

ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและความเข้มข้นธาตุสังกะสี ในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมือง

Effect of nitrogen fertilizer on grain yield and zinc concentration in local rice varieties

กมลชนก นันตะจันทร์¹, เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์¹, นันทิยา พนมจันทร์¹

และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย^{1,2*}

Kamolchanok Nantachan¹, Pennapa Jaksomsak¹, Nantiya Panomjan¹

and Chanakan Thebault Prom-u-thai^{1,2*}

บทคัดย่อ: การเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเป็นวิธีการหนึ่งที่มีการยอมรับว่าสามารถช่วยลดปัญหาการขาดธาตุสังกะสีในกลุ่มประชากรที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักได้ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0, 10 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ ต่อผลผลิต และปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวท้องถิ่นพันธุ์พื้นเมือง 3 พันธุ์คือ ปะอ้ายโกล์ บือชาโกล์ และสังข์หยด โดยปลูกข้าวทั้ง 3 พันธุ์ในสภาพแปลง พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีผลผลิตเพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ตั้งแต่ 19.7 - 47.3 % แต่พบว่า ระดับ 20 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ผลผลิตพันธุ์บือชาโกล์ลดลง แต่ไม่แตกต่างกันในปะอ้ายโกล์และสังข์หยด โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้องค์ประกอบผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยในทุกพันธุ์ ยกเว้นจำนวนเมล็ดดี/รวง ที่มีจำนวนมากที่สุดที่อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ แต่ระดับปุ๋ยที่เพิ่มเป็น 20 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้จำนวนเมล็ดดีลดลง สำหรับธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวท้องถิ่นพบว่าทั้งพันธุ์ข้าวและอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความเข้มข้นธาตุสังกะสีแต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยนี้ โดยพบว่าพันธุ์ที่มีความเข้มข้นธาตุสังกะสีสูงที่สุดคือสังข์หยดและบือชาโกล์ และน้อยที่สุดคือปะอ้ายโกล์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ข้าวท้องถิ่นทั้ง 3 พันธุ์มีธาตุสังกะสีสูงที่สุด รองลงมาคือที่ 20 กิโลกรัม/ไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดและความเข้มข้นธาตุสังกะสีในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ การทดลองนี้บ่งชี้ว่าการจัดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวได้แตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์พื้นเมือง, ปุ๋ยไนโตรเจน, ธาตุสังกะสี

ABSTRACT: Increasing of Zn in rice grain has been suggested as a way to alleviate Zn deficiency in human population who depend on rice as staple food. The effect of 3 different rates of nitrogen fertilizer at 0, 10 and 20 kg/rai on grain yield and zinc concentration in brown rice of 3 local rice varieties, Pa Ai Goal, Bue Sa Goal and Sang Yod was investigated under field experiment. Applying nitrogen fertilizer at 10 kg/rai increased grain yield in all

¹ สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Division of Agronomy, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

² ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University

* Corresponding author: chanakan15@hotmail.com, chanakan.p@cmu.ac.th

rice varieties compared with those no nitrogen application with the difference of 19.7-47.3% among rice varieties. Applying nitrogen fertilizer at 20 kg/rai decreased grain yield of Bue Sa Goal at 24.2% from those no nitrogen application, but it was not found the difference in Pa Ai Goal and Sang Yod. Yield components excepting number of filled grain were increased when increasing nitrogen rate at 10 and 20 kg/rai in all varieties. Number of filled grain was highest at 10 kg/rai. Nitrogen rate and rice variety significantly affected on grain zinc concentration in brown rice but no interaction was observed. Song Yod and Bue Sa Goal had the highest grain zinc concentration, while the lowest was found in Pa Ai Goal. The highest grain zinc concentration was found when applying nitrogen fertilizer at 10 kg/rai followed by 20 kg/rai compared with no nitrogen application. There was no correlation between grain yield and zinc concentration in brown rice in all rice varieties. This study indicating that grain yield and zinc concentration could be improved by applying appropriate rate of nitrogen fertilizer with different magnitude of increasing among rice varieties. This information will be useful for the management of nitrogen fertilizer and breeding program to improve grain yield and zinc concentration in rice grain in the future.

Keywords: Local rice variety, Nitrogen fertilizer, Zinc

บทนำ

ธาตุสังกะสีเป็นจุลธาตุที่มีความสำคัญต่อทั้งคนและพืช โดยในพืชพบว่า สังกะสีมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน (Alloway, 2008) สังเคราะห์ทริปโทเฟน (tryptophane) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์กรดอินโดลแอซิดิกหรือออกซิน (IAA) ช่วยรักษาเซลล์ให้คงสภาพและทำหน้าที่ได้ตามปกติ เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และการสร้างเมล็ดของพืช นอกจากนั้นธาตุสังกะสียังมีความสำคัญอย่างมากในคนโดยมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์และในกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) และโปรตีน ซึ่งจำเป็นในการสังเคราะห์กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (DNA) และกรดไรโบนิวคลีอิก (RNA) และยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กว่า 100 ชนิด รวมถึงฮอร์โมนหลายตัวในร่างกาย ซึ่งมีความสำคัญในการรักษาสุขภาพปกติของผนังเซลล์ และเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของร่างกาย และการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์อีกด้วย นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับการรับรู้รสและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายอีกด้วย (Allen et al., 2006)

ปัจจุบันประชากรโลกมีปัญหามากในการขาดธาตุสังกะสีเป็นจำนวนมาก มีรายงานจากกองโภชนาการกระทรวงสาธารณสุข (2532) ว่า ถ้าขาดธาตุสังกะสีร่างกายจะมีความผิดปกติ เจริญเติบโตช้า ขาดภูมิคุ้มกัน ขนร่วง ท้องร่วง มองไม่เห็นในที่มืด การปรับรสนิยมปกติทำให้เบื่ออาหาร แผลหายช้า แก้เร็ว สำหรับ

เพศชายอวัยวะสืบพันธุ์จะไม่เจริญ อาการขาดธาตุสังกะสีนี้จะพบมากในประชากรของประเทศที่กำลังพัฒนา อย่างเช่นในภูมิภาคแอฟริกาและเอเชีย ทั้งนี้เนื่องจากประชากรในพื้นที่ดังกล่าวบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ซึ่งข้าวเป็นธัญพืชที่มีสังกะสีเป็นส่วนประกอบน้อยมาก เมื่อเทียบกับพืชอาหารหลักชนิดอื่นๆ อย่าง ข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น (Juliano, 1993) ดังนั้นการผลักดันและพัฒนาคุณภาพของข้าวเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าว จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญในการลดปัญหาการขาดธาตุสังกะสีในประชากรโลกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประชากรที่มีการบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก การเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าว สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการแบบดั้งเดิม และการใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมในการตัดต่อยีน ซึ่งวิธีการแรกพบว่าเป็นวิธีการที่ยั่งยืนแต่จะต้องใช้เวลาและงบประมาณเป็นจำนวนมาก ในขณะที่วิธีการที่สองยังไม่เป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้บริโภคถึงผลกระทบในระยะยาวที่จะเกิดขึ้นจากการบริโภคข้าวที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรม วิธีการหนึ่งที่ได้รับคำแนะนำว่าอาจจะเป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวได้อย่างรวดเร็วและไม่สิ้นเปลืองงบประมาณ คือ การจัดการในการเพาะปลูก เช่น การจัดการปุ๋ย น้ำ และดิน เป็นต้น (Cakmak, 2008) เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายโดยเกษตรกรทั่วไป ถ้าได้รับความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องถึงวิธีการในการจัดการ ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น ทำกันโดยทั่วไปเป็นปกติในการปลูกข้าวของเกษตรกร แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงผลกระทบต่อ

ปริมาณธาตุสังกะสีอย่างจริงจัง พบรายงานว่ามีปริมาณธาตุสังกะสีในโตรเจนในระดับที่เหมาะสมก็จะทำให้ปริมาณธาตุสังกะสีในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 16-20 เมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย (Hao et al., 2007) ซึ่งการตอบสนองดังกล่าว อาจแตกต่างกันในข้าวต่างชนิด และพันธุ์ อย่างเช่น ข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ ต่อผลผลิต และปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีแดง 3 พันธุ์ ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้จะมีประโยชน์เป็นอย่างมาก ในการจัดการเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตและปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมือง รวมทั้งการคัดเลือกพันธุ์เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวต่อไป

วิธีการศึกษา

การปลูกข้าวในแปลงทดลอง

ปลูกข้าวในแปลงทดลองที่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในช่วงฤดูฝนระหว่าง เดือน มิถุนายน 2556-ธันวาคม 2556 โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ Main plot เป็นการจัดการไนโตรเจน 3 ระดับ 0, 10 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และ Subplot เป็นพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ สังข์หยด, ปือชาโกส, ปะอ้ายโกส โดยเพาะกล้าข้าวทั้ง 3 พันธุ์ในแปลงกล้า จนกล้ามีอายุประมาณ 1 เดือน และย้ายปลูกในแปลงย่อยขนาด 6x8 เมตร แบบปักดำ ปลูกข้าวแบบต้นเดี่ยวในสภาพนาสวน ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 22 และ 43 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อให้ได้ปุ๋ยไนโตรเจนตามอัตรา 10 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ ที่กำหนดข้างต้น ตามลำดับ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละเท่าๆ กัน คือ ครั้งแรกใส่ที่ระยะแตกกอ ครั้งที่ 2 ใส่ที่ระยะกำเนิดช่อดอก และในแต่ครั้งที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมร่วมด้วยในอัตรา 7.2 และ 4.8 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ โดยมีการกำจัดวัชพืชและแมลงตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวข้าวในระยะข้าวสุกแก่ โดยสุ่มเก็บ

ต้นข้าว ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในแต่ละซ้ำ นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักเพื่อบำเหน็จผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตและดัชนีการเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ด จำนวน 20 รวง ในแต่ละซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าว

การวิเคราะห์ธาตุสังกะสี

แกะตัวอย่างเมล็ดข้าวเพื่อแยกส่วนของเปลือกและข้าวกล้อง โดยใช้มือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสังกะสีจากการกะเทาะเมล็ดด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ด นำเมล็ดข้าวกล้องที่แกะแล้วไปอบในตู้อบอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องประมาณ 1 กรัม นำตัวอย่างไปเผาโดยใช้วิธีเผาตัวอย่างแบบ dry ashing ก่อนนำมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และน้ำ อัตราส่วน 1:1 อ่านค่าความเข้มข้นของธาตุสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (Delhaiz et al., 1984)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีทดลองโดยวิธี LSD (Least Significant Difference) และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแต่ละคู่วิเคราะห์หาความสัมพันธ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ต่อผลผลิตเมล็ดของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 1) โดยพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีผลผลิตเพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ตั้งแต่ 19.7 - 47.3 % โดยพบว่าผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุดในพันธุ์ปือชาโกส คือ 512 กก./ไร่ แต่พบว่าผลผลิตลดลงเกือบ 50% เมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจนเป็น 20 กิโลกรัม/ไร่ และลดลงอีก 24.2% จากการไม่ใส่ปุ๋ย ในขณะที่พันธุ์ปะอ้ายโก๊และสังข์หยด มีผลผลิตลดลงเหมือนกันเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนจาก 10 กิโลกรัม/ไร่ เป็น 120 กิโลกรัม/ไร่ แต่

มีอัตราการลดลงน้อยกว่าพันธุ์ป้อชาโก๊คือลดลง 3.2% และ 5.1% ในพันธุ์ปะอ้ายโก๊และสังข์หยดตามลำดับ แต่ผลผลิตไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ย

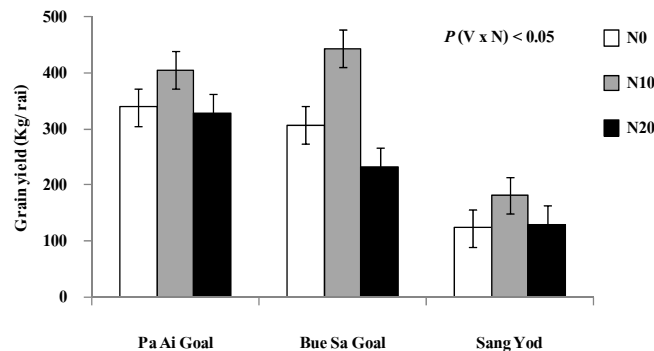


Figure 1 Grain yield (14% moisture content) of three rice varieties as affected by nitrogen application rates

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าว คือ จำนวนหน่อ/กอ จำนวนรวง/กอ เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด/รวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figures 2 A, B, C) โดยในองค์ประกอบผลผลิตของจำนวนหน่อและจำนวนรวงพบว่า มีการตอบสนองแบบเดียวกัน คือ การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 2 ระดับ ทำให้จำนวนหน่อและรวง/กอ ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์เพิ่มขึ้นไปด้วย โดยมีจำนวนการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ พบว่า มีจำนวนหน่อ/กอเพิ่มขึ้น 22.9-32.3% และ 8.7-37.6% ตามลำดับ และมีจำนวนรวง/กอ เพิ่มขึ้น 13.3-29.5% และ 15.6-30.9% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พันธุ์ป้อชาโก๊มีอัตราการเพิ่มขึ้นของทั้ง 2 ลักษณะมากกว่าพันธุ์อื่นๆ เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน โดยพบว่า เมื่อใส่ปุ๋ย 20 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนหน่อและรวง/กอ ในพันธุ์ป้อชาโก๊เพิ่มจำนวนเป็น 7 หน่อ/กอ และ 8 รวง/กอ ในขณะที่พันธุ์ปะอ้ายโก๊และสังข์หยดมีการเพิ่มขึ้นของทั้ง 2 องค์ประกอบผลผลิตน้อยที่สุด โดยพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ย 20 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนหน่อและรวง/กอ ในพันธุ์ป้อชาโก๊และสังข์หยดเพิ่ม

จำนวนเฉลี่ยเป็น 3 หน่อ/กอ และ 3 รวง/กอ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมีการตอบสนองต่อปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่แตกต่างจากทั้ง 2 องค์ประกอบข้างต้น ในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวทั้ง 3 พันธุ์เพิ่มขึ้นสูงสุดเปรียบเทียบกับ การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยเพิ่มขึ้น 13.4-17.8% สำหรับเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยในอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลงเล็กน้อย แต่มากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในพันธุ์ปะอ้ายโก๊และสังข์หยด แต่ไม่แตกต่างกันในพันธุ์ป้อชาโก๊ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีไม่แตกต่างกันที่ระดับการใส่ปุ๋ย 20 กิโลกรัม/ไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยในพันธุ์ป้อชาโก๊ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่างระดับทำให้น้ำหนักเมล็ดต่างกันออกไป จะเห็นว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับมากขึ้น ข้าวแต่ละพันธุ์ก็จะมีน้ำหนักเมล็ดเพิ่มมากขึ้นด้วย

ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนีการเกี่ยวของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ แต่พบว่าทั้งพันธุ์ข้าวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อดัชนีการเกี่ยวเกี่ยวแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 3) โดยพบว่า พันธุ์ข้าวที่มีดัชนีการเกี่ยวเกี่ยวสูงที่สุดคือพันธุ์

บือชาโก๊กลี รองลงมาคือพันธุ์ปะอ้ายโก๊กลีและสังข์หยด ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีดัชนีการเก็บเกี่ยว สูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเพียงเล็กน้อย แต่พบ

ว่าการใส่ปุ๋ยที่ระดับ 20 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวลดลงเกือบครึ่งจากการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยที่ระดับ 10 กิโลกรัม/ไร่

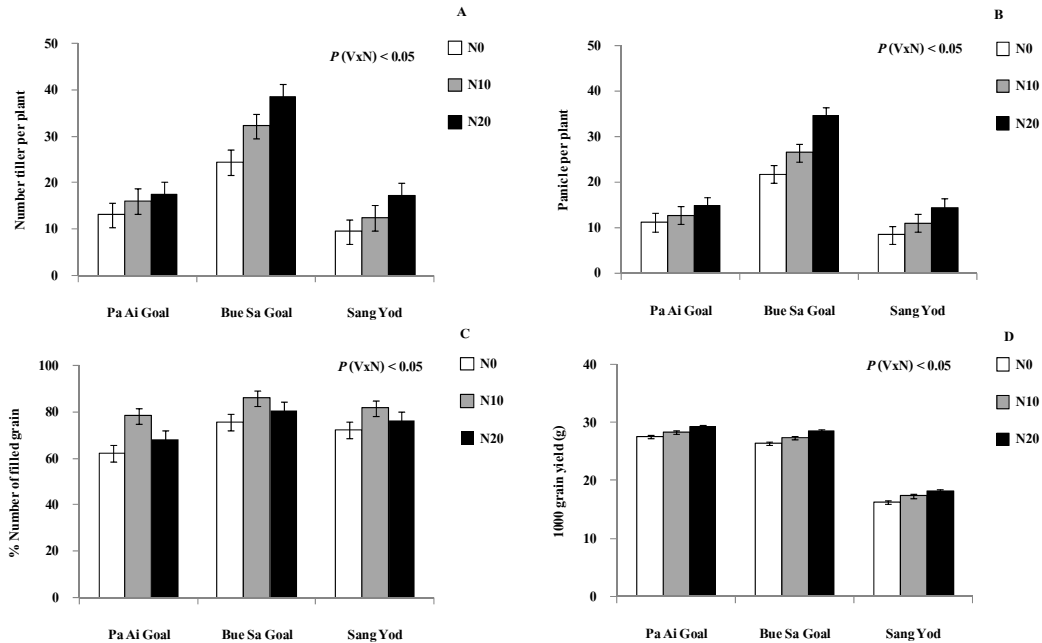


Figure 2 Number of tiller/plant (A), panicle/plant (B), % filled grain/ panicle (C) and 1,000 grain weight (D) of 3 rice varieties as affected by nitrogen application rates

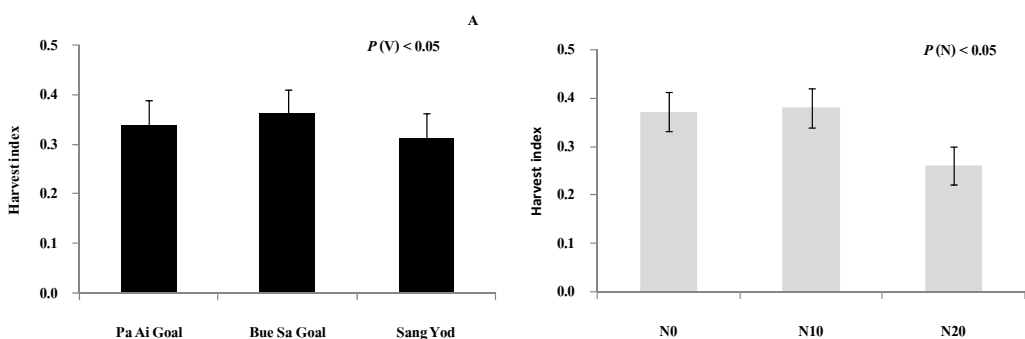


Figure 3 Harvest index of (A) rice varieties average over nitrogen application rates and (B) nitrogen application rates average over 3 rice varieties

ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อความเข้มข้นธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ แต่พบว่าทั้งพันธุ์ข้าวและอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความเข้มข้นธาตุ

สังกะสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 4) โดยพบว่า พันธุ์ข้าวที่มีความเข้มข้นธาตุสังกะสีสูงที่สุดคือพันธุ์สังข์หยดและบือชาโก๊กลี และน้อยที่สุดคือพันธุ์ปะอ้ายโก๊กลี ในขณะที่การใส่

ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณธาตุสังกะสีสูงที่สุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 20 กิโลกรัม/ไร่ และ การ

ไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดและความเข้มข้นธาตุสังกะสีในข้าวทั้ง 3 พันธุ์

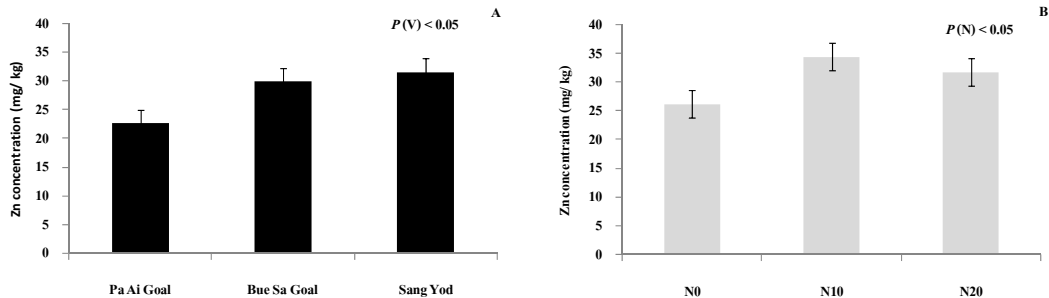


Figure 4 Zinc concentration in brown rice of (A) rice varieties average over nitrogen application rates and (B) nitrogen application rates average over 3 rice varieties

การทดลองนี้บ่งชี้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวและความเข้มข้นธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวได้ โดยการตอบสนองดังกล่าวขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ข้าว ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มผลผลิตข้าว เนื่องจากไนโตรเจนมีบทบาทในการสังเคราะห์และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนและนิวคลีโอไทด์ในพืช โดยสารประกอบทั้งสองนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดพันธุกรรมของพืช (Stocking and Ongum, 1962) อีกทั้งโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรโตพลาสซึมเอนไซม์และโคเอนไซม์ ที่มีหน้าที่ในการควบคุมและเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในต้นพืช (Watanabe, 1970) นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ ที่เป็น รงค์ตัวสำคัญที่มีบทบาทในการสังเคราะห์แสงของพืช รวมถึงในข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงติดเมล็ด ซึ่งบทบาทเหล่านี้กล่าว ทำให้ผลผลิตเมล็ดของข้าว สูงขึ้น (Yoshida, 1981) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินในพื้นที่นั้นๆ และความแตกต่างในการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์

การทดลองครั้งนี้พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ผลผลิตของข้าวทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นจะแตกต่างกันในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่นำมาทดสอบ ทำให้องค์

ประกอบผลผลิตส่วนใหญ่ในข้าวทุกพันธุ์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในส่วนขนาน้ำหนักเมล็ด และจำนวนเมล็ดดี/รวง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ ไม่ได้ทำให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ปะอ้ายใกล้เคียงและสังขยุดเพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย ไม่มีผลต่อผลผลิตของข้าว น่าจะเป็นเพราะปริมาณไนโตรเจนในดินที่เพียงพอต่อการสร้างผลผลิตของข้าวในอัตราที่เหมาะสมแล้ว การเพิ่มปริมาณปุ๋ยจึงไม่มีผลต่อผลผลิต ส่วนการลดลงของผลผลิตเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน น่าจะเกิดจากการได้รับไนโตรเจนมากเกินไปเป็นผลให้นำไปสร้างส่วนเจริญทางลำต้นทั้งเพิ่มการแตกกอ จำนวนใบและความสูงอย่างมาก จนเกิดการหักล้มของต้นข้าว ซึ่งเห็นได้จากค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวในการทดลองนี้ที่มีค่าลดลงถึงเกือบ 50% เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยที่ 20 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีการทดลองรายงานไว้ว่า ข้าวแต่ละพันธุ์จะให้ผลผลิตแตกต่างกันและเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และจะให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อได้รับในอัตราที่เหมาะสม แต่เมื่อได้รับปุ๋ยปริมาณมากเกินไปจะทำให้ผลผลิตลดลงเนื่องจากต้นหักล้ม (อารีรัตน์, 2542) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะต้องคำนึงถึงเรื่องความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และความแตกต่างของพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ในการตอบสนองด้วย

พันธุ์ข้าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน มีงานทดลองหลายงานที่ได้ทดสอบการตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง พบว่าข้าว indica type เมื่อมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 1 กิโลกรัม สามารถเพิ่มผลผลิตได้ประมาณ 15-20 กิโลกรัม ทั้งในข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง โดยอัตราแนะนำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 12-18 กิโลกรัม/ไร่ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนในดินที่ปลูกข้าวในแต่ละพื้นที่ (IRRI, 1989) Motomura (1979) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ Lebonnet ซึ่งเป็น indica type เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กิโลกรัม/ไร่ สามารถให้ผลผลิตได้ถึง 1,212 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเทียบกับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้ผลผลิตเพียง 453 กิโลกรัม/ไร่ จากการศึกษาของ อาร์วีตัน (2542) พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 14.4 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 21.6 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ผลผลิตลดลง 11% การทดลองนี้จึงยืนยันได้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมประมาณ 10 กิโลกรัม/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการศึกษารวมทุกพันธุ์ได้สูงที่สุด แต่การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนถึง 20 กิโลกรัม/ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตลดลง อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้ พันธุ์ที่ใช้ทดสอบเป็นข้าวสีแสดพันธุ์พื้นเมืองทั้งหมด 3 พันธุ์ ซึ่งจากผลการศึกษารายงานนี้ได้นำมาพบว่าการตอบสนองต่อปุ๋ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์ปรับปรุง ในข้าวพันธุ์ปรับปรุงจะมีสัดส่วนในการเพิ่มผลผลิตต่อปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมือง เนื่องจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำกว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะไปเพิ่มส่วนของน้ำหนักฟางข้าวที่จะทำให้ต้นข้าวเหี่ยวใบ บดบังแสงของต้นข้าวแต่ละต้นทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและการขนถ่ายสารสังเคราะห์ไปยังส่วนของผลผลิตเมล็ดน้อยลงไปด้วย เช่นเดียวกันกับค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวพื้นเมืองทั้ง 3 พันธุ์ในการทดลองนี้ มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจาก 10 กิโลกรัม/ไร่ ไปเป็น 20 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองอาจจะต้องมีการระมัดระวังเรื่องการใส่

ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นพิเศษมากกว่าในข้าวพันธุ์ปรับปรุง ต้องศึกษาถึงสรีรวิทยาและกลไกในการตอบสนองของข้าวแต่ละพันธุ์ เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตที่คุ้มค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตาม นอกจากผลผลิตในเชิงปริมาณที่ควรพิจารณาเรื่องอัตราการใส่ปุ๋ยให้เหมาะสมในข้าวแต่ละพันธุ์แล้ว ยังมีผลผลิตในเชิงคุณภาพอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาร่วมไปด้วยว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในระดับที่เหมาะสมหรือไม่

นอกจากไนโตรเจนจะมีผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีในพืชและส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชแล้ว ยังพบว่าไนโตรเจนที่ใส่ให้กับพืชยังมีผลต่อธาตุอาหารอื่นๆ ในพืชด้วย โดยการทดลองก่อนหน้านี้พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างๆ กันทำให้มีผลต่อปริมาณการสะสมธาตุสังกะสีและธาตุเหล็กในเนื้อเยื่อต่างๆ ของเมล็ดข้าว ไม่เท่ากัน พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ทำให้ปริมาณธาตุเหล็กของข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 6 IR68144 และ Basmati370 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ได้ใส่ปุ๋ย สำหรับข้าวพันธุ์ Basmati370 เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน พบว่ามีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือก แกลบ ข้าวกล้อง และข้าวขาว) (Prom-u-thai et al., 2007) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นเป็น 10 กิโลกรัม/ไร่ พบว่า ทำให้การสะสมธาตุเหล็กในใบ แกลบ และข้าวกล้อง มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 85.5, 30.9 และ 28.9 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Hao et al., 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณธาตุสังกะสีในข้าวกล้องจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยทำให้ปริมาณธาตุสังกะสีในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 16-20 เมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย แต่จะค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป (Hao et al., 2007) การทดลองนี้พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าว โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในอัตรา 10 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ สามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องได้ในอัตราร้อยละ 11-42 ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 3 พันธุ์ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีการอธิบายไว้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะไปเพิ่มปริมาณของโปรตีน ซึ่ง

เป็นแหล่งสะสมของธาตุอาหารพืช ซึ่งธาตุสังกะสีก็เป็นอีกธาตุหนึ่งที่มีการสะสมในส่วนของโปรตีนเช่นเดียวกับธาตุเหล็ก (Prom-u-thai et al., 2008) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนจะสามารถเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีได้ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ต้องมีการศึกษาในตามงานวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับรูปแบบในการสะสมธาตุสังกะสีในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวที่เพิ่มขึ้นจากการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนว่าอยู่ในรูปแบบไหน เช่น อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ เพราะถ้าการเพิ่มขึ้นของสังกะสีจากการจัดการดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณสังกะสีในเมล็ดข้าวได้ แต่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายก็ไม่น่าจะเป็นการจัดการที่คุ้มค่าเลย

สรุป

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสมในการปรับปรุงทั้งผลผลิตเชิงปริมาณและคุณภาพของเมล็ดในการสะสมธาตุสังกะสีที่อาจจะเป็นประโยชน์ทางโภชนาการต่อผู้บริโภค ข้าวพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 3 พันธุ์โดยการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ตั้งแต่ 19.7 - 47.3% เนื่องจากองค์ประกอบผลผลิตทั้งจำนวนหน่อ/กอ จำนวนรวง/ต้น จำนวนเมล็ดดี/รวง และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราดังกล่าว ทำให้เมล็ดข้าวมีการสะสมธาตุสังกะสีสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ภายใต้โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ และทุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2532. ข้อกำหนดสารอาหารที่ควรจะได้รับประจำวันและแนวการบริหารอาหารสำหรับคนไทย องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

- ดำเนิน กาละดี. 2543. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องพันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์และโภชนศาสตร์เกษตรของข้าวเหนียวดำ. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 74 หน้า.
- อารีรัตน์ นื่องสินธุ์. 2542. อิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมและการถ่ายเทไนโตรเจนในข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 104 หน้า.
- Allen, L., B. Benoist, O. Dary, and R. Hurrell. 2006. Guidelines on Food Fortification with Micronutrients, World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Alloway, B.J. 2008. Zinc in soil and crop nutrition. 2nd Edition. International Zinc Association and International Fertilizer Industry Association. Brussels, Belgium and Paris, France. 135 pp.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. Plant and Soil. 302: 1-17.
- Delhaiz E., B. Dell, G. Kirk, J. Loneragan, R. Nable, D. Plaskett, and M. Webb. 1984. Manual of Research Procedures. 1st Edition. Plant nutrition Research Group School of Environmental and Life Science. Murdoch University, Australia.
- Hao, H.I., Y.Z. Wei, X. E. Yang, Y. Feng, and C. Y. Wu. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). Rice science. 14(4): 289-294.
- IRRI, 1989. Rice Ratooning. The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 279 p.
- Juliano, B.O. 1993. Rice in human nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations ; International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines. 162 pp.
- Prom-u-thai, C., S. Fukai, I.D. Godwin, and L. Huang. 2007. Genotypic variation of iron partitioning in rice grain. J Sci Food Agric. 87: 2049-2054.
- Prom-u-thai, C., G. Thomson, J. Kuo, M. Saunders, L. Huang, B. Rerkasem, and B. Dell. 2008. Distribution of protein bodies and phytate-rich inclusions in grain tissues in relation to iron density in low and high iron rice genotypes. Cereal Chem. 85(2): 257-265.
- Stocking, C. R., and A. Ongum. 1962. The intercellular distribution of some metallic element in leaves. Amer. J. Bot. 49: 284-289.
- Watanabe, I., and K. Tensho. 1970. Further study on iodine toxicity in relation to "Reclamation Akagare disease of lowland rice". Soil Sci. Plant Nuts. 16: 192-194.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice of Crop Science. The International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines.