ทำให้ต้นพืชสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ดังนั้นจึงดำเนินการทดลองเพื่อศึกษา

บทนำ

ต้นข้าวใช้พลังงานในรูปของคาร์บอนมากกว่า 50% ในระบบราก แต่สัดส่วนของงานวิจัยที่พยายามอุทิศให้กับระบบรากนั้นมีน้อยมาก ผลที่ตามมาทำให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับรากข้าว และหน้าที่ในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำยังล้าหลังกว่าส่วนอื่นๆของต้นพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต้นข้าว เมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชอื่นๆ เนื่องจากความสามารถของต้นข้าวในการเจริญเติบโตได้เมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง อันเป็นผลมาจากการปรับตัวทางสัณฐาน และสรีรวิทยาของข้าว ซึ่งการปรับตัวนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว การเรียนรู้เกี่ยวกับระบบรากมากขึ้น จึงเป็นความจำเป็นอย่างมาก ในการเพิ่มศักยภาพของผลผลิตข้าว และการปรับปรุงการผลิตทรัพยากรของประเทศ

ปัจจุบันข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวหอมของไทยที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคสูงสุด

ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตข้าวพันธุ์นี้ ให้มีคุณภาพตรงกับความต้องการได้มากกว่าประเทศอื่นๆ สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์นี้ ส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรรณาน้ำฝนทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีปัญหาความแห้งแล้งเกิดขึ้นในระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวเป็นปัญหาใหม่ (เนื่องจากเมื่อเกิดสภาพแห้งแล้งขึ้นในช่วงปลายฤดูจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 30%) ระบบรากของพันธุ์ข้าวที่มีความสามารถทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี จะต้องมีลักษณะยาวยังลึกลงไปดินชั้นล่างได้ ระบบรากข้าวที่มีความหนาแน่นมาก อาจจะดูดซับน้ำได้มาก พันธุ์ข้าวที่สามารถฟื้นตัวได้เร็ว เมื่อได้รับน้ำภายหลังจากผ่านความแห้งแล้ง จะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระบบราก ที่มีความยาว ความหนา และจำนวนรากมากกว่า นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณมาก เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของราก ทำให้ต้นพืชสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ดังนั้นจึงดำเนินการทดลองเพื่อศึกษา

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยในไตรเจน ต่อการเจริญเติบโต ของรากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตลอดจนเพื่อหาความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในการให้ผลผลิต เมื่อปลูกอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในดินจำกัด และสภาพที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ เป็นการหาข้อมูลพื้นฐานที่จะสามารถพัฒนาการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งในสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมให้ได้ผลผลิต เพิ่มขึ้น

โครงการนี้เป็นโครงการหนึ่งอยู่ในโครงการร่วมมือระหว่างประเทศไทยกับประเทศออสเตรเลีย คือ ACIAR PROJECT PN9045 (Plant Improvement of Rainfed Lowland Rice in Drought Prone Areas of Thailand and Laos)

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง บนพื้นที่ของการได้รับปริมาณน้ำแตกต่างกัน โดยปลูกในสภาพน้ำฝน (Rainfed conditions) คือ มีน้ำจำนวนจำกัด และสภาพน้ำชลประทาน (Irrigated conditions) ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ระหว่างฤดูนาปี (มิถุนายน 2536 - ธันวาคม 2537) ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของดินในพื้นที่แปลงทดลอง

การทดลองในปีแรก (พ.ศ. 2536) เป็นการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของราก ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำจำนวนจำกัด โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย

4x6 ม. ใช้พันธุ์ข้าว 4 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ IR7514-PMI-5-B-1-2 (พันธุ์อายุเบา) อีแปด และเชิงแสน (พันธุ์อายุหนัก) ปลูกโดยวิธีหยอดเป็นหลุม ระยะ 20x20 ซม. เมื่อดันกล้ามีอายุ 14 วัน ทำการถอนแยกต้นให้เหลือจำนวน 3-4 ต้น/หลุม เพื่อควบคุมให้ต้นข้าวมีความสม่ำเสมอทุกพันธุ์ ใส่ปุ๋ยอัตรา 3-6-6 กก. ($N-P_2O_5-K_2O$)/ไร่ เมื่อดันข้าวออกได้ 20 วัน และใส่ปุ๋ยอัตรา 3-0-0 กก. ($N-P_2O_5-K_2O$)/ไร่ อีกครั้งหนึ่งที่ระยะข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อน (PI) ทำการสุ่มตัวอย่างรากข้าวโดยใช้กระบอกระบายราก (Metal monolith sampler) ขนาด 20x20x50 ซม. โดยสุ่มระบายรากจำนวน 2 ชุด ในแต่ละแปลงย่อยหลังจากตัดต้นข้าวที่ระดับผิวดิน แล้ววางกระบอกระบายราก ให้ตำแหน่งของต้นข้าวที่ตัดไปแล้วอยู่กึ่งกลางกระบอกระบาย ใช้ฉ้อนตอกกระบอกลงไปให้จมลงจนถึงระดับความลึกจากผิวดิน 40 ซม. ชุดกระบอกระบายที่มีแท่งดินอยู่ภายในขึ้นมาเปิดฝาด้านข้างกระบอกระบาย ทำการแบ่งแท่งดินออกเป็นส่วนๆ ตามระดับความลึกขนาดความยาวส่วนละ 10 ซม. นำแท่งดินแต่ละส่วนไปล้างน้ำบนตะแกรงเหล็ก ที่รูตะแกรงมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 มม. เพื่อเก็บตัวอย่างรากลากที่ได้ไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 วัน จนได้น้ำหนักแห้งคงที่ แล้วคำนวณหาความหนาแน่นของราก และอัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้น ทำการเก็บตัวอย่างรากทั้งหมด 3 ระยะการเจริญเติบโต คือ ที่ระยะ PI ออกดอก และเก็บเกี่ยว มีการบันทึกข้อมูลความสูงของข้าวก่อนเก็บเกี่ยว และการแตกกอ (จำนวนต้น/ตารางเมตร) ที่ระยะแตกกอเต็มที่

Table 1 Soil properties of the experimental sites PSL 1993 and 1994, wet season.

Soil character	Rainfed	Irrigated
pH (1 : 1 w/v H ₂ O)	5.4	4.9
Organic matter (%)	0.87	1.52
Total N (%)	0.06	0.09
Extractable P (ppm)	8	10
Extractable K (ppm)	68	198
CEC (meq/100 g)	6.0	19.2
Sand (%)	56.0	17.3
Silt (%)	34.3	27.9
Clay (%)	9.6	54.8
Soil texture	Sandy loam	Clay

ในปีที่สอง (พ.ศ. 2537) วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in RCB จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยที่หนึ่งประกอบด้วย พันธุ์ข้าว 2 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 และ IR7514-PMI-5-B-1-2 ปัจจัยที่สองประกอบด้วย อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ คือ 0, 6, 12 และ 18 กก./ไร่ โดยแบ่งใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น จำนวน 2/3 ส่วน ที่ระยะ 20 วัน หลังจากข้าวงอกและก่อนปักดำ 1 วัน ที่เหลืออีก 1/3 ส่วน ใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้าในระยะเริ่มสร้างรวงอ่อน (PI) สำหรับปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทสเซียมใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นทั้งหมด พร้อมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรก อัตรา 6 กก. P₂O₅ /ไร่ และ 6 กก. K₂O/ไร่ ตามลำดับ ขนาดแปลงย่อย 4x6 ม. มีคันนาล้อมรอบ เพื่อป้องกันการซึมผ่านของปุ๋ยไนโตรเจน ทำการปลูกข้าวโดยในพื้นที่ที่มีน้ำจำนวนจำกัด ปลูกข้าวโดยวิธีหยอดเป็นหลุม ระยะ 20x20 ซม. และถอนแยกให้เหลือต้นข้าว 3-4 ต้น/หลุม ส่วนในพื้นที่ที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ ใช้กล้าข้าวอายุ 25 วัน ปักดำกละ 3-4 ต้น ระยะปักดำ 20x20 ซม. ทำการสุมตัวอย่างรากข้าวที่ระยะข้าวออกดอก มีการบันทึกข้อมูล วันปลูก วันออกดอก ความสูง และการแตกกอในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ผลผลิตของ

ข้าว วัดจากพื้นที่ 3x4 ม. ตรงกลางของแต่ละแปลงย่อย นอกจากนี้มีการบันทึกการม้วนของใบข้าว (Leaf rolling score) เมื่อต้นข้าวกระทบแสง โดยให้คะแนน 1-5 (1 = ใบปกติ, 2 = ขอบใบม้วนปานกลาง, 3 = ใบม้วนเป็นรูปครึ่งวงกลม, 4 = ขอบใบม้วนและกัน 5 = ขอบใบม้วนทับกัน) หลังจากนั้นนำข้อมูลต่างๆ ของการทดลองในสภาพพื้นที่แตกต่างกันมาวิเคราะห์รวม (Combined analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินการทดลองซ้ำในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันเพื่อชี้ให้เห็นว่าการตอบสนองของรากข้าวต่อปริมาณน้ำที่ได้รับ จะแปรปรวนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เป็นการหาข้อสรุปของผลการทดลองอย่างสมบูรณ์

ปริมาณน้ำฝนระหว่างทำการทดลองมีปริมาณมากจากวันปลูกถึงประมาณก่อนข้าวออกดอก และไม่สามารถบันทึกปริมาณน้ำฝนได้ หลังจากวันออกดอก สำหรับอุณหภูมิสูงสุด อยู่ระหว่าง 30-35 °C ส่วนค่าการระเหยของน้ำ (Pan evaporation) เฉลี่ยประมาณ 35 มม. ต่อสัปดาห์ (ภาพที่ 1)

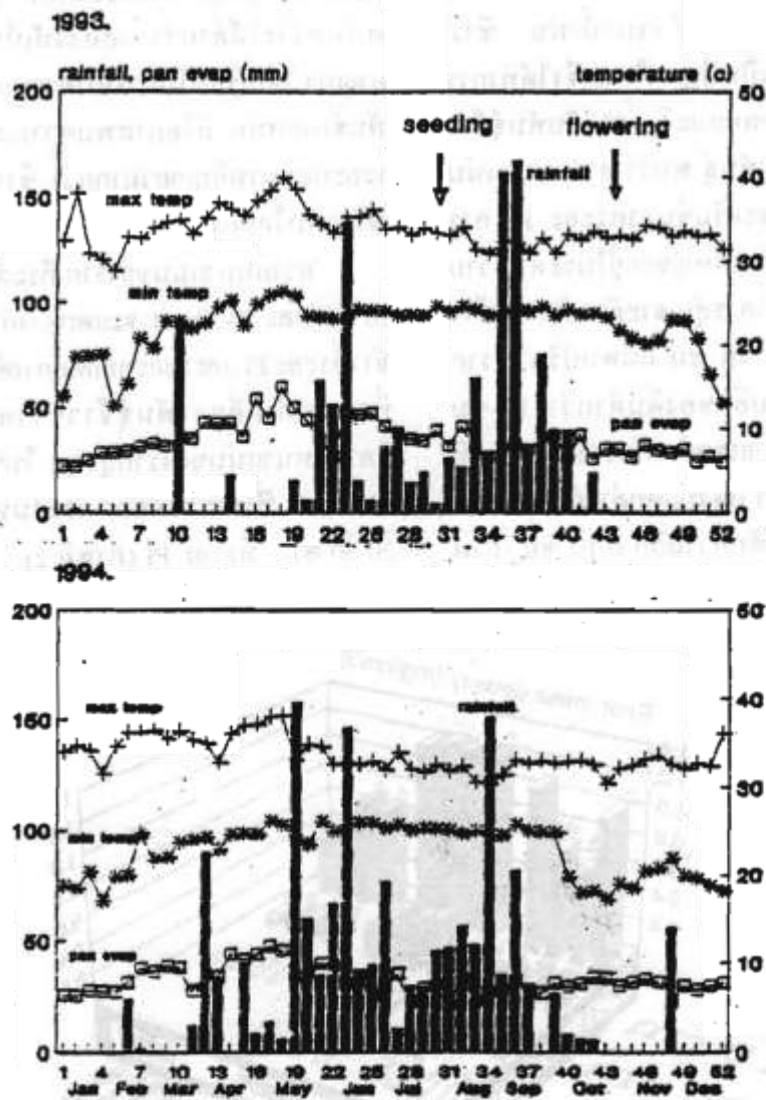


Figure 1 Meteorological data at the experimental site.

ผลการทดลอง และวิจารณ์

ปี 2536

การเจริญเติบโตของรากข้าว ได้ถูกนำมาศึกษา เนื่องจากระบบรากที่ลึกอาจเป็นลักษณะสำคัญต่อความทนแล้งในข้าวนาฝน ซึ่งมีปัญหาความแห้งแล้งเป็นปัญหาใหญ่ จึงได้ทำการเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ข้าวอื่นๆ อีก 3 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า ความหนาแน่นของราก โดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นจากระยะ PI การเจริญเติบโตของรากส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับความลึก 0-10 ซม. ถึงแม้ว่าการสุ่มเจาะตัวอย่างรากข้าวจะกระทำจนถึงระยะ 40 ซม. แต่พบปริมาณรากน้อยมากที่ระยะความลึกของดินต่ำกว่า 30 ซม. ความหนาแน่นของรากแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ที่ระยะ PI และเก็บเกี่ยว แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระยะออกดอก ที่ระดับความลึก 0-10 ซม. (ภาพที่ 2)

สายพันธุ์ข้าว IR5714-PMI-5-B-1-2 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ดีเด่นจากโครงการ ACIAR PROJECT PN9045 และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 สามารถสร้างความหนาแน่นของรากที่ระยะเก็บเกี่ยวได้สูงกว่าขณะที่พันธุ์อื่นเปิด และเชิงแสน ซึ่งเป็นพันธุ์อายุหนักสร้างได้ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่า ข้าวพันธุ์อายุเบา ได้เปรียบในการหนีความแห้งแล้ง ขณะที่พันธุ์อายุหนัก มีโอกาสพบความแห้งแล้งในช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวมากกว่า ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากด้วย

ความหนาแน่นของราก ที่ระดับความลึก 10-20 ซม. และ 20-30 ซม. จะแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ข้าวที่ระยะ PI และระยะออกดอก แต่ไม่แตกต่างกันที่ระยะเก็บเกี่ยว พันธุ์ข้าวข้าวดอกมะลิ 105 มีความหนาแน่นของรากสูงสุด ในระดับความลึก 10-20 ซม. ที่ระยะออกดอก และในระดับ ความลึก 20-30 ซม. ที่ระยะ PI (ภาพที่ 2)

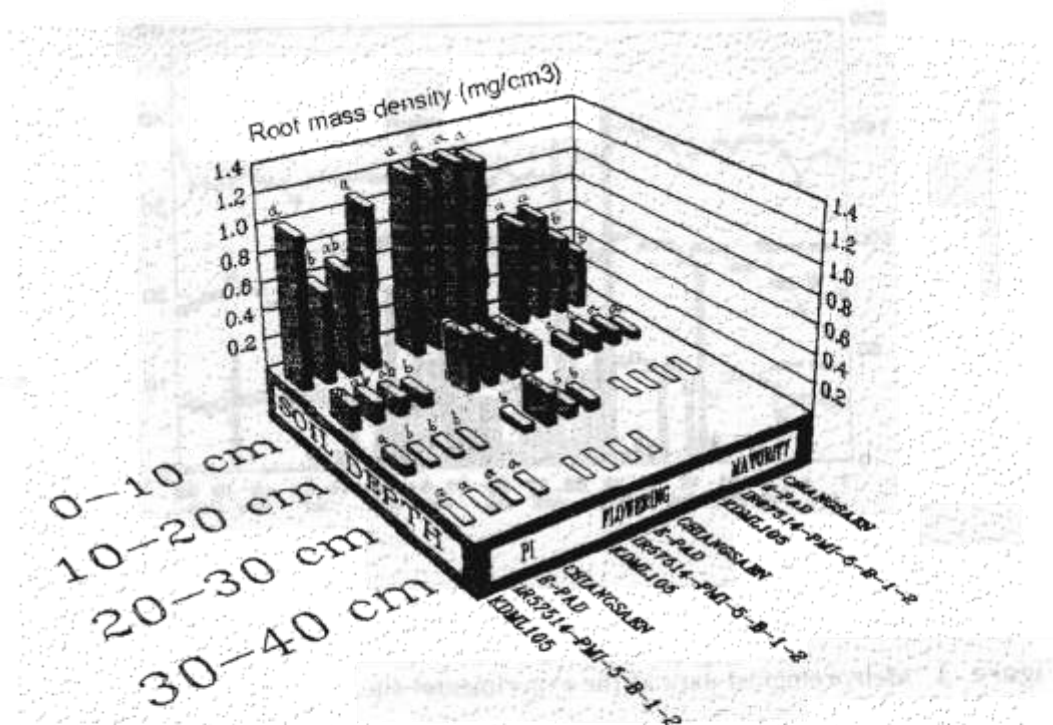


Figure 2 Root mass density of four rice cultivars.

สำหรับอัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้น (Root-shoot ratio) พบว่าแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ข้าวที่ระยะ PI และเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 2) โดยที่ระยะ PI พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นสูงสุดและพันธุ์อีแปดให้ต่ำสุด (0.29 และ 0.14 ตามลำดับ) ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 ให้สูงสุด (0.08) ส่วนพันธุ์อื่นๆ ให้อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นเท่ากัน (คือ 0.05) สำหรับความสูงและการแตกกอ พบว่า พันธุ์อีแปดสูงที่สุด (143 ซม.) ไม่แตกต่างจากเชียงใหม่ (142 ซม.) แต่สูงกว่าขาวดอกมะลิ 105 (123 ซม.)

ส่วนสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 มีความสูงน้อยที่สุด (99 ซม.) ขณะที่พันธุ์เชียงใหม่แตกกอดีต่ำสุด คือ 5 ต้น/กอ และสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 แตกกอดีสูงสุด คือ 12 ต้น/กอ ส่วนขาวดอกมะลิ 105 และอีแปด แตกกอดี 9 และ 6 ต้น/กอ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งอาจทำให้พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 มีจำนวนรากมากกว่าพันธุ์อีแปดและเชียงใหม่ ซึ่ง De. Datta *et al* (1988) และ Nabheerong (1993) ได้รายงานว่าความยาวของราก ขึ้นอยู่กับจำนวนต้น/ตารางเมตร

Table 2 Root-shoot ratio of 4 rice cultivars at PI, flowering and maturity stage (PSL 1993 , wet season).

Cultivar	Root : shoot ratio		
	PI	Flowering	Maturity
KDML 105	0.29 a	0.07 a	0.05 b
IR57514-PMI-5-B-1-2	0.19 b	0.11 a	0.08 a
E-pad	0.14 c	0.12 a	0.05 b
Chiangsand	0.18 b	0.11 a	0.05 b
CV. (%)	19.3	32.2	20.3

Means within column with different superscript differ at $p < 0.05$

Table 3 Plant height and tiller number of 4 rice cultivars grown under rainfed conditions (PSL 1993, wet season).

Cultivar	Plant height (cm)	Tiller number (tiller/hill)
KDML 105	123 b	9 b
IR57514-PMI-5-B-1-2	99 c	12 a
E-pad	143 a	6 c
Chiangsand	142 a	5 c
CV.(%)	3.9	12.5

Means within column with different superscript differ at $p < 0.05$

ปี 2537

ผลการทดลองพบว่า ประมาณ 80% ของจำนวนรากทั้งหมด เจริญเติบโตอยู่ในชั้นดินบนที่ระยะ 0-10 ซม. การเจริญเติบโตของรากข้าวตอบสนองน้อยมากต่อการเพิ่มอัตราปุ๋ยในโตรเจนปริมาณมากลงไปเมื่อปริมาณน้ำที่ได้รับมีจำนวนจำกัด เนื่องจากความแห้งแล้ง ได้เกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูปลูก ในปี 2537 ต้นข้าวจึงอยู่ในสภาวะขาดน้ำในช่วงข้าวออกรวงจนถึงสิ้นฤดูปลูก ทำให้ลักษณะการม้วนของใบข้าวขาวดอกมะลิ 105

ค่อนข้างสูง (ค่า Leaf rolling score เฉลี่ย = 3.4) คือ มีลักษณะใบม้วนเกินรูปครึ่งวงกลม (ตารางที่ 4) ความหนาแน่นของรากข้าวที่ระยะข้าวออกดอกในช่วงระดับความลึก 0-10 ซม. แตกต่างกันระหว่างการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ส่วนอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อความหนาแน่นรากในช่วงระดับความลึก 10-20 และ 20-30 ซม. ปุ๋ยในโตรเจน ไม่มีผลต่อความหนาแน่นของรากข้าว (ตารางที่ 5) อย่างไรก็ตามการพัฒนาของรากข้าวระหว่างพันธุ์ข้าว พบว่า พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามารถปรับตัว ได้กว้างต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

Table 4 Leaf rolling score of two rice cultivars at different N rates when subjected to severe drought under rainfed lowland conditions (PSL, 9 November 1994).

N applied (kg/rai)	Leaf rolling score		
	IR57514-PMI-5-B-1-2	KDML 105	Mean
0	2.3	3.3	2.8 ns
6	2.5	3.3	2.9
12	2.3	3.3	2.8
18	2.0	3.8	2.9
Mean	2.3	3.4	

CV (%) = 19.2 %

Leaf rolling score scale :

- 1 = Normal leaf
- 2 = Leaf edges moderately curved
- 3 = Leaf rolled into semi-circle
- 4 = Leaf edges rolled and touching each other
- 5 = Edges of the leaves overlap

Table 5 Root mass density at different soil depths of two rice cultivars grown under rainfed conditions at flowering as affected by different N rates (PSL 1994, wet season).

N applied (kg/rai)	Root mass density (mg/cm ³)					
	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	KDML105	IR57514- PMI-5-B-1-2	KDML105	IR57514- PMI-5-B-1-2	KDML105	IR57514- PMI-5-B-1-2
0	0.99 b (85)	0.57 b (77)	0.11 ns	0.10 ns	0.06 ns	0.07 ns
6	1.05 a (85)	0.93 a (85)	0.13	0.10	0.06	0.06
12	1.05 a (86)	0.96 a (86)	0.11	0.09	0.06	0.06
18	1.20 a (86)	0.84 a (82)	0.12	0.10	0.07	0.08
CV. (%)	23.1		17.7		24.1	

Means within column with different superscript differ at $p < 0.05$

() = % of total root

LSD_{0.05} (between rice cultivars in the same N-rate at 0-10 cm) = 0.32 mg/cm³

LSD_{0.05} (between rice cultivars in the same N-rate at 10-20 cm) = 0.03 mg/cm³

LSD_{0.05} (between rice cultivars in the same N-rate at 20-30 cm) = ns

ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในสภาพพื้นที่ที่ไม่ขาดน้ำพบว่ามิมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของรากข้าว กล่าวคือ ข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นของรากสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยทั้งช่วงระดับความลึก 0-10 ซม. และ 10-20 ซม. ส่วนที่ระดับความลึก 20-30 ซม. ปุ๋ย

ไนโตรเจน ไม่มีผลต่อความหนาแน่นของรากในข้าวทั้ง 2 ชนิด (ตารางที่ 6) อย่างไรก็ตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจาก 6 ถึง 18 กก./ไร่ ไม่ได้มีผลต่อความหนาแน่นของรากทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง จึงไม่สามารถไปเพิ่มการเจริญเติบโตของรากได้

Table 6 Root mass density at different soil depths of two rice cultivars grown under irrigated conditions at flowering as affected by different N rates (PSL 1994, wet season).

N applied (kg/rai)	Root mass density (mg/cm ³)					
	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	KDML105	IR57514- PMI-5-B-1-2	KDML105	IR57514- PMI-5-B-1-2	KDML105	IR57514- PMI-5-B-1-2
0	0.52 b (85)	0.51 ns (92)	0.07 ns	0.03 b	0.02 ns	0.01 ns
6	0.59 ab (88)	0.62 (91)	0.06	0.04 ab	0.02	0.02
12	0.75 a (88)	0.47 (85)	0.07	0.06 a	0.03	0.02
18	0.74 a (89)	0.48 (87)	0.07	0.05 ab	0.02	0.02
CV. (%)	17.6		25.9		29.0	

Means within column with different superscript differ at $p < 0.05$

() = % of total root

LSD_{0.05} (between rice cultivars in the same N-rate at 0-10 cm) = 0.32 mg/cm³

LSD_{0.05} (between rice cultivars in the same N-rate at 10-20 cm) = 0.03 mg/cm³

LSD_{0.05} (between rice cultivars in the same N-rate at 20-30 cm) = ns

สำหรับอัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นพบว่า เป็นอิสระต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกระยะการเจริญเติบโต และมีอัตราลดลงจากระยะ PI ถึงระยะเก็บเกี่ยวทั้งในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ IR 57514-PMI-5-B-1-2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของรากลดลงเมื่อต้นข้าวมีอายุมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Criz

et al. (1986) และ Berge *et al.* (1994) แต่ขัดแย้งกับ Brouwer (1962) และ Wilson (1988) ซึ่งรายงานว่า การใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นลดลง นอกจากนี้พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีแนวโน้มจะให้อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นสูงกว่าสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 (ตารางที่ 7)

Table 7 Root-shoot ratios of two rice cultivars at PI, flowering and maturity stage, when grown under rainfed and irrigated conditions as affected by different N rates (PSL 1994, wet season).

Treatment	Root : shoot ratio					
	PI		Flowering		Maturity	
	Rainfed	Irrigated	Rainfed	Irrigated	Rainfed	Irrigated
Cultivar :						
KDML105	0.23	0.24	0.09	0.08	0.08	0.03
IR57514-5-B-1-2	0.19	0.19	0.09	0.07	0.06	0.02
LSD _{0.05}	0.03	0.03	ns	ns	0.02	ns
N applied (kg/rai)						
0	0.23	0.19	0.09	0.07	0.06	0.02
6	0.21	0.21	0.09	0.08	0.07	0.05
12	0.20	0.21	0.10	0.08	0.07	0.02
18	0.24	0.19	0.08	0.07	0.07	0.02
LSD _{0.05}	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. (%)	16.7	14.6	23.9	20.2	32.7	26.7

ns = not significant

ในด้านการให้ผลผลิต ในพื้นที่ที่มีน้ำ
จำนวนจำกัด พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการ
ให้ผลผลิตในข้าวทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกัน กล่าวคือ
ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนสายพันธุ์ IR 57514-
PMI-5-B-1-2 มีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน
สูง คือ ที่ปุ๋ยอัตรา 18 กก. N/ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด
ไม่แตกต่างจากที่อัตรา 12 และ 6 กก. N/ไร่ แต่
สูงกว่าผลผลิตที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 8) สำหรับ
ในระหว่างพันธุ์ข้าวพบว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ IR 57514-PMI-
5-B-1-2 เฉพาะในระดับปุ๋ย 0 กก. N/ไร่ แต่ที่ระดับ
ปุ๋ย 6, 12 และ 18 กก. N/ไร่ สายพันธุ์ IR 57514-

PMI-5-B-1-2 มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่า แต่
ไม่แตกต่างจากขาวดอกมะลิ 105 อย่างไรก็ตาม
ในพื้นที่ที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ย
ไนโตรเจน แต่ละพันธุ์แตกต่างกันออกไป โดย
พันธุ์ข้าวคันเตี้ยสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2
ที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 18 กก. N/ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด (918
กก./ไร่) แต่ไม่แตกต่างจาก 6 และ 12 กก. N/ไร่
ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในระหว่าง
พันธุ์ข้าว พบว่าสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2
ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาว ดอกมะลิ 105
ในระดับปุ๋ย 12 และ 18 กก. N/ไร่ ยืนยันให้เห็นว่า
พันธุ์ข้าวคันเตี้ยสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยอัตราสูง
ได้ดีกว่าพันธุ์ข้าวคันสูง (ตารางที่ 9)

Table 8 Grain yield of two rice cultivars grown under rainfed condition as affected
by different N rates (PSL 1994, wet season).

N applied (kg/rai)	Grain yield (kg/rai) ^u		
	KDML 105	IR57514-PMI-5-B-1-2	Mean
0	740 ns	557 b	648
6	750	775 a	762
12	715	775 a	745
18	686	884 a	765
Mean	723	738 a	

CV. (%) = 16.9 %

Means within column with different superscript differ at $p < 0.05$

LDS_{0.05} (between cultivars at the same N rate) = 182 kg/rai

^u 1 hectare = 6.25 rai

Table 9 Grain yield of two rice cultivars grown under irrigated condition as affected by different N rates (PSL 1994, wet season).

N applied (kg/rai)	KDML 105	Grain yield (kg/rai ^u)	
		IR57514-PMI-5-B-1-2	Mean
0	707 a	789 b	748
6	721 a	826 ab	774
12	644 a	870 ab	757
18	520 b	918 a	719
Mean	648	851	

CV. (%) = 9.6 %

Means within column with different superscript differ at $p < 0.05$

LDS_{0.05} (between cultivars at the same N rate) = 106 kg/rai

^u 1 hectare = 6.25 rai

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์รวม (Combined analysis) ของการทดลองในปี 2537 เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของรากข้าว ต่อปริมาณน้ำที่ได้รับ พบว่า การเจริญเติบโตของรากที่ระยะข้าวออกดอกลดลงตามการเปลี่ยนแปลงจากสภาพ

น้ำน้อยไป ถึงสภาพที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ทุกช่วงระดับความลึก (ภาพที่ 3) และจากสภาพเนื้อดินร่วนปนทราย ถึงเนื้อดินเหนียว (ผลจากค่าเฉลี่ยของอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา)

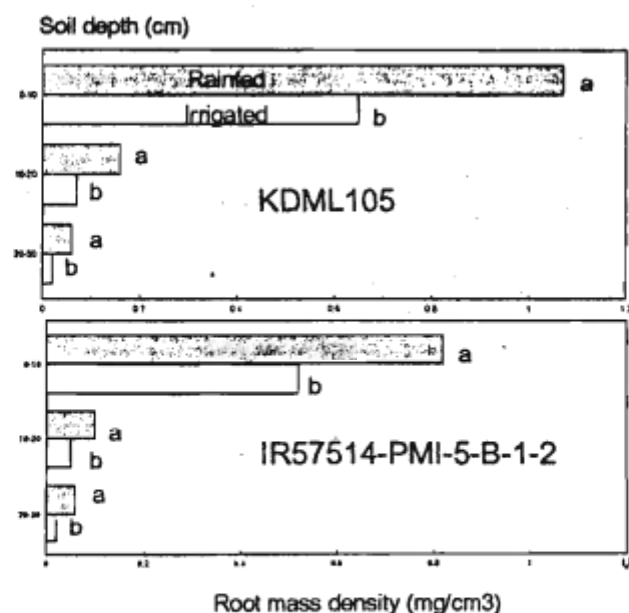


Figure 3 Effect of water availability on root mass density at flowering of two rice cultivars (Results are average of all 4 N treatments; PSL 1994, wet season).

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมด สรุปได้ว่า การเจริญเติบโตของรากข้าวส่วนใหญ่เจริญเติบโตอยู่ในชั้นดินบนที่ช่วงระดับความลึก 0-10 ซม. การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในปริมาณมาก ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระดับความลึกที่อยู่ห่างจากระดับผิวดินลงไป (ระยะ 10-30 ซม.) และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความหนาแน่นของรากมากกว่าสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 แต่ไม่สามารถแสดงผลในด้านความเป็นประโยชน์ต่อผลผลิตได้ ดังนั้นหากความแห้งแล้งเกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูปลูกลักษณะของพันธุ์ข้าว เช่น อายุเบา สามารถออกดอกและให้ผลผลิตก่อนที่ปริมาณน้ำฝนจะสิ้นสุดลง จึงเป็นลักษณะที่เป็นประโยชน์มากกว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยจำนวนมากลงไป

อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้น ไม่ได้ได้รับอิทธิพลจากการใส่ปุ๋ยในโตรเจน ทั้งในสภาพพื้นที่แห้งแล้งและสภาพพื้นที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีแนวโน้มให้อัตราส่วนระหว่างรากต่อลำต้นสูงกว่าสายพันธุ์ IR 57514-PMI-5-B-1-2 และยังพบอีกว่าการเจริญเติบโตของรากข้าวลดลงตามการเปลี่ยนแปลงจากสภาพพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำจำนวนจำกัด ไปถึงสภาพพื้นที่ที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ และจากสภาพเนื้อดินร่วนปนทรายถึงสภาพเนื้อดินเหนียว

เอกสารอ้างอิง

- Berge, H.F., M. Ten, T.M. Thiyagarajan, B. Mishra, K.S. Rao and R.N.Dash. 1994. Root growth and nitrogen uptake in rice : concepts of modeling, pp. 11-27. In Kirk, G.J.D. ed (1994). Rice Roots : Nutrient and Water Use. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Laguna, Philippines.
- Brouwer, R. 1962. Distribution of dry matter in the plant. Neth. J. Agric. Sci. 10 : 361-376
- Cruz, R.T., J.C.O' Toole, M. Dingkuhn, E.B. Yambao, M. Thangaraj and S.K. De Datta. 1986. Shoot and root responses to water deficits in rainfed lowland rice. Aus. J. Plant Physiol. 13 : 567-575.
- De Datta S.K., R.J. Buresh, M.K. Samson and Wang Kai-Rong. 1988. Nitrogen use efficiency and N-15 balance in broadcast seeded flooded and transplanted rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 52 : 849 - 855.
- Nabheerong N. 1993. Root growth and nutrient uptake of rice as affected by planting methods and green manures. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 27 (3) : 358-368.
- Sharma, P.K., G. Pantuwan, K, T. Ingram and S.K. De Datta. 1994. Rainfed lowland rice roots : soil and hydrological effects. Pp. 55-66. In Kirk G.J.G. ed (1994) Rice Roots : Nutrient and Water Use. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Laguna, Philippines
- Wilson, J.B. 1988. A review of evidence on the control shoot-root ratio, in relation to models, Ann. Bot 61 : 433-449.