

อิทธิพลของปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต ต่อ growth rate, leaf area index และ net assimilation rate ของข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1

อรพิน เกิดชูชื่น¹ และ ผ่องพรรณ พุทธาโร²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

ข้าวเจ้าหอมปทุมธานี 1 เป็นข้าวพันธุ์ใหม่ซึ่งยังไม่มีการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาการใช้ปุ๋ย 2 ชนิดที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ ปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟต ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดมี 5 อัตรา คือ 0, 10, 20, 40 และ 80 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาต้าน growth rate, leaf area index (LAI) และ net assimilation rate (NAR) ของข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในทรายโดยเติมสารละลายธาตุอาหารดัดแปลงของ Hoagland ซึ่งไม่มีธาตุไนโตรเจน และแบ่งการศึกษาเป็น 3 ระยะการเจริญเติบโต คือ vegetative, reproductive และ ripening หรือเมื่อข้าวอายุ 30-51, 51-79 และ 79-100 วันหลังย้ายกล้า ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้ growth rate, LAI และ NAR ของข้าวในระยะ vegetative ดีกว่าข้าวที่เติมปุ๋ยยูเรีย สำหรับการเจริญเติบโตระยะ reproductive และ ripening ไม่พบว่าปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดทำให้ growth rate, LAI และ NAR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ใช้ปุ๋ยน้อยกว่า 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะมีการเจริญเติบโตช้า ลำต้นแคระแกรน ใบแก่มีสีเขียวซีดลงจนออกสีเหลืองและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ข้าวที่ได้รับปุ๋ย 80 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะมีจำนวนใบเพิ่มผิดปกติ ใบมีสีเขียวเข้ม และเมล็ดลีบ ซึ่งข้าวที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ นอกจากจะมี NAR ในระยะ vegetative มากกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียแล้ว ยังทำให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่มากที่สุดอีกด้วย การทดลองครั้งนี้ นอกจากจะแสดงให้เห็นว่าข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อปุ๋ยไนโตรเจนในระยะ vegetative มากกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่นแล้ว ยังตอบสนองต่อปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตดีกว่าปุ๋ยยูเรีย ดังนั้นในการปลูกข้าวพันธุ์นี้จึงควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตตั้งแต่เริ่มปลูกข้าว เพื่อให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด

คำสำคัญ : ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 / ปุ๋ยยูเรีย / ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

² นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

Effect of Urea and Ammonium Sulfate on Growth Rate, Net Assimilation Rate and Leaf Area Index of Aromatic Rice cv. Pathumtani 1

Orapin Kerdchoecheun¹ and Phongphun Puttaro²

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bnagmod, Toungkru, Bangkok 10140

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) cv Pathumtani 1, a newly aromatic variety, has not well understood in the physiological response of nitrogen fertilizer. In this study, 2 types of nitrogen fertilizers; urea and ammonium sulfate at 0, 10, 20, 40 and 80 kilograms N/rai was conducted to investigate growth rate, leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) of rice cv Pathumtani at 3 phases of growth; vegetative (31-51 days after transplanted), reproductive (51-79 days after transplanted) and ripening (79-100 days after transplanted). Rice was grown in pot containing of sand added modified Hoagland's solution (without any nitrogen source). The results showed that ammonium sulfate could enhance growth rate, LAI and NAR of rice than those using urea fertilizer. However, rice grown in the solution contained nitrogen lower than 20 kilograms N/rai resulted in a stunt growth, dwarf shoot, pale green to yellow or brown of older leaves. In contrast to the treatment using 80 kilograms N/rai, the rice had a large number of leaves, dark green leaves, and aborted seed. The final results showed that rice using ammonium sulfate at 20 kilograms N/rai could have not only maximum at vegetative phase but also resulted in a highest average yield. It could be concluded that the physiological responses to nitrogen fertilizer of aromatic rice cv Pathumtani 1 has a greater response in vegetative phase and ammonium sulfate fertilizer also has a higher response than those urea. Thus, the recommendation for using nitrogen fertilizer of aromatic rice cv Pathumtani 1 will be applied ammonium sulfate after transplanting in order to get the highest growth and average yield.

Keywords : Rice cv. Pathumtani 1/ Urea Fertilizer/ Ammonium Sulfate Fertilizer

¹ Assistant Professor, Division of Natural Resources Management, School of Bioresources and Technology

² Graduate Student, Division of Natural Resources Management, School of Bioresources and Technology

1. บทนำ

ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นสายพันธุ์ข้าวที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ข้าว BKNA6-18-3-2 (พันธุ์แม่) กับ สายพันธุ์ PTT8506-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เมื่อฤดูนาปี ปี พ.ศ. 2533 และกรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองโดยใช้ชื่อ “พันธุ์ปทุมธานี 1” ตั้งแต่ปี 2543 ซึ่งข้าวพันธุ์นี้มีลักษณะเด่น คือ 1) เป็นข้าวเจ้าหอมไม่ไวต่อช่วงแสง 2) คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอม 3) ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว 4) ต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง 5) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 650-774 กิโลกรัมต่อไร่ และมีลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้าหอมไม่ไวต่อช่วงแสงปลูกได้ทั้งฤดูนาปี และนาปรัง อายุการเก็บเกี่ยวนาดำ 113-126 วัน นาทวน้ำตาม 104-114 วัน ต้นสูงประมาณ 104-113 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน ใบแก่ช้ำ กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว ตั้งตรงปานกลาง คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง เปลือกเมล็ดสีฟาง มีขน มีหาง กลีบรวงดอกสีฟาง และเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ย ยาว 10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร และหนา 1.95 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องเฉลี่ย ยาว 7.60 มิลลิเมตร กว้าง 2.17 มิลลิเมตร และหนา 1.72 มิลลิเมตร ระยะพักตัวของเมล็ด 3-4 สัปดาห์ สำหรับ ข้อควรระวังในการปลูกข้าวพันธุ์นี้คือ ไม่ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม และไม่ควรรีบปุ๋ยอัตราสูง โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ฟางอ่อนต้นข้าวล้ม และ ผลผลิตลดลง [1] เนื่องจากข้าวเจ้าพันธุ์นี้เป็นข้าวเจ้าหอมพันธุ์ใหม่จึงยังไม่มีผู้ศึกษาการตอบสนอง ต่อปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่อการเจริญเติบโต ซึ่งในการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืช ด้านเจริญเติบโตของพืช เป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถนำไปอธิบายถึงความแตกต่าง ที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้ ซึ่งการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชที่นิยมศึกษา ได้แก่ relative growth rate, absolute growth rate, leaf area ratio, net assimilation rate, leaf weight ratio, specific leaf area, leaf area index, leaf area duration และ crop growth rate [2] [3] เป็นต้น ในการศึกษา ครั้งนี้เลือก growth rate, leaf area index (LAI) และ net assimilation rate (NAR) เท่านั้น เนื่องจาก เป็นพารามิเตอร์ที่ระบุอัตราการเจริญเติบโตส่วนยอด, พื้นที่ทรงพุ่มและการอัตราการสะสมน้ำหนัก ของข้าวที่ได้รับปุ๋ยต่างชนิดและปริมาณ สำหรับการเลือกปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟต ในการศึกษาเพราะเป็นปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้กันมากเพราะหาซื้อได้ง่าย ให้ธาตุไนโตรเจน มากและละลายง่าย [4] แม้ว่าเกษตรกรจะนิยมใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตกันมาก แต่ อัตราที่ใช้ปุ๋ยยังไม่เหมาะสมสำหรับข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเป็น การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาด้าน growth rate, net assimilation rate (NAR) และ leaf area index (LAI) ของข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในทรายและเติมสารละลายดัดแปลงของ Hoagland ที่ไม่มีไนโตรเจน และเพื่อศึกษาอัตรา การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมทรายและสารละลายสำหรับปลูกข้าว นำทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร มาล้างด้วยน้ำประปา 6 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำไปแช่ด้วยกรด HCl (ชนิด lab grade ละลายในน้ำกลั่น) เข้มข้น 1 N เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำทรายที่ผ่านการแช่ด้วยกรดมาล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้งจนน้ำที่ล้างทรายใส ในขั้นสุดท้ายนำ modified Hoagland's solution ที่ใช้ทดลอง (ไม่มีไนโตรเจน) เติมให้ไหลผ่านทรายก่อนนำไปทดลอง [5] [6] สำหรับ modified Hoagland's solution ดัดแปลงจาก Hoagland's solution [7] โดยใช้ KCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDTA เท่ากับ 0.4476, 0.5884, 0.1361, 0.4928 และ 0.0050 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปรับพีเอช (pH) เท่ากับ 5.5-6 (ใช้ NaOH 1N หรือ H_3PO_4) ตลอดจนการทดลอง ซึ่งตลอดการทดลองจะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.9-1.1 mS/cm

การปลูกข้าวและการวางแผนการทดลอง เพาะเมล็ดข้าวเจ้าหอมพันธุ์ทุมธานี 1 โดยแช่น้ำนาน 2 วัน นำมาวางบนถาดพลาสติกที่มีความชื้นสูง และมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และคลุมด้วยผ้าเปียกน้ำ นาน 3 วัน หลังจากเมล็ดงอกแล้วจึงย้ายไปปลูกในกระถางทรายที่มีทรายกระถางละ 3 กิโลกรัม กระถางละ 15 ต้น (แต่ละ experimental unit มี 4 กระถาง) เติมสารละลายธาตุอาหาร modified Hoagland's solution ที่ไม่มีไนโตรเจน ทุกกระถางเท่าๆ กันให้สารละลายสูงเหนือระดับของทราย 5 เซนติเมตร และเติมสารละลายดังกล่าวทุกๆ 2 วัน สำหรับปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต ใช้อัตรา 0, 10, 20 40 และ 80 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ เติมให้ในแต่ละทรีตเมนต์ครั้งเดียว ในการทดลองครั้งนี้ ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 10 ทรีตเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ

การบันทึกข้อมูล บันทึกข้อมูลทุก 7 วัน ตั้งแต่ข้าวอายุ 30 วันหลังย้ายกล้าจนถึงข้าวอายุ 100 วัน รวมทั้งหมด 11 ครั้ง และแบ่งการบันทึกเป็น 3 ระยะการเจริญเติบโตของข้าว คือ vegetative, reproductive และ ripening phase เมื่อข้าวอายุ 30-51, 51-79 และ 79-100 วันหลังย้ายกล้า ตามลำดับ

- growth rate (กรัม/วัน) คำนวณได้จากสูตร $\text{growth rate} = \Delta w / \Delta t$ [8] โดยที่ Δw = น้ำหนักแห้ง (กรัม) ทั้งหมดที่ระยะเวลา Δt และ Δt = ระยะเวลา (7 วัน) สำหรับน้ำหนักแห้งเป็นน้ำหนักแห้งของส่วนยอด โดยถอนแยกข้าวมากระถางละ 3 ต้น นำมาล้างทำความสะอาดแล้วใช้มีดตัดแยกส่วนยอดและส่วนรากออกจากกัน นำส่วนยอดไปอบที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่ได้ หน่วยเป็นกรัม

- leaf area index (LAI) เป็นดัชนีที่บอกถึงปริมาณพื้นที่ใบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดิน [8] คำนวณได้จากสูตร $\text{LAI} = \text{พื้นที่ใบ} / \text{พื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่}$ โดยพื้นที่ใบทั้งหมดใช้การสุ่มต้นข้าว 1 ต้น ในแต่ละซ้ำของแต่ละทรีตเมนต์ นำใบข้าวมาลงบนกระดาษกราฟ จากนั้นลากเส้นขอบใบลงบนกระดาษกราฟ ซึ่งพื้นที่ใบทั้งหมดหาได้จากการนับช่องบนกระดาษกราฟ มีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร (cm^2) สำหรับพื้นที่ดิน คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดด้านบนของทราย

- net assimilation rate (NAR) เป็นดัชนีบอกประสิทธิภาพในการรับแสง หรือสังเคราะห์แสงของใบพืช (หน่วย กรัม/ซม./วัน) [8] คำนวณได้จากสูตร $NAR = \Delta w. \ln \Delta La / \Delta t. \Delta La$ โดยที่ Δw = น้ำหนักแห้ง (กรัม) ของใบที่ระยะเวลา Δt , Δt = ระยะเวลา (7 วัน) และ ΔLa = พื้นที่ใบที่ระยะเวลา Δt (ซม².)

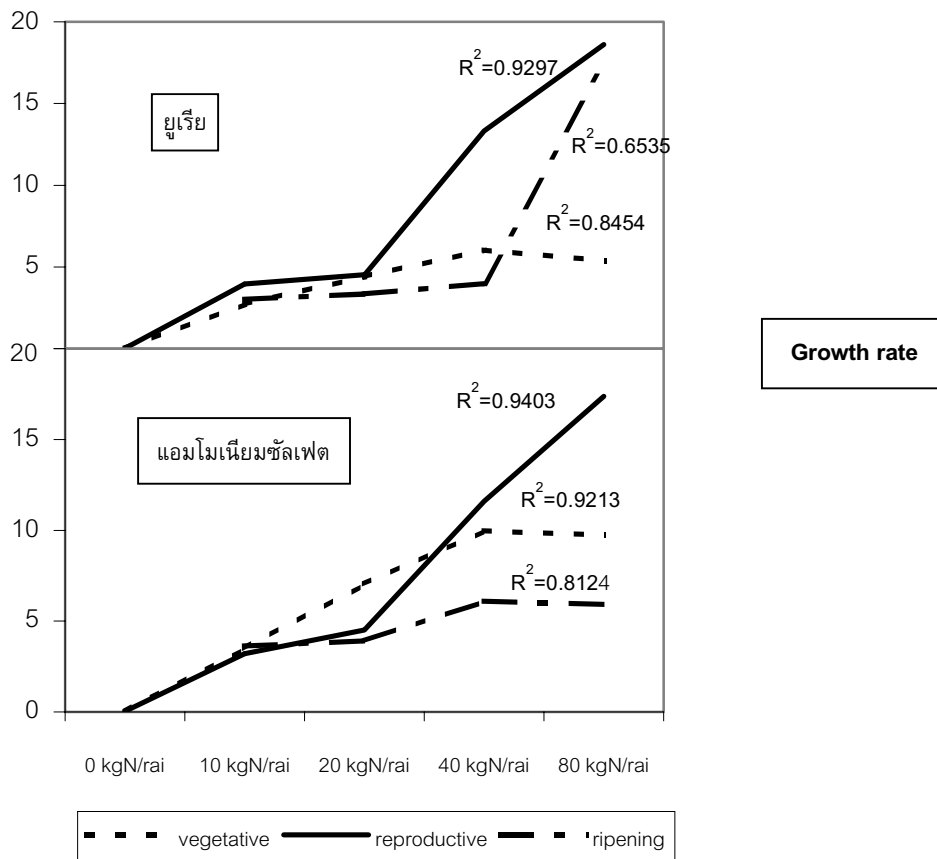
3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

Growth rate จากการศึกษาพบว่า ข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมี growth rate น้อย ลำต้นแคระแกรน ใบเหลือง และแห้งตายหลังปลูก 72 วัน เนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนอย่างรุนแรง ส่วนข้าวที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น พบว่า growth rate ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต คือ vegetative, reproductive และ ripening phase เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 1) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยเฉพาะการเจริญเติบโตส่วนยอด [9] นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตส่งเสริมการเจริญเติบโตในระยะ vegetative มากกว่าปุ๋ยยูเรีย ในขณะที่ข้าวที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีการเจริญเติบโตระยะ ripening มากกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตนอกจากจะมีส่วนประกอบของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) แล้วยังมีกำมะถัน ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว ส่วนปุ๋ยยูเรียอาจจะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืชได้ช้ากว่าเมื่ออยู่ในสารละลายธาตุอาหาร modified Hoagland's solution ที่ไม่มีไนโตรเจน การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าในสภาพปลูกที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจะเป็นประโยชน์ต่อข้าวในระยะแรกหรือระยะ vegetative ซึ่งปุ๋ยชนิดนี้มีความเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตส่วนยอดซึ่งเป็นระยะที่สำคัญที่สุดของการเจริญเติบโตของพืช [10] อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเกินกว่า 40 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ไม่ทำให้ growth rate ของข้าวเพิ่มขึ้นจึงไม่ควรใส่ปุ๋ยชนิดนี้เกินกว่า 40 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่

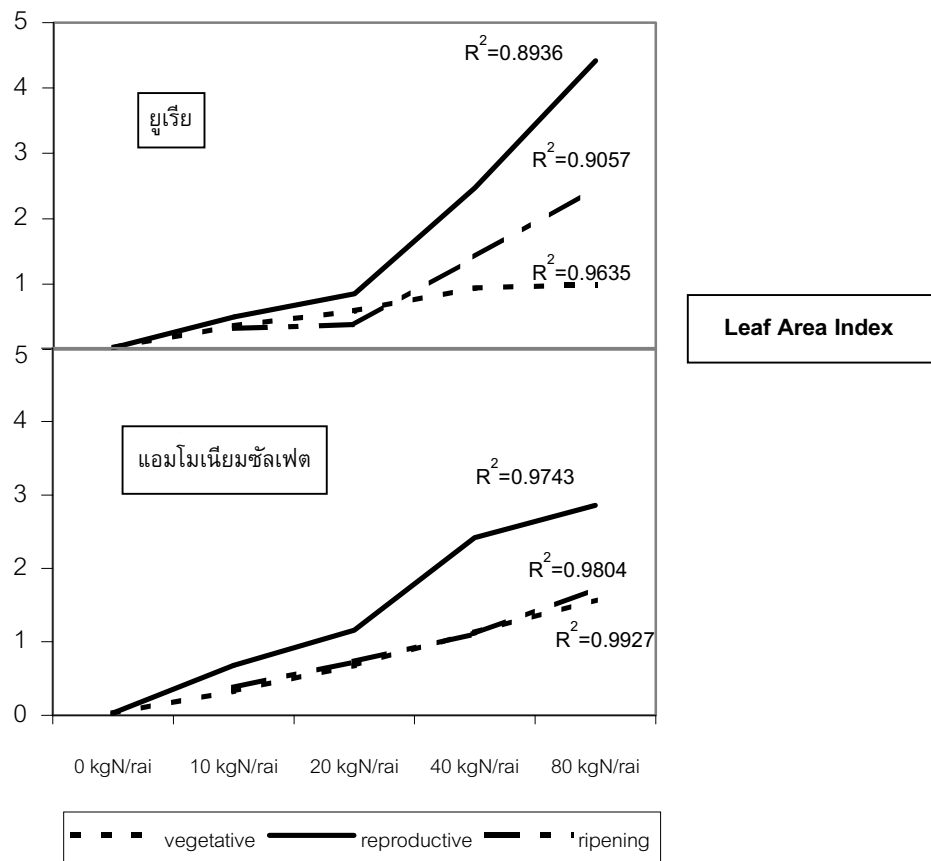
Leaf Area Index (LAI) ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ทุ่มธานี 1 มี LAI เพิ่มขึ้นทั้ง 3 ระยะเมื่อใส่ปุ๋ยปริมาณสูงขึ้น โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมี LAI ในระยะ reproductive มากกว่าระยะอื่น (รูปที่ 2) ซึ่ง LAI ไม่สอดคล้องกับ growth rate ที่บันทึกผลจากความสูงส่วนยอด แสดงให้เห็นว่านอกจากข้าวจะเจริญด้านความสูงแล้ว ใบของข้าวอาจจะมีการขยายขนาดด้านความกว้างทำให้พื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจึงมีอิทธิพลทำให้ LAI สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การที่พืชมี LAI สูงเกินกว่า 1 ทำให้มีการบดบังแสงแดดที่ตกกระทบบนใบข้าว อาจทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลง การทดลองนี้ยังพบอีกด้วยว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่า 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ทำให้ LAI มีค่ามากกว่า 1 ดังนั้นการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดไม่ควรใส่เกิน 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 2 ชนิดทำให้ LAI ของระยะ reproductive สูงกว่าระยะ vegetative และ ripening และยังมีข้อสังเกตอีกด้วยว่า LAI ของข้าวที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตระยะ ripening ลดลงกว่าระยะ reproductive และเท่ากับระยะ vegetative (รูปที่ 2) แสดงว่าใบ ข้าวจะมีพื้นที่ใบลดลงเมื่อผ่านพ้นระยะ reproductive ไปแล้ว หรือใบข้าวเกิดสภาพแก่หรือสภาพเสื่อม (senescence) และการหลุดร่วง

(abscission) ได้เร็วกว่าใบข้าวที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งสภาพการเสื่อมและการหลุดร่วงนี้อาจเกิดจากการขาดธาตุอาหาร [11] เนื่องจากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้เกิดความเป็นกรดในสารละลายสูงกว่าปุ๋ยยูเรีย สอดคล้องกับการศึกษาของ Clark [12] ที่พบว่าเมื่อพีเอชของสารละลายต่ำ (ไม่ได้แสดงผลข้อมูล) จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนได้น้อยลง ประกอบกับข้าวในระยะ reproductive ต้องการธาตุอาหารในปริมาณมากเพื่อใช้ในการส่งเสริมดอกและเมล็ด อาจทำให้ธาตุอาหารถูกเคลื่อนย้ายไปที่ส่วนยอด มีผลให้ใบแก่ร่วงแสดงอาการขาดธาตุ และแห้งตายไป หรือเมื่อพีเอชต่ำ ธาตุเหล็กละลายออกมาได้มาก [11] อาจเป็นพิษต่อข้าวทำให้เกิดการเสื่อม และการหลุดร่วงของใบข้าวด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมี LAI มากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และเมื่อได้รับปุ๋ยในปริมาณเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ LAI ของข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว [4] [13] ข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพียงพอ จะมีการขยายและเพิ่มขนาด รวมทั้งเพิ่มปริมาณของเซลล์ ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีจำนวนใบมากขึ้น [11] พื้นที่ใบรวมจึงมากขึ้นด้วย



รูปที่ 1 Growth rate ของข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้รับปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต 5 ระดับ

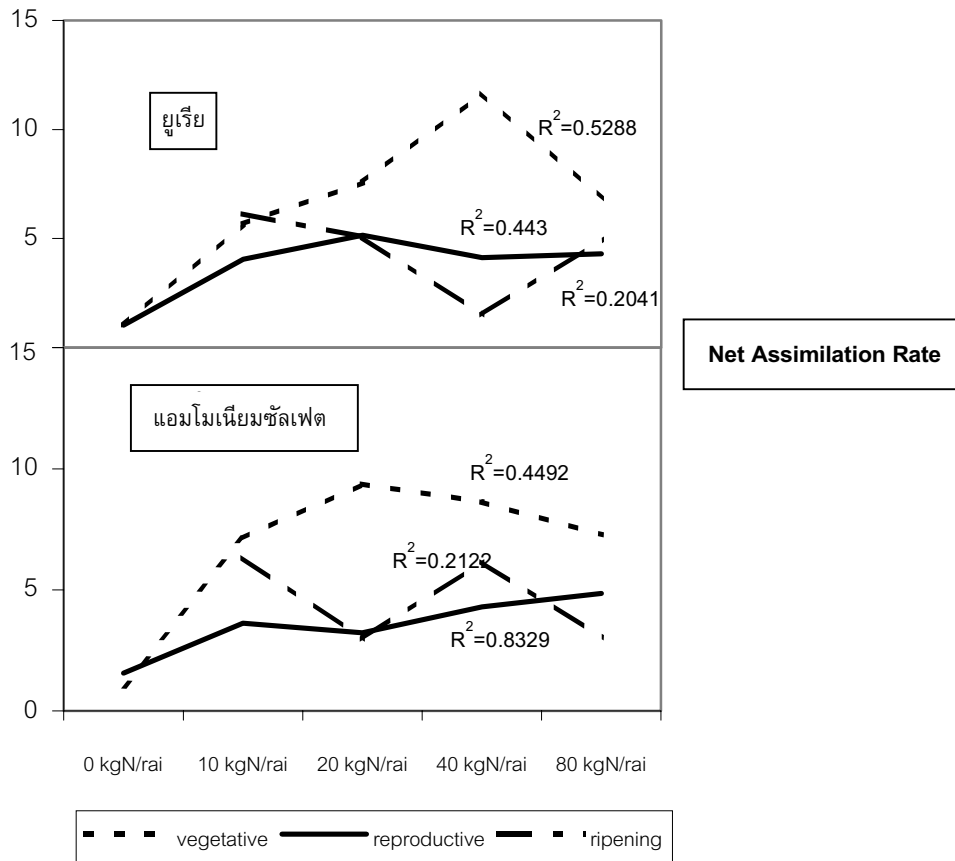


รูปที่ 2 Leaf Area Index ของข้าวเจ้าหอมพันธุ์ทุมธานี 1 ที่ได้รับปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต 5 ระดับ

แนวโน้มของ LAI ของข้าวที่เพิ่มขึ้นตามอายุของข้าว และจะสูงที่สุดในระยะข้าวเริ่มออกรวง (heading) (ระยะ reproductive) หลังจากนั้น LAI จะลดลงเนื่องจากใบจะเริ่มเหลืองและร่วงหล่นไป เมื่อใบเริ่มร่วงหล่น ก็จะมีผลทำให้ LAI ลดต่ำลงไปด้วย เนื่องจากในระยะนี้ใบจะแก่ และมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงน้อยลง นอกจากนี้พืชเริ่มมีการสะสมน้ำหนักรวมในเมล็ดมากขึ้น [14]

Net Assimilation Rate (NAR) พบว่าในระยะ vegetative ข้าวที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ มี NAR สูงที่สุด แต่ถ้าข้าวได้รับปุ๋ยยูเรีย 40 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จะมี NAR สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีส่วนส่งเสริมให้ข้าวเจริญเติบโตสังเคราะห์ และมีอัตราการสะสมน้ำหนักรวมสุทธิดีกว่าเมื่อใช้ปริมาณเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่า NAR ของข้าวในระยะ vegetative จะเพิ่มขึ้นในระยะแรกของการเจริญเติบโต แต่จะลดลงเมื่อข้าวอายุมากขึ้น (รูปที่ 3) และ NAR ของข้าวในระยะนี้เมื่อเติมปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตแตกต่างกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงนี้เป็นช่วงที่ข้าวมีการเจริญมากที่สุด ดังนั้นปุ๋ยที่ทำให้ข้าวมี growth rate มากที่สุดจะทำให้มี NAR สูงไปด้วย สำหรับข้าวที่ไม่มีปุ๋ยไนโตรเจนมี NAR น้อยกว่า แสดงว่าใบข้าวมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้น้อย [14] ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

ของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของข้าว เพื่อทำหน้าที่สำคัญในการดูดแสงและกระตุ้นปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อข้าวขาดธาตุไนโตรเจน การสังเคราะห์แสงลดลง การเจริญเติบโตก็ลดลง [3]



รูปที่ 3 Net Assimilation Rate ของข้าวเจ้าหอมพันธุ์ทุมธานี 1 ที่ได้รับปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต 5 ระดับ

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นไม่ทำให้ NAR ($r^2 = 0.2086$) เพิ่มขึ้นในทุกๆระยะการเจริญเติบโต อาจเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของข้าวเป็นลักษณะของ Sigmoid curve [11] และการตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชทุกชนิดมีขีดจำกัด ซึ่งการเพิ่มปุ๋ยจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นจนถึงเจริญสูงสุด แต่ถ้าได้รับปุ๋ยมากเกินไปพืชอาจไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มหรืออาจมีการเจริญเติบโตลดลง เพราะความเป็นพิษของปุ๋ยที่ได้รับมากเกินไป [15] อย่างไรก็ตาม NAR ของข้าวในช่วงต้นของระยะ vegetative จะพบว่าเกิดจากอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากข้าวยังมีจำนวนใบ และพื้นที่ใบน้อย จึงไม่มีการบังแสงซึ่งกันและกัน สำหรับ NAR จะลดลงเมื่ออายุของข้าวเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากข้าวมีใบมากขึ้น และใบมีขนาดใหญ่มากขึ้น จึงเกิดการบังแสงของใบมากขึ้น ไม่ได้รับแสงเต็มที่ [14]

จากการศึกษาลักษณะอาการขาดและอาการเป็นพิษจากธาตุไนโตรเจน (symptom of nitrogen deficiency and nitrogen toxicity) ของข้าวพันธุ์ทุมธานี 1 พบว่าข้าวไม่แสดงอาการขาดในระยะแรกของการเจริญเติบโต เนื่องจากข้าวสามารถใช้ธาตุและอาหารที่สะสมอยู่ในเมล็ด แต่ข้าวเริ่มแสดงอาการหลังอายุ 20 วัน โดยข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย จะมีลำต้นขนาดเล็ก แคระแกรน และมี

การเจริญด้านความสูงเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีการเจริญทางด้านข้าง สีของต้นมีสีเขียวซีดลง จนออกสีเหลือง ใบที่ออกใหม่มีขนาดเล็ก และสีเขียวซีด เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าวเป็นอย่างมาก และยังเป็นส่วนประกอบของโปรตีนและคลอโรฟิลล์ โดยพบว่าใน 1 โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ประกอบด้วยไนโตรเจนถึง 4 อะตอม [3] ดังนั้นเมื่อขาดไนโตรเจนทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์น้อย ใบจึงมีสีซีดจาง ส่งผลให้มีการสังเคราะห์แสงน้อย ต้นพืชจึงแคระแกรน และมีการเจริญเติบโตน้อย และเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น จะแสดงอาการขาดไนโตรเจนรุนแรงขึ้น โดยใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และแห้งตายไปในที่สุด (อายุ 72 วัน) สำหรับข้าวที่ได้รับปุ๋ยในปริมาณมาก (40 และ 80 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่) ในระยะแรกมีการเจริญเติบโตช้าเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากได้รับไนโตรเจนในปริมาณมาก ทำให้ข้าวต้องมีการปรับตัว การเจริญเติบโตในช่วงแรกจึงอาจจะชะงักไปบ้าง แต่ต่อมาก็เจริญเติบโตตามปกติ เมื่อข้าวมีอายุเพิ่มขึ้นก็เริ่มแสดงอาการขาดไนโตรเจน โดยจะเห็นได้ว่าเริ่มแสดงอาการที่ใบที่อยู่ด้านล่างหรือใบแก่ก่อน โดยใบเริ่มมีสีเหลือง ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย (mobile element) ซึ่งจะถูกลำเลียงจากส่วนของพืชที่แก่แล้วไปยังส่วนที่ยังอ่อนอยู่ [15] [9] ดังนั้นอาการขาดไนโตรเจนจึงปรากฏที่ส่วนที่แก่ที่สุดของพืชก่อน และจุดเจริญ (growing point) จะเป็นจุดสุดท้ายที่จะแสดงอาการ และจะเห็นได้ว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ใบจะมีสีเขียวมากกว่าเมื่อเทียบกับใบข้าวที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้อาจเกิดจากส่วนประกอบในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย กำมะถันมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืช [13] [16] ซึ่งอาจจะมีส่วนช่วยทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นส่วนที่ทำให้ใบพืชมีสีเขียว จึงทำให้ใบข้าวที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต มีสีเขียวเข้มมากกว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ยในปริมาณมากจะมีการออกดอกได้ช้ากว่า ทั้งนี้เพราะถ้าได้รับไนโตรเจนมาก ไนโตรเจนจะส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตทางด้าน vegetative growth มาก พืชจะมุ่งสร้างแต่ลำต้นและใบมากกว่าการสร้างดอกและเมล็ด [3] [4] จึงอาจจะทำให้มีการออกดอกช้ากว่า และเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น ข้าวมีการแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารอาหารเกือบทั้งหมดที่มีในใบจะถูกเคลื่อนย้ายไปสะสมที่เมล็ด จึงทำให้ใบมีสีเหลืองและเริ่มแห้งตายไป

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาจะเห็นว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ทุมธานี 1 มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาตาม growth rate, leaf area index (LAI) และ net assimilation rate (NAR) ดีกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย สำหรับปริมาณปุ๋ยพบว่าการใช้ปุ๋ย 80 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ข้าวจะออกดอกแต่เมล็ดข้าวลีบ อย่างไรก็ตาม การใช้แอมโมเนียมซัลเฟต 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จะทำให้ข้าวมี NAR สูงสุด และผลผลิตสูงสุดอีกด้วย โดยข้าวที่ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 10, 20 และ 40 กิโลกรัมจะให้ผลผลิตเท่ากับ 309, 1,065 และ 768 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนข้าวที่ได้รับปุ๋ยยูเรียได้รับผลผลิต/ไร่ต่ำกว่า โดยมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 165, 426 และ 489 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อใช้ปุ๋ยยูเรีย 10, 20 และ 40 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่ใช้ปุ๋ยน้อยกว่า 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จะมีการเจริญเติบโตช้า ลำต้นแคระแกรน ใบแก่มีสีเขียวซีดลงจนออกสีเหลืองและ

เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ข้าวที่ได้รับปุ๋ย 80 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จะมีจำนวนใบเพิ่มผิดปกติ และมีสีเขียวเข้ม และไม่ได้รับผลผลิต เช่นเดียวกับข้าวที่ปลูกโดยไม่มีปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนควรใช้ในปริมาณไม่เกิน 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และควรใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในดินที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำแทนการใช้ปุ๋ยยูเรีย แต่ต้องควรระวังการใช้ปุ๋ยชนิดนี้ในดินที่เป็นกรดจัดด้วยการทดลองเรื่องดังกล่าวนี้ในโอกาสต่อไปควรให้ความสำคัญเรื่องของการเปลี่ยนแปลงพีเอชของสารละลาย รวมทั้งการนำไฟฟ้า เพราะจะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุที่ศึกษารวมถึงธาตุที่มีในสารละลายและในน้ำประปาที่นำมาใช้ทดลอง

5. เอกสารอ้างอิง

1. เอกสงวน ชูวิสิฐกุล, 2543, *ข้าวพันธุ์ปฐมธานี 1*, ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี, สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
2. Fagaria, N. K., Baligar, V. C., and Jones, C. A., 1990, *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*, Marcel Dekker, New York, 476 p.
3. Ross, S., 1989, *Soil Processes a Systematic Approach*, Great Britain at the University Press, Cambridge, USA, pp. 76-229.
4. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535, *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*, ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 730 หน้า.
5. อุดมพงษ์ ดวงประยงค์, 2543, "การศึกษาการเจริญเติบโตและการใช้ธาตุไนโตรเจนของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิค deep water culture ด้วยความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน," *ปัญหาพิเศษปริญญาโท*, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 18 หน้า.
6. Whipker, B. E. and Hammer, P. A., 1998, "Comparison of Hydroponic Solutions for Poinsettia Nutrition Studies," *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 21, No. 3, pp. 531-543.
7. Botella, M. A., Martinez, V., Nieves, M., and Cerda, A., 1997, "Effect of Salinity on the Growth and Nitrate Uptake by Wheat Seedlings," *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 20, No. 6, pp. 793-804.
8. Jones, J. B., Wolf, J. B., and Mills, H. A., 1991, *Plant Analysis Handbook*, Micro-macro Publishing, USA, 213 p.
9. Jones, J. B., 1998, *Plant Nutrition Manual*, CRC Press, USA, 149 p.
10. Tisdale, S. L., Nelson, W. L., and Beaton, I. D., 1990, *Soil Fertility and Fertilizers*, Macmillan, Singapore, 754 p.

11. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2538, *สรีรวิทยาของพืช*, ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 213 หน้า.
12. Tan, X. W., Ikeda, H., and Masayuki, O., 2000, The Absorption, Translocation, and Assimilation of Urea, Nitrate or Ammonium in Tomato Plants Different Plant Growth Stages in Hydroponic Culture, *Scientia Horticulturae*, Vol. 84, pp. 175-183.
13. Clark, H. E. and Shive, J. W., 1984, "The Influence of pH of Culture Solution on the Rate of Absorption of Ammonium and Nitrate Nitrogen by the Tomato Plant", *Soil Science*, Vol. 37, pp. 203-225.
14. Cabrera, R., Evans, R. Y., Paul, J. L., and Morisot, A., 1996, "The Uptake of Nitrate and Ammonium by Greenhouse Roses," *Acta-Horticulturae*, Vol. 424, pp. 53-57.
15. สมศักดิ์ ศิริพานิชเจริญ, 2535, "ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและวันปลูก ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง", *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 162 หน้า.
16. Romanova, A., Kuznetsova, L., Golovina, E., and Novichkova, N., 1987, "The Excess of Nitrate (Nitrogen Stress) and Photosynthesis in Higher Plant", *Biological Science*, Vol. 53, No. 5-6, pp. 505-512.