

ประสิทธิภาพการใช้และการส่งถ่ายไนโตรเจนที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโต
และผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิล

Nitrogen Use Efficiency and Partitioning in Relation to Growth and Yield
of Rice cv. Khao Dawk Mali 105 and cv. Homnil

ธีรวุฒิ จันท์เนย¹ สายบัว เข้มเพชร² อรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง^{1*} ยูพา จอมแก้ว¹
และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา³

Teerawut Channoel¹, Saibua Khempet², Arawan Shutsrirung^{1*}, Yupa Chromkaew¹
and Sakda Jongkaewwattana³

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50300

²Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300, Thailand

³ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

³Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: arawan.s@cmu.ac.th

(Received: 8 March 2019; Accepted: 3 May 2019)

Abstract: Study of nitrogen use efficiency and partitioning in relationship to growth and yield of rice was performed using split plot design in which main plot was rice variety e.g. cv. Khao Dawk Mali 105 and cv. Homnil and sub plot was nitrogen application rates e.g. 0, 15 and 30 kgN/rai. The results showed that, when 15 kgN/rai was applied, the dry matter return of Khao Dawk Mali 105 was almost twice higher than that of Homnil (30.62 and 16.11 kgDM/kgN, respectively). However, at the rate of 30 kgN/rai, the dry matter return of the two rice varieties showed no significant difference. The agronomic efficiency of Homnil was slightly higher than that of Khao Dawk Mali 105 with the average values of 5.85 and 7.11 kg yield/kgN, respectively. The results of nitrogen partitioning (N dynamic) revealed that the nitrogen concentration in root, shoot and leaves of both Khao Dawk Mali 105 and Homnil showed a tendency to increase from tillering until dough stage. The nitrogen content in panicle was higher than those of leaves, stem and root with the maximum average values of 10.4, 7.3, 5.4 and 4.8 mgN/g DM, respectively. The higher rate of nitrogen application rate had no significant effect in promoting nitrogen content in the rice tissue. However, the dry matter of root, shoot, leaves and panicle was increased with the rate of nitrogen application indicating that the nitrogen concentration in rice tissues had no relationship with the rice yield. There was no significant difference in grain yield among Khao Dawk Mali 105 and Homnil. Average greatest grain yield was found at 30 kgN/rai with the value of 420.5 kg/rai.

Keywords: Khao Dawk Mali 105, Homnil, nitrogen use efficiency, nitrogen partitioning

บทคัดย่อ: การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและการส่งถ่ายไนโตรเจนที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและสารให้ผลผลิตของข้าว ได้ทำโดยวางแผนการทดลองแบบ spit plot จำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ main plot เป็นพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิล และ sub plot เป็นอัตราของไนโตรเจน 3 ระดับ ได้แก่ 0, 15 และ 30 กก./ไร่ ผลการศึกษา พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ย 15 กก./ไร่ ประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจนเพื่อสร้างเป็นน้ำหนักแห้งต้น (dry matter return) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 สูงกว่า ข้าวหอมนิลเกือบสองเท่า (30.62 และ 16.11 กก./น้ำหนักแห้ง/กก./ไร่ไนโตรเจนตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 30 กก./ไร่ dry matter return ของข้าวสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจนเพื่อสร้างเป็นผลผลิต (agronomic efficiency) พบว่า ข้าวหอมนิลมีแนวโน้มสูงกว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.85 และ 7.11 กก./ผลผลิต/กก./ไร่ไนโตรเจนตามลำดับ ผลการศึกษาการส่งถ่ายของไนโตรเจน (พลวัตไนโตรเจน) พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในราก ต้น และใบของข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และหอมนิลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากระยะแตกกอถึงระยะเบ่งอ่อน โดยที่รวงมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าใบ ต้น และราก โดยมีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 10.4, 7.3, 5.4 และ 4.8 มก./ไนโตรเจน/ก. น้ำหนักแห้งตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใส่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้นไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อข้าวส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งของราก ต้น ใบ และรวงที่มากขึ้น แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของข้าวไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าว ในส่วนของผลผลิตพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในทิศทางเดียวกัน โดยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 30 กก./ไร่ไนโตรเจน/ไร่ ข้าวให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 420.5 กก./ไร่

คำสำคัญ: ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวหอมนิล ประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจน การส่งถ่ายไนโตรเจน

คำนำ

ปัจจุบันประชากรที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมีโอกาสในการเข้าถึงและเลือกบริโภคข้าวที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งคุณสมบัติที่ต่างกันดังกล่าวพบในพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิลจัดว่าเป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคเป็นลำดับต้น ๆ (Kemthong *et al.*, 2014; Thanananta *et al.*, 2012) เพราะข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อหุงแล้วมีกลิ่นหอม นุ่มอร่อย แม้มุกปล่อยไว้ให้เย็น ส่วนข้าวหอมนิลเป็นข้าวที่มีโปรตีนสูง เมล็ดมีสีม่วงดำที่ประกอบด้วย cyanidin, peonidin และ procyanidin ผสมกัน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นสารในกลุ่ม flavonoid ที่เรียกว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยทั่วไปข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 278-390 กก./ไร่ (Punyakaew, 1999) ส่วนข้าวหอมนิลให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 400-700 กก./ไร่ (Rice Department,

ผลผลิตที่ได้นอกจากจะขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการน้ำและศัตรูพืชแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการจัดการธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว เป็นส่วนประกอบของโปรตีน เอนไซม์ โคเอนไซม์ และคลอโรฟิลล์ (Slocum, 1991) ข้าวจะใช้กระบวนการสังเคราะห์แสงที่อาศัยคลอโรฟิลล์ในการดูดซับแสงเพื่อที่จะใช้พลังงานแสงในการที่จะเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและน้ำให้เป็นน้ำตาลที่เรียกกันทั่วไปว่า สารสังเคราะห์ (photosynthate) ก่อนที่จะถูกเปลี่ยนเป็นแป้งสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าว ได้แก่ ราก ต้น ใบ และเมล็ด ทั้งนี้การเจริญเติบโตของข้าวจะเป็นไปตามศักยภาพของพืช หรือมีการเจริญเติบโตที่ไม่สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในส่วนของแหล่งผลิต (source) ที่หมายถึงส่วนของต้นข้าวที่มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบ เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง ดังนั้น ไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโดยตรง

ข้าวเป็นพืชที่แบ่งระยะการเจริญเติบโตออกเป็นสองช่วงหลักได้แก่การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) เริ่มเมื่อเมล็ดข้าวเกิดการงอก จนกระทั่งข้าวเข้าสู่ระยะการกำเนิดช่อดอก (panicle initiation) และระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (reproductive growth) เริ่มเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอก ระยะการส่งถ่ายสารสังเคราะห์ไปยังเมล็ด หรือการสะสมน้ำหนักเมล็ด จนถึงช่วงการสุกแก่ (ripening period) (Yoshida, 1981) ที่ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์นี้การเจริญเติบโตทางต้นและใบของข้าวจะสิ้นสุดลง (Sampet, 1999) ดังนั้นการส่งถ่ายสารสังเคราะห์ในช่วงการเจริญเติบโตทางต้นและใบจึงเป็นดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตที่บ่งถึงความสมบูรณ์ของการสะสมน้ำหนักรากต้นและใบ (Sampet, 1999) ซึ่งการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะการเจริญเติบโตดังกล่าวนี้ จะส่งเสริมให้ข้าวสร้างคลอโรฟิลล์ในส่วนของแหล่งผลิต ทำให้มีการสังเคราะห์ และสร้างสารสังเคราะห์สะสมไว้ในต้นและใบเป็นหลัก และ Sampet (1999) กล่าวว่า เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ สารสังเคราะห์ที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกส่งไปยังเมล็ด

ด้วยเหตุผลที่ข้าวใช้ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในการสร้างคลอโรฟิลล์ที่มีส่วนในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างสารสังเคราะห์แล้วถูกส่งถ่ายไปยังส่วนต่างๆ ของต้นข้าวเพื่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่กระจายอยู่ในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวที่ถือว่าเป็นแหล่งผลิตในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตของข้าวจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพของการเจริญเติบโตในด้านของการสะสมน้ำหนักรากต้นและใบ และการสะสมน้ำหนักรวม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของข้าวว่าอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางต้นและใบหรือในระยะการเจริญเติบโตในระยะสืบพันธุ์ (Guindo *et al.*, 1992) ดังนั้นการที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าจะเป็นการให้ปุ๋ยหรือที่ระยะเวลาต่างกันระหว่างช่วงการเจริญเติบโต จะส่งผลต่อการสะสม ใช้ และส่งถ่ายไนโตรเจนไปยังส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ซึ่งสามารถที่จะบ่งชี้ถึงการให้ผลผลิตของข้าวได้ การเข้าใจถึงพลวัตรวมถึงประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว การส่งถ่าย และสะสมน้ำหนักรวมของแต่ละส่วนของต้นข้าวในแต่ละระยะ

การเจริญเติบโตจะสามารถช่วยให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวได้ การศึกษาค้นคว้านี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการใช้และการส่งถ่ายไนโตรเจน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 และหอมนิล โดยการทดลองครั้งนี้ มีกรรมวิธีการใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว (Nongsin, 1999) กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เพื่อเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้านี้ดำเนินการทดลองที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ main plot เป็นพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิล และ sub plot เป็นอัตราของไนโตรเจน 3 อัตรา ได้แก่ 0, 15 และ 30 กก./ไร่ ไนโตรเจน/ไร่ โดยใช้ไนโตรเจนในรูปของยูเรีย ทำการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกในระยะแตกกอ และครั้งที่ 2 ที่ระยะกำเนิดช่อดอก ในสัดส่วน 60:40 ทำการปลูกข้าวในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ดินปริมาณ 5.5 กิโลกรัมต่อกระถาง จำนวนซ้ำละ 30 กระถางต่อพันธุ์ โดยดูแลจัดการน้ำ ควบคุมวัชพืช และป้องกันการเข้าทำลายจากโรคและแมลงตามความเหมาะสมตลอดการดำเนินงานทดลอง ก่อนทำการทดลองได้นำดินไปทำการวิเคราะห์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่ามีค่า 35.2 และ 86.0 mg/kg ตามลำดับ จึงไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในดินที่ใช้ทดลองเพิ่มเติม

การเก็บและบันทึกข้อมูลประกอบด้วย การบันทึกวันที่ข้าวเข้าสู่ระยะพัฒนาการต่างๆ ได้แก่ ระยะกล้า ระยะแตกกอ ระยะกำเนิดช่อดอก ระยะแทงรวง ระยะนํ้านม ระยะแบ่งอ่อก และระยะสุกแก่ โดยสังเกตจาก 80% ของข้าวในกระถางทดลองที่เข้าสู่ระยะพัฒนาการนั้นๆ และสุ่มเก็บตัวอย่างข้าว ตามระยะพัฒนาการดังกล่าว

และทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ส่วน (จาก ลำต้น และ ใบ) และเริ่มเก็บตัวอย่างรวงเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะแทงรวง จากนั้นนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อนำหนักแห้งมวลชีวภาพ นำตัวอย่างที่ได้จากการวัดเพื่อหา น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพจากทุกระยะการเจริญเติบโต มาบดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว เพื่อทำการวิเคราะห์หา ปริมาณไนโตรเจน ด้วยวิธี micro Kjeldahl (McKenzie and Wallace ,1954) แล้ววิเคราะห์พลวัตของไนโตรเจน และการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าว โดยใช้สมการ 3rd order polynomial (Pundonjai, 2013)

$$Y = a+bx+cx^2+dx^3$$

โดย: Y หมายถึง ค่าน้ำหนักแห้ง

a, b, c และ d หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์

x หมายถึง จำนวนวันหลังปลูก

เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะสุกแก่ทำการวัดความสูง เก็บ ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนต้น ต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และ น้ำหนักเมล็ดดี 100 เมล็ด

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ (dry matter return) ทำการวิเคราะห์ โดยใช้ตามสมการของ (Nongsin, 1999)

$$DM \text{ return} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน} - \text{น้ำหนักแห้งของข้าวที่ไม่ได้รับ ปุ๋ยไนโตรเจน}}{\text{ระดับไนโตรเจนที่ใส่}}$$

ส่วนการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิต (agronomic efficiency) ทำการวิเคราะห์ตามสมการของ Cassman *et al.* (1996)

$$Agronomic \text{ efficiency} = \frac{\text{ผลผลิตของข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน} - \text{ผลผลิตของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน}}{\text{ระดับไนโตรเจนที่ใส่}}$$

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยหาค่า LSD (least significant difference)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ พบว่า ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ และอัตราปุ๋ย (Table 1) อย่างไรก็ตามพบว่า ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพของข้าวหอมนิลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มไนโตรเจนจาก 0-15 และ 0-30 กก.ไนโตรเจน/ไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.12 และ 27.13 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.ไนโตรเจน (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าข้าวหอมนิลมีการเจริญเติบโตทางต้นและใบเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการแตกกอที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้น (ไม่ได้แสดงผล)สอดคล้องกับ Osotsapar *et al.* (2008) ที่รายงานว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน จะเพิ่มการเจริญเติบโตและการแตกกอของข้าวมากขึ้น ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักมวลชีวภาพจากการเพิ่มไนโตรเจนจาก 0-15 และ 0-30 กก.ไนโตรเจน/ไร่ มีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ยเท่ากับ 30.62 และ 30.55 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.ไนโตรเจน (Figure 1) สอดคล้องกับ Nongsin (1999) ที่พบว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อัตราปุ๋ยจาก 0-7.2 และ 0-21.6 กก.ไนโตรเจน/ไร่ เฉลี่ยเท่ากับ 29.6 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.ไนโตรเจน

สำหรับประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิต พบว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ และอัตราปุ๋ย (Table 1) มีแนวโน้มของประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตของข้าวทั้งสองพันธุ์ลดลงจากการเพิ่มไนโตรเจนจาก 0-15 และ 0-30 กก.ไนโตรเจน/ไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.5 กก.

Table 1. Dry matter return and agronomic efficiency of Khao Dawk Mali 105 and Homnil

Nitrogen (kg/rai)	Dry matter return (kgDM/kgN)			Agronomic efficiency (kgYield/kgN)		
	KDML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean
0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	30.62	16.11	23.37	6.45	7.58	7.02
30	30.55	27.13	28.84	5.25	6.64	5.95
Mean	30.58	21.62	26.11	5.85	7.11	6.48
F-test (V)	ns			ns		
F-test (N)	ns			ns		
F-test VxN	ns			ns		
CV (V)	23.58			26.6		
CV (N),(VxN)	17.28			17.46		

ns = not significance, N/A = not applicable

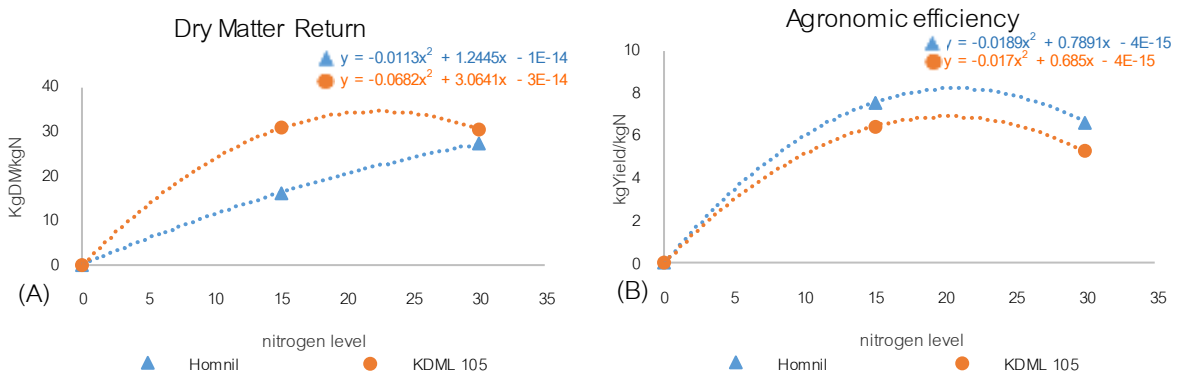


Figure 1. Dry matter return (A) and agronomic efficiency (B) of Khao Dawk Mali 105 and Homnil

ผลผลิต/กก.ไนโตรเจน (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าข้าวมีความสามารถในการใช้ไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตต่ำลงเมื่อเพิ่มไนโตรเจนที่มากกว่า 15 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ทั้งนี้เป็นไปได้เพราะข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยทั่วไปแล้วมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสร้างผลผลิตไม่สูงมาก แต่การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจะส่งเสริมการเจริญเติบโตทางต้น และใบมากกว่า ส่วนข้าวพันธุ์หอมนิลนั้น มีลักษณะการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนคล้ายกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งผลดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ (Tirol-Padre *et al.*, 1996) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยมากกว่า 15 กก.ไนโตรเจน/ไร่

ส่งเสริมให้การเจริญเติบโตทางต้น และใบที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ทำให้น้ำหนักรวงที่ระยะสุกแก่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Osotsapar *et al.* (2008) ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของข้าว 5 พันธุ์ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 14-29 กก.ผลผลิต/กก.ไนโตรเจน อย่างไรก็ตามการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าอัตราที่พืชให้ผลผลิตสูงสุด ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นอีก (Chinda *et al.*, 1999)

จากการศึกษาเปรียบเทียบพลวัตของไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวที่ได้รับไนโตรเจน พบว่าน้ำหนักแห้งในส่วนของราก ต้น และใบ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิลมีแนวโน้มการสะสมไนโตรเจนเพิ่ม

มากขึ้นตามระยะพัฒนาการ จากระยะแตกกอถึงระยะ
 แ่้ง (Figure 2, 3) และยังมีแนวโน้มการสะสมไนโตรเจน
 เพิ่มมาก ขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (Figure 4)

ซึ่งMae (1986) และ Guindo *et al.* (1994) รายงานว่า
 ไนโตรเจนจะถูกส่งถ่ายไปที่ส่วนของพืชที่กำลังพัฒนา โดย
 ก่อนที่ข้าวเข้าสู่ระยะแทงรวงจะเป็นระยะที่ใบของข้าวจะ

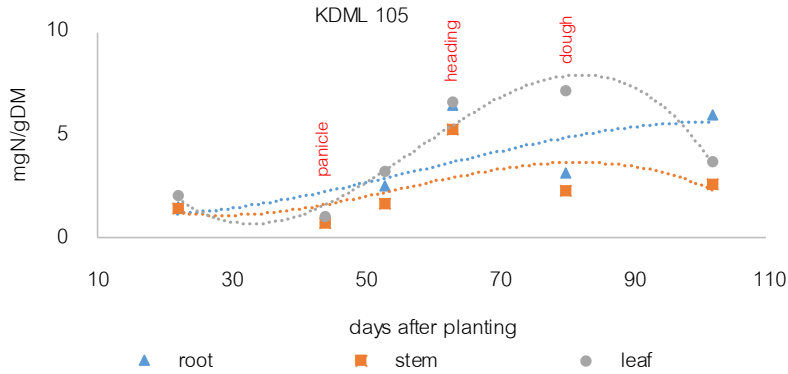


Figure 2. Dynamic of nitrogen concentration in plant tissue of Khao Dawk Mali 105

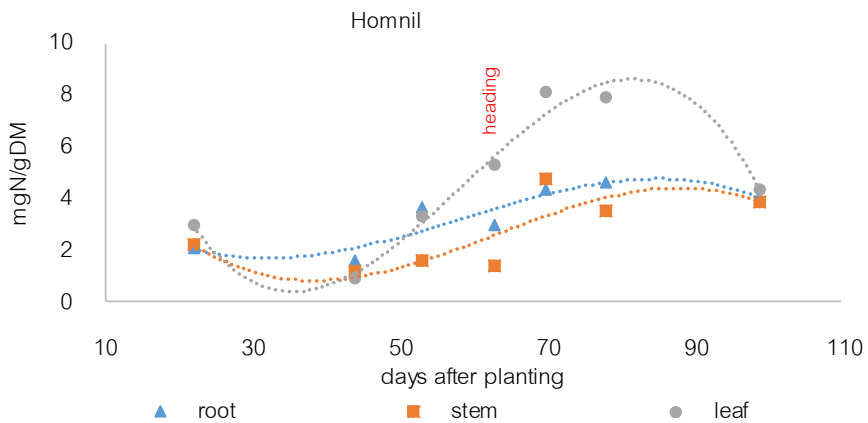


Figure 3. Dynamic of nitrogen concentration in plant tissue of Homnil

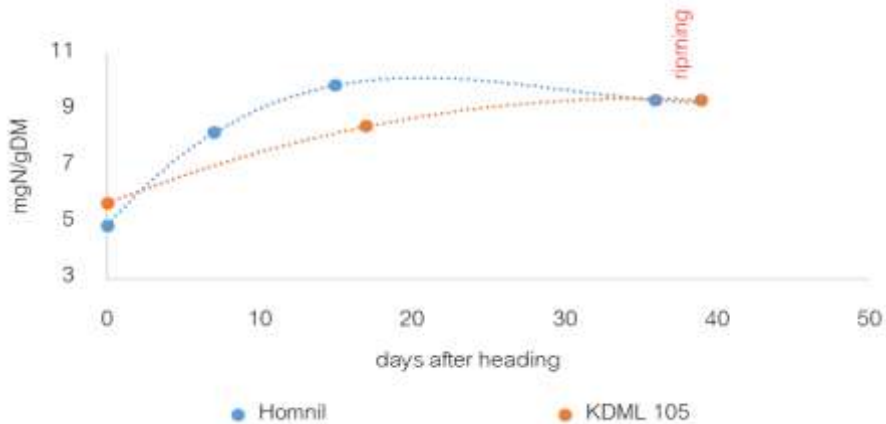


Figure 4. Dynamic of nitrogen content in panicle of Khao Dawk Mali 105 and Homnil

ประสิทธิภาพการใช้และการส่งถ่ายไนโตรเจนที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิล

ได้รับธาตุไนโตรเจนมากที่สุด แต่ใบข้าวที่เริ่มเสื่อมสภาพ (senescence) จะได้รับไนโตรเจนโดยการส่งถ่ายไปให้ในปริมาณที่จำกัด ผลการศึกษาค้นครั้งนี้ยังพบอีกว่าไนโตรเจนจะสะสมสูงสุดในส่วนของรวงมากกว่าใบ รากและต้น ของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 10.4, 7.3, 5.4 และ 4.8 มก./ก. ตามลำดับ (Table 2) คิดเป็นร้อยละ 37.27, 26.16, 19.35 และ 17.20 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Wang *et al.* (2018) ที่พบว่า การสะสมไนโตรเจนในรวงจะมากกว่าใบ ราก และต้น Muhammad *et al.* (1974) อธิบายว่าระหว่างการพัฒนาในเมล็ดที่ระยะพัฒนาการจะมีการส่งถ่ายไนโตรเจนไปสู่รวงที่เพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการของรวง Mae and Shoji (1984) พบว่าไนโตรเจนที่สะสมในรวงได้มาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ ไนโตรเจนที่ดูดซึมจากดินระหว่างช่วงการเจริญเติบโตจากระยะกล้าถึงระยะสะสมแป้งของต้นและใบ และจากการเคลื่อนย้าย (remobilized) โดยสัดส่วนของไนโตรเจนในรวงที่ได้จากการดูดซึมไนโตรเจนจากดินของข้าวอยู่ในช่วง 10-30% และได้มาจากการเคลื่อนย้าย 70-90% ของไนโตรเจนในรวง ซึ่ง Mae and Ohira (1981) พบว่า 60% ของไนโตรเจนที่เคลื่อนย้ายมาจากตัวใบ กาบใบ และต้น

ส่วนรานั้นมีการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนน้อยมาก ดังนั้นเมื่อไนโตรเจนถูกแบ่งถ่ายไปยังรวงจึงทำให้ไนโตรเจนในต้นและใบลดลงในขณะที่ไนโตรเจนในรวงเพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าที่ระยะสะสมแป้งของรวงใบจึงมีบทบาทหลักทั้งการสังเคราะห์แสง และการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนไปสู่ส่วนที่กำลังเจริญเติบโต (Mae, 1986)

สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิต (Table 3) พบว่าข้าวชาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิลให้ผลผลิตที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในทิศทางเดียวกัน โดยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 30 กก. ไนโตรเจน/ไร่ ข้าวให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 420.5 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามข้าวหอมนิลมีจำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอมากกว่าข้าวชาวดอกมะลิ 105 ในขณะที่ข้าวชาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนักเมล็ดดี 100 เมล็ดมากกว่า ซึ่งการชดเชยกันขององค์ประกอบผลผลิตมีส่วนทำให้ผลผลิตของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่ต่างกัน ทั้งนี้องค์ประกอบผลผลิตจะสามารถชดเชยซึ่งกันและกันได้ (Yoshida, 1981)

Table 2. Nitrogen concentration of Khao Dawk Mai 105 and Homnil under different nitrogen application levels

Nitrogen (kgN/rai)	Root (mg/g)			Stem (mg/g)			Leaf (mg/g)			Panicle (mg/g)		
	KDML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean
0	5.45	6.37	5.91	2.60	5.19	3.90	6.41	8.21	7.31	9.53	11.35	10.44
15	5.43	5.10	5.46	3.09	9.60	6.35	5.62	10.44	8.03	8.81	11.71	10.26
30	4.18	6.11	5.14	4.58	3.71	4.15	5.71	7.43	6.57	9.61	11.37	10.49
Mean	5.02	5.86	5.44	3.42	6.17	4.80	5.91 ^B	8.69 ^A	7.30	9.32	11.47	10.40
F-test (V)	ns			ns			*			ns		
F-test (N)	ns			ns			ns			ns		
F-test (VxN)	ns			ns			ns			ns		
CV (V)	42.47			44.42			10.8			15.05		
CV (N), (VxN)	15.2			47.67			37.05			10.72		

* = Significant difference at $P < 0.05$, ns = not significance

Table 3. Yield and yield components of Khao Dawk Mali 105 and Homnil

Nitrogen (kgN/rai)	Tiller/Hill (No.)			Panicle/Hill (No.)			Fertile/Panicle (No.)			100 Grain Weight (g)			Yield (kg/rai)		
	KDML 105	Homnil	Mean	<DML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean	KDML 105	Homnil	Mean
0	4.67d	5.67d	5.17	4.67e	5.00de	4.83	98.00ab	106.33a	102.17	2.06	1.70	1.88b	234.91	242.66	238.79c
15	5.67d	10.67b	8.17	5.67d	10.00b	7.83	100.33ab	78.33c	89.33	2.23	1.77	2.00a	321.77	339.69	330.73b
30	7.67c	14.67a	11.17	7.67c	13.33a	10.50	85.33bc	73.00c	79.17	2.35	1.77	2.06a	405.80	435.19	420.50a
Mean	6.00	10.33	8.17	6.00	9.44	7.72	94.56	85.89	90.22	2.21A	1.75B	1.98	320.83	339.18	330.01
F-test (V)	**			**			ns			**			ns		
F-test (N)	**			**			**			*			**		
F-test (VxN)	**			**			*			ns			ns		
CV (V)	10			6.1			23.57			0.1			15.09		
CV (N), (VxN)	7.07			6.1			8.67			3.18			7.03		

* = Significant difference at $P<0.05$, ** = Significant difference at $P<0.01$, ns = not significance

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักเมล็ดข้าวภาพ และประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิล ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างน้ำหนักเมล็ดข้าวภาพของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ที่อัตราไนโตรเจน 15 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสามารถในการให้น้ำหนักแห้งชีวมวลมากกว่าข้าวหอมนิล 95% และที่อัตราไนโตรเจน 30 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิลมีความสามารถให้น้ำหนักแห้งชีวมวลใกล้เคียงกันเฉลี่ยเท่ากับ 28.84 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.ไนโตรเจน ส่วนประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิล พบว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนทั้งสองอัตราที่ใส่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.48 กก.ผลผลิต/กก.ไนโตรเจน ส่วนการส่งถ่ายไนโตรเจนของข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่า ในส่วนของราก ต้น และใบ มีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นตามระยะพัฒนาการ และพบมากที่สุดในระยะแบ่งอ่อน ในขณะที่ รวง มีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มมากที่สุดที่ระยะสุกแก่

เอกสารอ้างอิง

- Cassman, K.G., G.C. Gines, M.A. Dizon, M.I. Samson and J.M. Alcantara. 1996. Nitrogen-use efficiency in tropical lowland rice systems: Contributions from indigenous and applied nitrogen. *Field Crops Research* 47(1): 1-12.
- Chinda, M., S. Luangsirorat and S. Rurkvee. 1999. Influence of chemical and organic fertilizers on soil properties and yield of rice grown on Nakhon Prathom soil. Soil Science Division, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Guindo, D., B.R. Wells and R.J. Norman. 1994. Cultivar and nitrogen rate influence on nitrogen uptake and partitioning in rice. *Soil Science Society of America Journal* 58(3): 840-845.
- Guindo, D., B.R. Wells, C.E. Wilson and R.J. Norman. 1992. Seasonal accumulation and partitioning of nitrogen-15 in rice. *Soil Science Society of America Journal* 56(5): 1521-1527.

- Khemthong, P., T. Mekhora and S. Kuhaswonvetch. 2014. Feasibility study of black jasmine rice (Hom Nil) production in Nongchok district, Bangkok. King Mongkut's Agricultural Journal 32(3): 27-35. (in Thai)
- Mae, T. 1986. Partition and utilization of nitrogen in rice plants. Japan Agricultural Research Quarterly 20(2): 115-120.
- Mae, T. and K. Ohira. 1981. The remobilization of nitrogen related to leaf growth and senescence in rice plants (*Oryza sativa* L.). Plant and Cell Physiology 22(6): 1067-1074.
- Mae, T. and S. Shoji. 1984. Studies on the fate of fertilizer nitrogen in rice plants and paddy soils by using ^{15}N as a tracer in northeastern Japan. pp. 77-94. *In: Soil Science and Plant Nutrition in Northeastern Japan (Special issue)*. Japan Society of Soil Science and Plant Nutrition, Sendai.
- McKenzie, H.A. and H.S. Wallace. 1954. The Kjeldahl determination of nitrogen: a critica study of digestion conditions-temperature, catalyst, and oxidizing agent. Australian Journal of Chemistry 7(1): 55-70.
- Muhammad, S., U.J. Kim and K. Kumazawa. 1974. The uptake, distribution, and accumulation of ^{15}N -labelled ammonium and nitrate nitrogen top-dressed at different growth stages of rice. Soil Science and Plant Nutrition 20(3): 279-286.
- Nongsin, A. 1999. Accumulation and partitioning of nitrogen in rice as influenced by nitrogen application rates. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 105 p. (in Thai)
- Osotsapar, Y., A. Wongmaneroj and C. Hongprayoon. 2008. Fertilizer for Sustainable Agriculture. Kasetsart University Press, Bangkok. 519 p. (in Thai)
- Pundonfai, N. 2013. Nitrogen partitioning and its relationship to chlorophyll level in leaves of rice cv. Khao Dawk Mali 105. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 94 p. (in Thai)
- Punyakaew, T. 1999. Response of rice cv. KDML 105 to nitrogen fertilizer under minimum tillage. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 43 p. (in Thai)
- Rice Department. 2017. Homnil rice. (Online). Available: <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=16> (December 12, 2018). (in Thai)
- Sampet, C. 1999. Crop Physiology. Chiang Mai University, Chiang Mai. 284 p. (in Thai)
- Slocum, R.D. 1991. Polyamine biosynthesis in plants. pp. 23-40. *In: R.D. Slocum and H.E. Flores (eds.) Biochemistry and Physiology of Polyamines in Plants*. CRC Press, London.
- Thanananta, N, V. Prasit and T. Thanananta. 2012. Identification of rice cultivars KDML 105 and its improved cultivars by using HAT-RAPD technique. Thai Journal of Science and Technology 1(3): 169-179. (in Thai)
- Tirol-Padre, A., J.K. Ladha, U. Singh, E. Laureles, G. Punzalan and S. Akita. 1996. Grain yield performance of rice genotypes at suboptimal levels of soil N as affected by N uptake and utilization efficiency. Field Crops Research 46(1-3): 127-143.
- Wang, D., C. Xu, C. Ye, S. Chen, G. Chu and X. Zhang. 2018. Low recovery efficiency of basal fertilizer-N in plants does not indicate high basal fertilizer-N loss from split-applied N in transplanted rice. Field Crops Research 229: 8-16.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Baños. 260 p.