

การจัดการธาตุไนโตรเจนเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลในชุดดินแม่ทะ

Nitrogen management for Hom-nin rice production grown on Mea Tha soil series

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์*

Jakchaiwat Kaweewong^{1*}

บทคัดย่อ: ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตข้าว การจัดการให้เหมาะสมกับชนิดของดินและสภาพพื้นที่สามารถยกระดับ ผลผลิตให้เป็นไปตามศักยภาพของสายพันธุ์ และช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างยั่งยืน การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราของปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต รวมถึงผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีของข้าวหอมนิลที่ปลูกในชุดดินแม่ทะ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีควบคุม (Control) กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 (N1), 4.5 (N2), 9 (N3), 18 (N4), 24 (N5) และ 36 (N6) กก. N/ไร่ ผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และผลตอบแทนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงอัตรา 9-18 กก. N/ไร่ ให้จำนวนต้นตอกอ (17.83 ต้น) ความสูง (91.52 ซม.) จำนวนรวงตอกอ (14.50 รวง) จำนวนเมล็ดตอรวง (138.50 เมล็ด) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (88.80%) ผลผลิต (597.97 กก./ไร่) และผลตอบแทนเฉลี่ย (6,237.95 บาท/ไร่) สูงที่สุด อย่างไรก็ตามข้าวตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 13.18 กก./ไร่ ซึ่งจะให้ผลผลิตและผลตอบแทนเฉลี่ยไร่ละ 583.63 กก. และ 6,189.09 บาท ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กก. N/ไร่ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้นี้สามารถให้คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวหอมนิลที่ปลูกในชุดดินแม่ทะได้ว่าควรใส่ให้ในช่วงไม่เกิน 13-18 กก. N/ไร่ เมื่อวิเคราะห์ดินก่อนปลูกได้ว่ามีปริมาณของธาตุไนโตรเจนต่ำ

คำสำคัญ: การจัดการธาตุไนโตรเจน, ข้าวหอมนิล, ชุดดินแม่ทะ

ABSTRACT: Nitrogen fertilizer is the major input in rice production. Proper nitrogen management for soil types and cultivable land areas is able to increase productivity levels to meet the yield potential of rice variety and reduce production costs sustainably. This study aims to investigate the effect of Nitrogen fertilizer (46-0-0) management practice on growth, yield components, yield and net revenue after deducting the cost of chemical fertilizer of Hom-nin rice grown on Mea Tha soil series. The experiment was laid out in the completely randomized design (CRD). There were seven treatments and eight replications. The nitrogen fertilizer treatment structure comprised 0 (N1), 4.5 (N2), 9 (N3), 18 (N4), 24 (N5) and 36 (N6) kg N/rai. The results of nitrogen fertilizer application showed that growth, yield components, yield and net revenue of Hom-nin rice were significantly different. Application rate

Received December 12, 2018

Accepted June 12, 2019

¹ สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

Program of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang 52100

* Corresponding author: jakchaiwat_k@hotmail.com

of nitrogen fertilizer in the range of 9-18 kg N/rai gave the maximum average tiller per hill (17.83 tillers) plant height (91.52 cm) panicle per hill (14.50 panicles) grain per panicle (138.50 seeds) filled grain (88.80%) grain yield (597.97 kg/rai) and net revenue (6,237.95 baht/rai). However, Yield response to nitrogen fertilizer rate of Hom-nin rice grown on Mae tha soil series was 583.63 kg/rai and gave the average net revenue at 6,189.09 baht/rai when applying nitrogen fertilizer rate at 13.18 kg/rai, not significantly different when compared with application rate of 18 kg N/rai. Based on the results of the experiment, using of nitrogen fertilizer ranged from 13-18 kg N/rai is recommended for growing Hom-nin rice when analyses that the nitrogen content in Mae Tha soil series is low.

Keywords: Nitrogen management, Hom-nin rice, Mae Tha soil series

บทนำ

ข้าว (*Oryza Sativa* L.) เป็นพืชอาหารหลักที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวประมาณ 59.23 ล้านไร่ ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 421 กก. (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) การที่จะผลิตข้าวให้มีประสิทธิภาพและนำไปสู่ความยั่งยืนได้นั้น การจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมกับสภาพดินและพื้นที่นั้น ๆ นับว่าเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มผลผลิตของข้าวให้สูงขึ้นได้ (ทัศนีย์ และประทีป, 2558) ในปัจจุบันการผลิตข้าวมีต้นทุนมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีค่อนข้างสูง โดยคิดเป็น 30% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (ธนกฤต และคณะ, 2555) นอกจากนี้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมาก และไม่สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ดั้งเดิมในดิน (นันทนา, 2553; อุไรวรรณ, 2557) กอปรกับมูลค่าของปุ๋ยที่มีราคาแพง รวมทั้งความผันผวนของราคาข้าวเปลือก จึงทำให้ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มต้นทุนการผลิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นเกษตรกรควรคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยและความต้องการธาตุอาหารของข้าวที่สอดคล้องกับค่าวิเคราะห์ดิน (อุไรวรรณ, 2557) เนื่องจากดินในแต่ละพื้นที่มีคุณสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ที่ค่อนข้างแตกต่างกัน (Attanandana et al., 2005) ศุภธิดา (2558) รายงานว่าการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่จะส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของข้าวอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจนที่มีบทบาทสำคัญต่อพัฒนาการและการ

เจริญเติบโตของพืช (มุกดา, 2544) การจัดการธาตุไนโตรเจนโดยการใส่ปุ๋ยอย่างเพียงพอและเหมาะสมตั้งแต่ช่วงข้าวเริ่มแตกกอจะช่วยส่งเสริมในด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว (ยงยุทธ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ยังทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Guan et al., 2011) แต่หากมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป นอกจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดการปนเปื้อนของไนเตรต (NO_3^- -N) (Jing et al., 2007) ขณะเดียวกันข้าวจะมีอาการรอบน้า อ่อนแอ เฝือใบ ลมง่าย รวมทั้งเกิดการระบาดของโรคและแมลงมากขึ้น (ทัศนีย์ และประทีป, 2558) ในทางกลับกันหากใส่ปุ๋ยมากเกินไปจะทำให้ไนโตรเจนในดินมีไม่เพียงพอ ส่งผลทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตช้า และผลผลิตที่ได้น้อยลง (ศุภธิดา, 2558) ปัจจุบันมีเอกสารแนะนำเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยรวมถึงการผสมปุ๋ยเพื่อใช้ในนาข้าวที่แพร่หลาย แต่ยังเป็นภาพรวมของการใช้สำหรับข้าวที่ปลูกโดยทั่วไป ซึ่งพันธุ์ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยมีอยู่เป็นจำนวนมาก และการเป็นประโยชน์ของการใช้ปุ๋ยของข้าวสวนหนึ่งขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการธาตุไนโตรเจนใช้เทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่เพื่อสำหรับการผลิตข้าวหอมชนิด ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม เมล็ดใส ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาจากข้าวขาวหอมมะลิ สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้ยังเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (อภิชาติ, 2544) เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอก รวมถึงกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ

(วัชสนัย และคณะ, 2560) โดยได้ทำการทดลองปลูกในชุดดินแม่ทะ ซึ่งเป็นชุดดินที่พบได้มากบริเวณภาคเหนือตอนบนและมีศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; ยงยุทธ และคณะ, 2554) ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางสำคัญที่ส่งเสริมให้เกษตรกรได้ผลิตข้าวที่มีทั้งปริมาณและคุณภาพที่ดีสู่ท้องตลาดและช่วยลดต้นทุนการผลิตเรื่องการใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวอย่างยั่งยืนอีกด้วย

วิธีการศึกษา

การเตรียมงานทดลอง

ศึกษาทดลองบริเวณศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานตามแนวพระราชดำริ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี หนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู พ.ศ. 2561 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างชุดดินแม่ทะ (Mae tha series, Mta; Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic aeric endoaqualfs) จากแปลงเกษตรกร ตำบลน้ำใจ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง (พิกัดแปลง 18.153700°N, 99.455151°E) ซึ่งมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam) สีน้ำตาล (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2557) โดยตัวอย่างดินบางส่วนในพื้นที่จะถูกเก็บตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน (2553) เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติบางประการและปริมาณธาตุอาหารก่อนทำการทดลอง ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าดินมีความเป็นกลาง (pH 6.83) มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.12 เดลชีเมนต์/ม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก โดยมีค่า 0.93 และ 0.13% ตามลำดับ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างสูง โดยวิเคราะห์ได้ 49.74 มก./กก. (Bray II) และ 687.54 มก./กก. ตามลำดับ ในส่วนของสมบัติทางกายภาพและปริมาณธาตุอาหารอื่น ๆ ที่วิเคราะห์ได้ แสดงใน Table 1 สำหรับตัวอย่างดินอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำมาฝังให้แห้งในที่

ร่มเป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นทำการแบ่งตากใส่ลงในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว กระถางละ 10 กก. เพื่อเตรียมปลูกข้าวหอมนิลสำหรับใช้ในการทดลองต่อไป

แผนการทดลองและสิ่งทดลอง

การจัดการธาตุไนโตรเจนเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลที่ปลูกในชุดดินแม่ทะ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ประกอบไปด้วย กรรมวิธีควบคุม (Control) ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) อัตรา 0 (N_1), 4.5 (N_2), 9 (N_3), 18 (N_4), 24 (N_5) และ 36 (N_6) กก. N/ไร่ โดยกำหนดอัตราจากคำแนะนำการใส่ปุ๋ยแก่ข้าวตามค่าวิเคราะห์ดินจากสถาบันวิจัยข้าว (2547) ทำการปลูกลงในกระถางทดลองที่เตรียมไว้จำนวน 56 กระถาง เมื่อต้นกล้าของข้าวหอมนิลมีอายุได้ 20 วัน คัดเลือกต้นที่สมบูรณ์มากที่สุด โดยทำการปลูกกระถางละ 3 ต้น รองพื้นด้วยปุ๋ยฟอสฟอรัสสูตร 0-46-0 (Triple super phosphate, TPS) อัตรา 6 กก. P_2O_5 /ไร่ (13 กก./ไร่) และปุ๋ยโพแทสเซียมสูตร 0-0-60 (Muriate of potash, MOP) อัตรา 6 กก. K_2O /ไร่ (10 กก./ไร่) (สถาบันวิจัยข้าว, 2547) โดยใส่หลังจากปักดำ 7 วัน สำหรับปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) จะถูกแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม และครั้งที่สองใส่เมื่อข้าวเริ่มแตกกอ (ประมาณ 30 วันหลังจากใส่ครั้งแรก) (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง (Table 2) ทำการดูแลรักษาตลอดระยะเวลาที่ข้าวมีการเจริญเติบโต ควบคุมระดับน้ำให้คงที่ กำจัดวัชพืช และเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมดเมื่อข้าวมีอายุ 105 วัน

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลจำนวนต้นต่อกอเมื่อข้าวมีอายุ 60 วันหลังปักดำ ในส่วนของความสูง จะทำการเก็บข้อมูลโดยวัดจากโคนต้นถึงคอรวงเมื่อข้าวมีอายุได้ 80 วันหลังปักดำ และเก็บเกี่ยวผลผลิตในทุกกระถางเมื่อข้าวมีอายุได้ 105 วัน

โดยทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดตอรวง เปอร์เซ็นต์ เมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักผลผลิต โดยข้อมูลทั้งหมดถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference

(LSD) และทำการวิเคราะห์การตอบสนองต่อปุ๋ย ไนโตรเจนของข้าวหอมนิล พร้อมสร้างสมการการตอบสนองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ รวมถึงคำนวณผลตอบแทนที่ได้ในแต่ละกรรมวิธีโดยคิดเฉพาะต้นทุนที่เสียไปกับการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละอัตรา

Table 1 Some selected soil properties before the experiment.

Properties	Method/Reference	Values	Interpretation ^{1/}
pH	Soil:Water, 1:2 (AOAC, 2000)	6.83	Neutral
Electrical conductivity (dS/m)	Soil:Water, 1:10 (Jakson, 1958)	0.12	Normal
Organic matter (%)	Walkley-Black (Nelson and Sommers, 1996)	0.93	Low
Total nitrogen (%)	Kjeldahl Method (Tel and Hegatey, 1984)	0.13	Low
Available phosphorus (mg/kg)	Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)	49.74	High
Exchangeable potassium (mg/kg)	Saturating the exchange site and displacing by 1 M NH ₄ OAc, at pH 7.0 and measure by ASS and flame emission spectro-photometer (AOAC, 2000)	687.54	High
Exchangeable calcium (mg/kg)		3,586.00	Very High
Exchangeable magnesium (mg/kg)		483.40	High
Soil bulk density (g/cm ³)	Core method (Blake & Hartge, 1986)	1.67	Normal
Soil texture			
■ sand (%)	Pipette method (Gee and Bauder, 1986)	32.3	Silt loam
■ silt (%)		58.6	
■ clay (%)		9.1	

^{1/} Soil test interpretation guide (Homeck et al.,2011)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของข้าว

ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมนิลที่ปลูกในชุดดินแม่ทะเล แสดงใน Table 3 พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละระดับส่งผลทำให้จำนวนต้นตอกอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 8.00–17.83 ต้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 18 กก. N/ไร่ (N4) ทำให้ข้าวมีจำนวนต้นตอกอเฉลี่ยสูงสุด นอกจากนี้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันในแต่ละระดับนี้ ยังส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ($P \leq 0.05$) โดยมีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 92.8-101.9 ซม. โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจนอัตรา 9 กก. N/ไร่ (N3) มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด ในส่วนของการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ($P \leq 0.05$) โดยปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24 กก. N/ไร่ ทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราอื่น ๆ โดยวัดได้ 449.41 กก./ไร่ จะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลกระทบต่อความสูงของข้าว และการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Control) และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N1) สอดคล้องกับงานวิจัยของอุไรวรรณ (2556) ที่รายงานว่าอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่เพียงพอทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและจำนวนต้นตอกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

เช่นเดียวกับงานทดลองของ Sheng-gang et al. (2012) ที่รายงานว่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวเพิ่มมากขึ้นตามอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้น ซึ่ง Dobermann and Fairhurst, (2000) ได้กล่าวว่าข้าวที่ได้รับธาตุไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสมในช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโตจะส่งผลให้มีจำนวนต้นตอกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับกับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต และช่วยกระตุ้นให้พืชมีการแตกแขนงเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้พืชมีความแข็งแรงทางด้านใบ ลำต้น (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ซึ่งสำหรับข้าวแล้วการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นนั้น จะไปส่งเสริมในด้านความสูง และการแตกกอจึงทำให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักส่วนเหนือดินมากขึ้น

Table 2 Nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer rates in each treatment.

Treatment	Fertilizer rates (1 st) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Fertilizer rates (2 nd) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)
Control	0-0-0	0-0-0
N ₁ -P-K	0-6-6	0-0-0
N ₂ -P-K	2.25-6-6	2.25-0-0
N ₃ -P-K	4.5-6-6	4.5-0-0
N ₄ -P-K	9-6-6	9-0-0
N ₅ -P-K	12-6-6	12-0-0
N ₆ -P-K	18-6-6	18-0-0

Table 3 Effect of nitrogen fertilizer rate on Hom-nin rice growth parameters

Treatment	Tiller per hill (tiller)	Height (cm)	Top dry weight (kg/rai)
Control	8.00 ^c	69.18 ^c	150.13 ^e
N1 (0 kg N/rai)	14.33 ^{bc}	84.83 ^b	302.78 ^d
N2 (4.5 kg N/rai)	15.67 ^{abc}	87.35 ^{ab}	340.49 ^{bcd}
N3 (9 kg N/rai)	17.00 ^{ab}	91.52 ^a	407.51 ^{abc}
N4 (18 kg N/rai)	17.83 ^a	87.00 ^{ab}	433.11 ^{ab}
N5 (24 kg N/rai)	17.67 ^a	89.08 ^{ab}	449.41 ^a
N6 (36 kg N/rai)	15.17 ^{abc}	87.02 ^{ab}	332.88 ^{cd}
F-test	*	*	*
C.V. (%)	38.70	5.71	24.48

Means followed by the same letters are not statistically different ($P \leq 0.05$) from each other according to LSD

* = significant at 0.05, ns = non-significant

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว

ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวหอมนิลที่ปลูกในชุดดินแม่ทะ ได้แสดงใน Table 4 ในส่วนของประกอบของผลผลิตได้แก่ จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดตอรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดตอ นั้น พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละระดับทำให้ข้าวมีจำนวนรวงตอกอ และจำนวนเมล็ดตอรวงเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Control) และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N1) ($P \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กก. N/ไร่ (N5) ส่งผลให้ข้าวมีจำนวนรวงตอกอเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.50 รวง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 9 และ 18 กก. N/ไร่ (N4 และ N5) ทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดตอรวงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 138.50 และ 133.67 เมล็ดตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อุไรวรรณ (2557) และ Gewaily et al. (2018) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นส่งผลให้ข้าวมีจำนวนรวงตอกอและจำนวนเมล็ดตอรวงเพิ่มสูงขึ้น 1.3-2.4 เท่า เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยยงยุทธและคณะ (2554) กล่าวว่า การจัดการให้มีธาตุไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เพียงพอในช่วงที่ข้าวเริ่มแตกกอเป็นต้นไป จะไปส่งเสริมจำนวนรวงตอกอและศักยภาพการให้จำนวนเมล็ดตอรวงให้เพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกัน Fageria (2007) รายงานว่า องค์ประกอบผลผลิตของข้าวจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำนวนรวง/ตรม. นอกจากนี้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันในแต่ละระดับนี้ ยังส่งผลให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดตอที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 9-18 กก. N/ไร่ (N4-N5) ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดตออยู่ในช่วง 86.48-88.80% มากกว่ากรรมวิธีควบคุม (Control) และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N1) ประมาณ 8.41-10.73 และ 9.30-11.62% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้น (24-36 กก. N/ไร่) ส่งผลทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดตอลดลง ซึ่งผล

ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ มณฑิร และคณะ (2542) อุไรวรรณ (2556) และ กมลชนก และคณะ (2559) ซึ่งอาจเป็นผลจากการได้รับปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปจึงทำให้คาร์โบไฮเดรตที่จะไปสะสมในเมล็ดข้าวลดลง เนื่องจากถูกเปลี่ยนไปเป็นโปรตีนและสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเกือบทั้งหมด ส่งผลทำให้ข้าวมีเมล็ดตอเพิ่มมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) สำหรับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่ายกเว้นกรรมวิธีควบคุม (Control) แล้วการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละระดับ ไม่ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มสูงขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24 กก. N/ไร่ (N6) ให้ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยของข้าวสูงที่สุด (25.07 กรัม) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับงานทดลองของ Gewaily et al. (2018) ที่พบว่าการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้กับข้าวในระดับที่เหมาะสมนั้น จะทำให้ข้าวมีแนวโน้มในการสะสมน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มสูงขึ้น แม้ว่าจะไม่มีมีความแตกต่างกันในทางสถิติก็ตาม แต่กระนั้นงานวิจัยส่วนหนึ่งที่รายงานว่า การเพิ่มปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 และ 1,000 เมล็ดของข้าว (อุไรวรรณ, 2559; อุไรวรรณ 2561; Hirzel et al., 2011; Sheng-gang et al., 2012)

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละระดับต่อผลผลิตของข้าวหอมนิล พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กก. N/ไร่ (N5) ทำให้ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 597.97 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (Control) ถึง 2.73 เท่า แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24 กก. N/ไร่ (N6) และ 36 กก. N/ไร่ (N7) ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5877.97 และ 565.14 กก./ไร่ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ

เทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (นิตยา และคณะ, 2551; Gewaily et al., 2018) แต่อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเริ่มมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อใช้ในอัตราที่สูงกว่า 18 กก. N/ไร่ สอดคล้องกับการรายงานของกมลชนกและคณะ (2559) โดยพบว่าการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจากอัตรา 10 กก. N/ไร่ ไปเป็น 20 กก. N/ไร่ ทำให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์พื้นเมือง 3 พันธุ์ คือ ปะอาัยโกลด์ บือซาโกลด์ และสังข์หยดลดลงในช่วง 3.2-24.2% เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ยงยุทธและคณะ (2554) กล่าวว่าการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่มากเกินไปนั้น พืชจะ

มุ่งเน้นในการสร้างยอด ลำต้น กิ่งและใบมากกว่า การสร้างผลผลิต ในบางครั้งยังส่งผลต่อความแข็งแรงของลำต้น ซึ่งส่วนใหญ่การได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปลำต้นจะอ่อนแอและหักล้มง่าย ซึ่งอารีรัตน์ (2542) รายงานว่าข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น และจะให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อได้รับในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสม แต่หากได้รับมากเกินไปจะส่งผลทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง ส่วนหนึ่งอันเนื่องมาจากความไม่สมดุลของธาตุอาหารในพืช

Table 4 Effect of nitrogen fertilizer rate on yield and yield components of Hom-nin rice.

Treatment	Panicle per hill (panicle)	Grain per panicle (seed)	Filled grain (%)	1000-Grain weight (g)	Grain yield (kg/rai)
Control	7.83 ^c	110.17 ^d	77.18 ^c	20.93 ^b	219.15 ^d
N1 (0 kg N/rai)	10.00 ^{bc}	119.67 ^c	78.07 ^c	24.11 ^a	366.59 ^c
N2 (4.5 kg N/rai)	12.50 ^{bc}	121.83 ^{bc}	85.32 ^{ab}	23.89 ^a	444.84 ^{bc}
N3 (9 kg N/rai)	13.17 ^b	138.50 ^a	86.48 ^a	24.39 ^a	513.76 ^b
N4 (18 kg N/rai)	14.50 ^a	133.67 ^a	88.80 ^a	24.68 ^a	597.97 ^a
N5 (24 kg N/rai)	14.17 ^b	131.64 ^{ab}	81.18 ^{bc}	25.07 ^a	587.97 ^a
N6 (36 kg N/rai)	12.17 ^b	123.50 ^b	80.46 ^{bc}	24.52 ^a	565.14 ^a
F-test	*	*	*	*	*
C.V. (%)	22.95	14.80	7.86	24.09	19.45

Means followed by the same letters are not statistically different ($P \leq 0.05$) from each other according to LSD

* = significant at 0.05, ns = non-significant

การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าว

การตอบสนองของผลผลิตข้าวหอมชนิดต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) แต่ละอัตราที่ปลูกในชุดดินแม่ทะ พบว่าผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 เป็น 4.5 และ 9 กก. N/ไร่ จากนั้นผลผลิตเริ่มคงที่และลดลงเล็กน้อยตั้งแต่อัตรา 18 ถึง 36 กก. N/ไร่ (Figure 1) จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (LRP plateau curve) ได้สมการตอบสนองคือ $Y = 368.14 + 16.35X$; ($X < 13.18$) เมื่อ $Y =$ ผลผลิตของข้าวหอมชนิด (กก./ไร่) และ $X =$ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่) โดยที่ค่า $X < 13.18$ กก. N/

ไร่ แปลผลได้ว่าข้าวหอมชนิดตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 13.18 กก. N/ไร่ เมื่อทำการปลูกในดินชุดดินแม่ทะที่มีปริมาณของธาตุไนโตรเจนต่ำ (Table 1) โดยคำนวณผลผลิตได้เท่ากับ 583.63 กก./ไร่ ดังนั้นหากใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มากกว่านี้การตอบสนองก็จะเท่าเดิมหรือเริ่มลดลง ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจากอัตราที่ข้าวหอมชนิดตอบสนองนั้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในอัตราที่ 18 และ 24 กก. N/ไร่ (เพิ่มขึ้น 14.34 และ 4.34 กก./ไร่) และผลผลิตเริ่มลดลงเมื่อใช้ในอัตราที่ 36 กก. N/ไร่ (ลดลง 18.49 กก./ไร่) โดยผลผลิตที่ได้จากการคาด

การนี้ใกล้เคียงกับผลผลิตของข้าวหอมนิลที่ปลูกในบริเวณภาคเหนือตอนบน ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่

500-600 กก./ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2561)

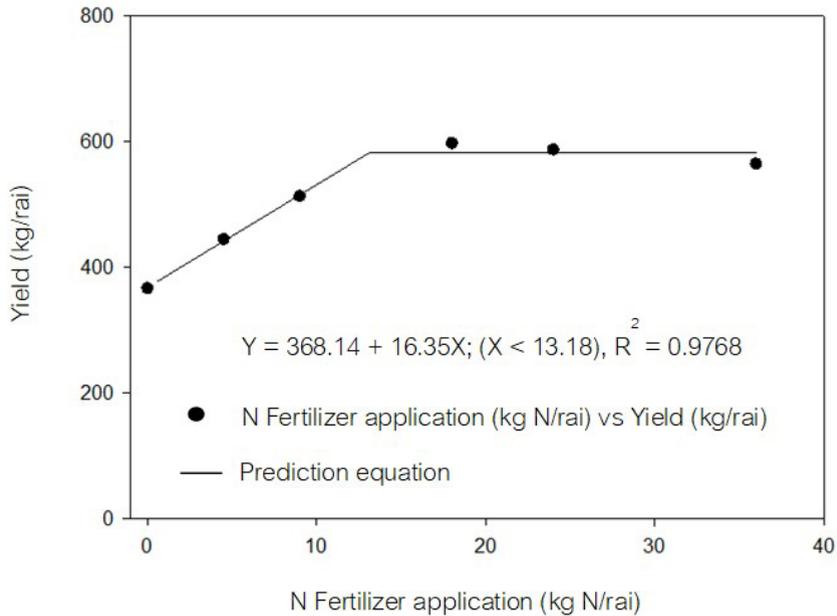


Figure 1 Responses to nitrogen fertilizer of Hom-nin rice grown on Mea tha soil series.

ต้นทุนในการใช้ปุ๋ยและผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี

ผลตอบแทนเฉลี่ยของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละระดับ (Table 5) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กก. N/ไร่ (N5) มีผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีมากที่สุด คิดเป็น 6,237.95 บาท/ไร่ แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามการตอบสนองของข้าว (13.18 กก. N/ไร่) ที่ให้ผลตอบแทนไร่ละ 6,189.09 บาท ซึ่งสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของอุไรวรรณ (2559) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและตามความต้องการของข้าวพันธุ์สุวรรณบุรี 1 ในชุดดินวัฒนาให้ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยไม่แตกต่างจากการใส่

ปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 2-3 เท่า อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีได้อีกด้วย เช่นเดียวกับกับงานวิจัยของอุไรวรรณ (2557) ที่ศึกษาการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้แกข้าวพันธุ์ปทุมธานีในชุดดินสรุพยา โดยรายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่ตรงกับความต้องการของข้าวและค่าวิเคราะห์ดินทำให้ได้รายได้หลังจากหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีดีกว่าการจัดการปุ๋ยในรูปแบบอื่น โดยทัศนีย์และประทีป (2558) ได้สรุปว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและชุดดินโดยพิจารณาถึงความต้องการของข้าว สามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวได้ โดยได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับงานทดลองในเขตชลประทานภาคกลาง ที่สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ 47% ซึ่งเป็นผลมาจากการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงถึง 65% ส่งผลทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ยได้ไร่ละ 400 บาทต่อฤดูปลูก

Table 5 Effect of nitrogen fertilizer rate on production cost and economic returns

Treatment	Fertilizer cost ¹			Income ² (Baht/rai)	Net revenue (Baht/rai)
	46-0-0	0-46-0	0-0-60		
Control	0	0	0	2,601.34	2,601.34 ^e
N1 (0 kg N/rai)	0	247	159	4,351.42	3,945.42 ^d
N2 (4.5 kg N/rai)	113.78	247	159	5,280.25	4,760.47 ^c
N3 (9 kg N/rai)	227.56	247	159	6,098.33	5,464.77 ^b
N - yield resp. (13.18 kg N/rai)	332.63	247	159	6,927.72	6,189.09 ^a
N4 (18 kg N/rai)	453.95	247	159	7,097.90	6,237.95 ^a
N5 (24 kg N/rai)	606.04	247	159	6,979.20	5,967.16 ^a
N6 (36 kg N/rai)	909.06	247	159	6,708.21	5,393.15 ^b
F-test					*
C.V. (%)					6.95

Means followed by the same letters are not statistically different ($P \leq 0.05$) from each other according to LSD

* = significant at 0.05, ns = non-significant

Cost and prices used in the calculation of economic dominance: ¹ Nitrogen fertilizer (46-0-0) = 11.61 baht/kg; Phosphorus fertilizer (0-46-0) = 19.00 baht/kg; Potassium fertilizer (0-0-60) = 15.90 baht/kg (Office of Agriculture Economics, 2018) ² Grain price = 11.87 baht/kg (Department of Agricultural Extension, 2017)

สรุป

การศึกษากำหนดการจัดการธาตุไนโตรเจนเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลในชุดดินแม่ทะ พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงอัตรา 9-18 กก. N/ไร่ ส่งผลให้ข้าวหอมนิล มีการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กก. N/ไร่ ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุด สำหรับการตอบสนองของผลผลิตของข้าวหอมนิลต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในชุดดินแม่ทะพบว่า ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 13.18 กก. N/ไร่ โดยให้ผลผลิต 583.63 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลตอบแทนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 18 กก. N/ไร่ ดังนั้นจากผลการทดลองนี้เกษตรกรสามารถพิจารณาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตข้าวหอมนิลที่ปลูกในชุดดินแม่ทะได้

เอกสารอ้างอิง

- กมลชนก นันตะจันทร์, เพ็ญภา จักรสมศักดิ์, นันทยา พนมจันทร์ และชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย. 2559. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและความเข้มข้นธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมือง. เกษตร. 44(3) : 391-398
- กรมพัฒนาที่ดิน, 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจตามกลุ่มชุดดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. เอกสารวิชาการและเผยแพร่. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. ข้าวหอมนิล. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชระดับ

- ตำบล. แหล่งข้อมูล: <http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/rice/rice1/rice185.pdf>, สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2562.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2558. ธรรมชาติของดินและปุ๋ย. คู่มือสำหรับการเกษตรยุคใหม่, กรุงเทพฯ.
- ธนกฤต เขียวอราม, นันทวัฒน์ ศรีอำไพ, อำพล เพ็ญบุตร, อุไร กาลปักษ์ และรุ่งนภา อังคณี . 2555. การศึกษาปัจจัยและแนวทางการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ในการทำนาในพื้นที่ อำเภอบานลาด จังหวัดเพชรบุรี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี การเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร, เพชรบุรี.
- นันทนา ชื่นอิม, วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์, สมชาย กริษาภิรมย์ และนุชรา สีนบัวทอง. 2553. การใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิตยา รินสุข, ประนอม มงคลบรรจง และวาสนา อินแถลง. 2551. การจัดการเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตข้าวลูกผสมสายพันธุ์ PTT06001H. น. 74-90. ใน: ประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551, 8-10 เมษายน 2551. โรงแรมชลจันทร์ รีสอร์ท พัทยา จ.ชลบุรี.
- มณฑิยา จินดา, สมศักดิ์ เหลืองศิริรัตน์ และเสนห์ ฤกษ์วีร์. 2542. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อสมบัติของดินและผลผลิตข้าวในดินนาชุดนครปฐม. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2536- 2539. กุหลุมงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 72-89.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วัลสนีย์ วรรณัจฉริยา, เรียงชัย ต้นสุชาติ และเรนัส เสริมบุญสร้าง. 2560. การเพิ่มศักยภาพทางการตลาดและการขยายตลาดของข้าวเหนียว. บทสรุปงานวิจัยเพื่อเผยแพร่. แหล่งข้อมูล: http://www.thai-explore.net/file_upload/submitter/file_doc/72d96fae494a81cc5c87e83cbd0fa515.pdf, สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2562.
- ศุภธิดา อำทอง. 2558. ดินปลูกข้าวและการจัดการ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.
- สถาบันวิจัยข้าว. 2547. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2562. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. 2557. ลักษณะและสมบัติของชุดดินหลักในภาคเหนือ. แหล่งข้อมูล: http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/knownlg/series_n2557.htm, สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม, 2562.
- อภิชาติ วรรณวิจิตร. 2544. ข้าวเพื่อสุขชีวิตเจ้าหมอนิล. แหล่งข้อมูล: <https://www.ku.ac.th/e-magazine/april44/agri/rice1.html>, 20 มีนาคม 2562.
- อารีรัตน์ นองสินธุ์. 2542. อิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมและการถ่ายเทไนโตรเจนในข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ. 2556. ผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าว. วารสารวิชาการเกษตร. 31(3), 270-281

- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ. 2557. การจัดการปุ๋ยตาม
ค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตผลผลิต
และประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจนของข้าว
ที่ปลูกในชุดดินสรวยป่า. วารสารเกษตร.
30(2): 133-140.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ. 2559. ผลของการจัดการปุ๋ย
ตามค่าวิเคราะห์ดิน ต่อผลผลิตและ
ประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจนจากปุ๋ย
ของข้าวพันธุ์สุวรรณบุรี 1 ที่ปลูกในชุดดิน
วัฒนา. เกษตร. 44(3): 383- 390.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ. 2561. การตอบสนองของ
ข้าวพันธุ์สุวรรณบุรี 1 ที่ปลูกในชุดดินวัฒนา
ภายใต้การใส่ปุ๋ยหมักรวมกับการจัดการปุ๋ย
เคมีแบบเฉพาะพื้นที่. วารสารพืชศาสตร์
สงขลานครินทร์. 5(1); 38-43.
- AOAC. 2000. Official method of analysis of
AOAC international: The Association
of Official Analytical Chemists, 17th.
Washington DC. USA.
- Attanandana, T., P. Verapattananirund and
R.S. Yost. 2005. Capacity building of
the farmers to improve soil resources
and economic conditions in Thailand.
In: Paper presented at the 20th
International Symposium of RRIAP
on Prospects for Food Production,
Rural Communities and Bio-resources
under Globalization 2005, December
2. Nihon University, Shonan Campus,
Kanagawa, Japan.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk
density, In: Methods of Soil Analysis, Part
1: Physical and Mineralogical Methods.
P. 363-375. A Klute, SSSA Book Series
5, Madison Wisconsin, USA.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination
of total, organic and available forms of
phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
- Day, P.R. 1965. Particle fractionation and
particle size analysis. In: C.A. Black
ed. Methods of Soil Analysis. Part I.
pp.545-567.: Amer. Soc. of Agron. Inc.,
Madison, Wisconsin.
- Department of Agricultural Extension. 2017.
Hom-nin Rice (Sub-district crop
production report). Available: [http://
www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/
rotor/rice/rice1/rice185.pdf](http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rotor/rice/rice1/rice185.pdf), April 12,
2019.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice:
Nutrient Disorder and Nutrient
Management. Potash and Phosphate
Institute of Canada.
- Fageria, N.K. 2007. Yield physiology of rice.
Journal of plant nutrition. 30: 843-879.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-
size analysis. P. 383-411. In : A. Klute,
ed. Methods of Soil Analysis, Part I.
Physical and Mineralogical Methods.
Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron.
Inc., Madison, Wisconsin.
- Gewaily, E.E., A.M. Ghoneim, M.M.A. Osman.
2018. Effect of nitrogen levels on growth,
yield and nitrogen use efficiency of
some newly released Egyptian rice
genotypes. Open agriculture journal. 3:
310-318.
- Guan G, S.X. Tu, J.C. Yang and L. Yang. 2011.
A field study on effects of nitrogen
fertilization modes on nutrient
uptake, crop yield and soil biological
properties in rice wheat rotation system.
Agricultural Sciences.10: 1254-1261.
- Hirzel J., A. Pedreros and K. Cordero. 2011.
Effect of nitrogen rates and split
nitrogen fertilization on grain yield and
its components in flooded rice. Chilean
journal of agricultural research. 71(3);
437-444.
- Horneck D.A., D.M. Sullivan, J.S. Owen
and J.M. Hart. 2011. Soil Test
Interpretation Guide. Available: [http://
extension.oregonstate.edu/sorec/sites/
default/files/soil_test_interpretation](http://extension.oregonstate.edu/sorec/sites/default/files/soil_test_interpretation)

- ec1478.pdf. April 5, 2019
- Jackson, M. L. 1958. Soluble Salt Analysis for Soils and Water. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 251 p.
- Jing, Q., B.A.M. Bouman, H. Hengsdijk, H.V. Keulen and W.X. Cao. 2007. Exploring options to combine high yields with high nitrogen use efficiencies in irrigated rice in China. *European Journal of Agronomy*. 26: 166-177.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*. Agronomy No. 5. SSSA Book Series. Madison, Wisconsin.
- Office of Agriculture Economics. 2018. The monthly average retail prices of chemical fertilizers in Thailand. Available: <http://oldweb.oae.go.th/economicdata/retailpes.html>, April 12, 2019.
- Sheng-gang, P., H. Sheng-qi, Z. Jing, W. Jing-ping, C. Cou-gui, C. Ming-li, Z. Ming1 and T. Xiang-ru. 2012. Effects of N management on yield and N uptake of rice in central China. *Journal of Integrative Agriculture*. 11(12): 1993-2000.
- Tel, D.A. and M. Hagatey. 1984. Methodology in Soil Chemical Analyses, pp. 119-138. In: *Soil and Plant analyses. Study guide for Agricultural laboratory directors and technologist working in tropical regions*. IITA, Nigeria.