

อิทธิพลของการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อความหอมของข้าว^{1/}
Effects of water and nitrogen fertilizer managements on aroma trait in rice^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวพัชริดา พาเจริญ^{2/}
อาจารย์ธนาธิป ทาปลัด^{2/}

บทคัดย่อ

ความหอมของข้าวเกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งมีสารตั้งต้นจากโปรลีน การสะสมโปรลีนเกิดขึ้นหลังจากได้รับสภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อม เช่น ภัยแล้ง อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ หรือ การขาดธาตุอาหาร จากการศึกษาผลของการจัดการน้ำ (สภาพน้ำขังและสภาพไม่ขังน้ำ) และไนโตรเจนต่อความหอมของข้าว ที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะตั้งท้อง พบว่าปริมาณโปรลีน ในใบข้าวในระยะแตกกอ และระยะออกดอก มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสามปัจจัยทั้งพันธุ์ข้าว การจัดการน้ำ และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนในระยะตั้งท้องพบว่า ปริมาณโปรลีน ทั้งในใบทั้งพันธุ์ BNM4 KDML105 และ SPR1 มี การตอบสนองต่อการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนในทิศทางเดียวกัน คือที่ระยะตั้งท้อง การปลูกในสภาพน้ำขังร่วมกับไนโตรเจนที่ 60 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ใบข้าวมีการสะสมโปรลีนสูงสุด เมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 150 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์และในระยะตั้งท้องมีปริมาณโปรลีน ในใบสะสมมากที่สุดเมื่อเทียบกับระยะแตกกอและออกดอก และเมื่อเพิ่มการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 150 และ 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้ปริมาณสารโปรลีนในใบเพิ่มขึ้น และมีค่ามากที่สุดเมื่อใส่ไนโตรเจนอัตรา 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่

คำสำคัญ : การจัดการน้ำ; ปุ๋ยไนโตรเจน; ข้าวหอม; โปรลีน

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำวิชาประจำวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) จัดเป็นหนึ่งในแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบภูมิภาคเอเชีย ที่นิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ปัจจุบันนอกจากผู้บริโภคนิยมบริโภคข้าวที่มีคุณภาพการกินที่ดีแล้วกลิ่นหอมของข้าวก็ได้รับความนิยมเช่นกัน กลิ่นหอมของข้าวเกิดจากการผสมผสานของสารหอมระเหยมากมายหลายชนิด แต่กลิ่นหอมหลักที่พบในข้าวหอมเกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกันกับที่พบในใบเตย สามารถพบสาร 2AP ได้ทุกส่วนของต้นข้าว ยกเว้นราก (Buttery et al., 1983) ดังนั้น ข้าวหอมเป็นข้าวที่มีคุณภาพในการบริโภค มีความนุ่ม มีกลิ่นหอม ทำให้ได้รับความนิยมและเกิดความต้องการในการบริโภคข้าวหอมที่เพิ่มมากขึ้น (รัตนา และคณะ, 2559)

นอกจากปัจจัยทางด้านพันธุกรรมแล้วยังมีปัจจัยจากสภาพแวดล้อม การจัดการต่าง ๆ เช่น การให้ปุ๋ย (Yang et al., 2012) ไนโตรเจนเป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักและส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์สำคัญในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์-พืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในพืช ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช (Teh et al., 2016)

นอกจากธาตุอาหาร น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งคุณภาพ และผลผลิตข้าว (Zhang et al., 2008) ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าว โดยเฉพาะปัญหาความแห้งแล้ง และฝนทิ้งช่วงไม่ตกตามตามฤดูกาล ส่งผลต่อปริมาณการใช้น้ำ อย่างเพียงพอในการปลูกข้าว ตลอดจนการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของต้นข้าว (Thailand Water Situation, 2020) แต่ละปีมีฝนตกน้อยลงไม่ต่างกันจนเกิดปัญหายุ่งยากส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตข้าวที่ได้รับ เนื่องจากต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะการขาดน้ำในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (อรประภา, 2559) เมื่อเกิดภาวะขาดน้ำพบว่ามีปริมาณสารโพสลิโนในใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นกลไกการตอบสนองทางสรีระอย่างหนึ่งเพื่อลดความเครียดที่เกิดจากน้ำ (Bates et al., 1973) โดยโพสลิโนที่เพิ่มขึ้นช่วยปรับค่าแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) และช่วยรักษาการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์พืชให้ดำเนินไปเป็นปกติ (Boggess et al., 1976)

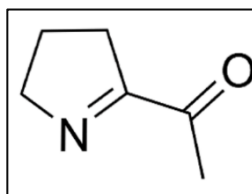
ดังนั้น การผลิตข้าวหอมเพื่อเพิ่มปริมาณความหอมเป็นการใช้การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนช่วยส่งผลต่อความหอมของข้าวได้

1. ลักษณะความหอมในข้าว

ความหอมในข้าวเกิดจากการผสมผสานของสารหอมระเหยมากมายหลายชนิด จนกลายเป็นกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์และเป็นจุดเด่นของข้าวหอมแต่ละพันธุ์โดยสารหอมที่พบในข้าวมีมากกว่า 200 ชนิด

1.1 พันธุกรรมของลักษณะความหอม สารหอม 2AP เป็นสารประกอบในกลุ่ม pyrrole มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนห้าเหลี่ยมที่มีไนโตรเจนเกาะอยู่ภายในวงแหวน โดยมีพันธะระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนเป็นพันธะคู่ 1 พันธะ และมีหมู่ acetyl เกาะกับคาร์บอนตำแหน่งที่สองมีสูตรโมเลกุล คือ C_6H_9NO (ภาพที่ 1) ซึ่งสาร 2AP มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า 5-acetyl-3,4-dihydro-2H-pyrroline มีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีคุณสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย เมื่อเก็บไว้นานจะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีน้ำตาลเข้ม ระเหยง่าย และไม่เสถียรเมื่ออยู่ในรูปสารบริสุทธิ์ (Buttery et al., 1982)

โดย Ahn et al. (1992) กล่าวว่าลักษณะความหอมถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ที่ตำแหน่ง *fgr* บนโครโมโซมคู่ที่ 8 โดยมีเครื่องหมายดีเอ็นเอ RG28 อยู่ห่างจากตำแหน่ง *fgr* เป็นระยะทาง 4.5 เซนติเมตร (cM) ต่อมา มีการรายงานพบว่า ลักษณะความหอมถูกควบคุมด้วยยีน *badh2* (Chen et al., 2006) และปัจจุบันพบว่ายีนด้อย *badh1* บนโครโมโซมคู่ที่ 4 ก็ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะความหอมเช่นกัน (Amarawathi et al., 2008)



ที่มา: Bradbury et al., (2008)

ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารหอม 2-AP (2-acetyl-1-pyrroline)

1.2 พันธุ์ข้าวหอม

ข้าวที่มีกลิ่นหอมเป็นกลุ่มข้าวที่ได้รับความนิยม ด้วยคุณสมบัติของความนุ่มและกลิ่นหอม ทำให้มีความต้องการในการบริโภคที่เพิ่มมากขึ้นและส่งเสริมการขยายตัวของตลาดข้าวหอม โดยข้าวหอมที่ประเทศไทยนิยมส่งออก ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 อย่างไรก็ตาม พบว่าข้าวหอมบางสายพันธุ์มีผลผลิตต่ำ เนื่องจากไม่ทนทานโรคและแมลง ขณะที่กลุ่มข้าวพันธุ์พื้นเมือง เป็นกลุ่มพืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นเอกลักษณ์ มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมท้องถิ่นได้ดี (Frankel et al., 1995)

โดยประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศและสภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าว (Harlan, 1992) พันธุ์ข้าวปิ่นนาเป็นพันธุ์ข้าวหอมพื้นเมืองที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคในบริเวณพื้นที่สูงทางตอนเหนือของประเทศไทยโดยเกษตรกรชาวไทยภูเขากลุ่มชาติ

พันธุ์ปากกระดุม (กะเหรี่ยง) โดยลักษณะกลิ่นหอมของข้าวที่ เป็นเอกลักษณ์จึงถูกเรียกชื่อพันธุ์ตามลักษณะที่ปรากฏว่า ปิ่นอมู ซึ่งหมายถึง ข้าวที่มีกลิ่นหอม (Pinmanee, 2011) จากการศึกษาของ Chan-in et al. (2019) พบว่าข้าวหอมพื้นเมืองพื้นที่สูงพันธุ์ปิ่นอมู 4 มีปริมาณสาร 2AP สูงใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวหอมที่นิยมปลูกในประเทศไทยปัจจุบัน จากการศึกษาของ Tejakum et al. (2019) พบว่าข้าวปิ่นอมูเป็นข้าวที่คุณภาพในการหุงต้มดีมีความอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย มีศักยภาพในการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาข้าวหอมพื้นเมืองในอนาคต

2.การจัดการและเพิ่มผลผลิตข้าว

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาความพยายามค้นคว้าเพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อกลไกในเมล็ดข้าว ในโตรเจนและน้ำเป็นสิ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืชเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีโอไทด์ กรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์และเอนไซม์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในพืช ซึ่งประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมของข้าว (Djaman et al., 2016)

2.1 การจัดการน้ำ น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งคุณภาพ และผลผลิตข้าว (Zhanget al., 2008) ในข้าว คาดว่าฤดูแล้งมีระยะเวลาที่ยาวนานและมีความรุนแรงมากขึ้น (Climate Center, 2020) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร (Arora, 2006) เมื่อเกิดภาวะขาดน้ำพบว่าปริมาณสารโปรตีนในใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นกลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาหนึ่งเพื่อลดความเครียดที่เกิดจากน้ำ (Bates et al., 1973) โดยโปรตีนที่เพิ่มขึ้นช่วยปรับค่าแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) และช่วยรักษาการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์พืชให้ดำเนินไปเป็นปกติ (Boggess et al., 1976) จากการศึกษาของ Zhong et al. (2017) พบว่า ข้าวพันธุ์ Zhongzheyu#1 ที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำเมื่อได้รับไนโตรเจนมาก ส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่จากการศึกษาของ Rabiei et al. (2021) รายงานผลการทดลองปลูกข้าว Gilaneh ในสภาพน้ำท่วมฉับพลัน (flood irrigation) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ (0, 60, and 120 kg/ha) และโพแทสเซียม 3 ระดับ (0, 80 and 160 kg/ha) พบว่า ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 60 kg/ha ร่วมกับ โพแทสเซียม 160 kg/ha ข้าวมีการสะสมปริมาณ โปรตีนในใบมากที่สุด ในขณะที่ Mo et al. (2019) รายงาน ผลการปลูกข้าวพันธุ์ Nongxiang 18 และ Basmati 385 ซึ่งแบ่งการจัดการน้ำออกเป็นสองสภาพโดยมีศักย์ของน้ำในดินเท่ากับ 0 kPa และ -25 ± 5 kPa ร่วมกับไนโตรเจน 0 และ 60 kg/ha พบว่าในข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ศักย์ของน้ำในดินเท่ากับ -25 ± 5 kPa ร่วมกับไนโตรเจน 60 kg/ha ใบข้าวมีการสะสมปริมาณโปรตีนมากที่สุด นอกจากนี้ Bao et al. (2018) พบว่า การปลูกข้าวรวมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งส่งผลต่อการสะสมปริมาณโปรตีนในใบข้าวมากขึ้น โดยโปรตีนที่สะสมในพืชทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพของเมมเบรนและรักษาระดับ pH ของไซโตซอลควบคู่ไปกับเมแทบอลิซึมเพื่อใช้ในการเติบโตของพืช (Hayat et al., 2012)

2.2 ปุ๋ยไนโตรเจนต่อระบบการปลูกข้าว ไนโตรเจนเป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักและส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์สำคัญในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์-พืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในพืช ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช (Teh et al., 2016) ทั้งในระยะเวลาเจริญเติบโตทางราก ลำต้น ใบ (vegetative growth) และการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (reproductive growth) (Slocum, 1991) นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับความหอมของข้าวหอมในด้านการสะสมโปรตีนและสาร 2AP ในข้าวอีกด้วย (Yoshihashi et al., 2002) จากการศึกษาของ Zhong and Tang (2014) พบว่าปริมาณของโปรตีนในใบและเมล็ดเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน และค่าโปรตีนที่สูงขึ้นสามารถช่วยให้มีการสะสมกลิ่นหอมในเมล็ดมากขึ้น ดังนั้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจึงทำให้ปริมาณสารโปรตีนในใบที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามบทบาทของสารโปรตีนนอกจาก เป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกี่ยวข้องความหอมแล้วยังมีความเกี่ยวข้องกับการปรับตัวของพืชเมื่อพืชเกิดความเครียดก็มีผลทำให้ปริมาณสาร 2AP เพิ่มขึ้นได้ (Lutts et al., 1996) สอดคล้องกับงานของ Gay et al. (2010) ที่กล่าวถึงคุณภาพของเมล็ดข้าวว่าความหอมสามารถแปรผันตามปัจจัยสภาพแวดล้อมและวิธีการจัดการดูแล โดยความเค็มมีผลในทางบวกต่อค่า 2AP โดยความเครียดจากความเค็มระยะก่อนออกดอก มีผลทำให้ปริมาณสาร 2AP เพิ่มขึ้น และผลการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อความเข้มข้น 2AP ในเมล็ดยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ใช้ด้วย (Kongpun and Thebault Prom-u-thai, 2021)

2.3 องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตต่อการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจน

จากการศึกษาของ นันทนพิน และคณะ (2565) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทาง สถิติผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ BNM4 พบอิทธิพลของระดับปุ๋ยในทุกลักษณะที่ศึกษาพบว่าน้ำหนักเมล็ดต่อต้นของ BNM4 ไม่แตกต่างกัน เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจาก 30 เป็น 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 3.2 กรัมต่อต้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 90 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย เป็น 3.5 กรัม ต่อต้น น้ำหนักแห้งฟางเพิ่มขึ้น ตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและมีปริมาณสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เท่ากับ 19.7 กรัม ต่อกระถาง ส่วนความสูงต้นไม่แตกต่างกันที่อัตรา ปุ๋ยไนโตรเจน 30 และ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 103.4 เซนติเมตร แต่เมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 90 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ความสูงต้นเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.6 เซนติเมตร จำนวนรวงต่อต้นเพิ่มขึ้น ตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและที่ระดับปุ๋ย 150 และ 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีจำนวนรวงต่อต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4 รวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีค่าเพิ่มขึ้น ตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น และมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ยสูงสุดที่ 120 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เท่ากับ 119 เมล็ด เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของ BNM4 ที่เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นและที่ระดับ 120 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 91.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ดของ BNM4 ไม่ต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความแปรปรวนของผลกระทบบของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนในข้าว

อัตราปุ๋ย N (kgN/rai)	ผลผลิต เมล็ดพืช (g/plant)	น้ำหนัก แห้ง (g/plant)	ความสูง ของพืช (cm)	จำนวนข้อ/ ต้น	ไม่มีข้อ ดอก/ข้อ	เมล็ดพืช (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (g)
30	3.2c	7.8e	103.4b	2.7d	74.8c	69.0c	3.8b
60	3.2c	8.8e	103.4b	3.0cd	78.9c	73.4c	3.9b
90	3.5ab	11.3cd	120.3a	3.0cd	102.6b	84.2b	4.4a
120	3.3bc	13.1bc	118.9ab	3.7bc	108.4ab	89.4ab	4.0b
150	3.5ab	15.3bc	126.5a	4.0ab	120.3ab	92.3a	4.4a
180	3.6a	19.7a	132.6a	4.7ab	129.6a	93.3a	4.4a
F-test	**	***	**	***	***	***	**
CV(%)	3.5	13.7	7.8	14.8	11.7	5.2	3.9

** และ *** ระบุบ้นัยสำคัญที่ $P < 0.01$ และ 0.001 ตามลำดับ ในขณะที่ ns ไม่มีนัยสำคัญ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างที่มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$

ที่มา : นันทนพิน และคณะ (2565)

3.ปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) สะสมในใบข้าวต่อการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจน

3.1 การทดสอบความหอมของเมล็ดข้าว นันทนพิน และคณะ (2565) ได้ทำการทดสอบความหอมของเมล็ดข้าวโดยวิธีการดมกลิ่น จากผู้ร่วมทดสอบจำนวน 20 คน (ตารางที่ 2) พบว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้เมล็ดข้าวมีกลิ่นหอมอ่อน และที่ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีกลิ่นหอมมากถึงหอมอ่อน แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 90 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ กลิ่นหอมของเมล็ดข้าวที่ได้กลับมีกลิ่นหอมลดลงจนไม่มีกลิ่น

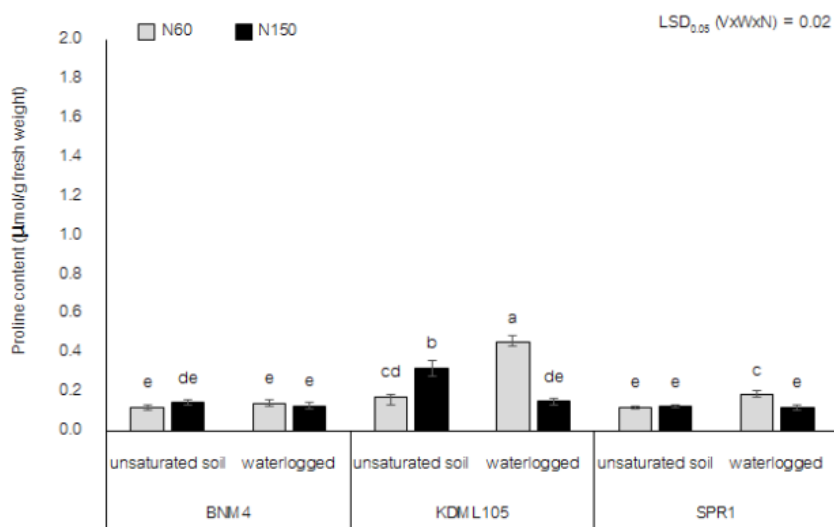
ตารางที่ 2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

อัตรา N (KgN/rai)	การทดสอบประสาทสัมผัส
30	มีกลิ่นหอมปานกลาง
60	กลิ่นหอมปานกลางถึงหอมมาก
90	ไม่หอมถึงหอมปานกลาง
120	ไม่หอมถึงหอมปานกลาง
150	ไม่มีกลิ่นหอม
180	ไม่หอมถึงหอมปานกลาง

ที่มา : นันทนพิน และคณะ (2565)

3.2 ปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในใบระยะแตกกอ

จากการศึกษาของ ชูติมา และคณะ (2565) การตอบสนองของปริมาณโพรลีนในใบของพันธุ์ข้าว ทั้งสามพันธุ์ต่อการจัดการน้ำและไนโตรเจนที่แตกต่างกันในระยะแตกกอ พบว่า ข้าวหอมพันธุ์ KDML105 ที่ปลูกภายใต้สภาพไม่ขังน้ำร่วมกับการให้ไนโตรเจนที่อัตรา N150 มีปริมาณโพรลีนมากกว่าที่ N60 เท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในสภาพเดียวกัน แต่เมื่อปลูกในสภาพน้ำขังการให้ไนโตรเจนที่ระดับ N60 มีปริมาณโพรลีนมากกว่าที่ N150 เช่นเดียวกับพันธุ์ SPR1 ที่เมื่อปลูกในสภาพน้ำขังการให้ไนโตรเจนที่อัตรา N60 ทำให้มีปริมาณโพรลีนมากกว่าที่ N150 แต่เมื่อปลูกในสภาพไม่ขังน้ำไม่พบความแตกต่างระหว่างการให้ปุ๋ยทั้งสองอัตรา ในขณะที่พันธุ์ BNM4 ไม่พบการตอบสนองที่แตกต่างกันของปริมาณโพรลีนในใบ ภายใต้การจัดการน้ำและไนโตรเจนที่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาระหว่างพันธุ์ข้าว พบว่า พันธุ์ KDML105 มีค่าเฉลี่ยปริมาณโพรลีนสะสมในใบมากที่สุด รองลงมาคือ SPR1 มี การจัดการน้ำที่แตกต่างกัน พบว่า ปลูกในสภาพน้ำขังทำให้ข้าวมีการสะสมปริมาณโพรลีนในใบมากที่สุด ในขณะที่ การปลูกในสภาพไม่ขังน้ำ และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา N60 มีปริมาณมากกว่า N150 (ภาพที่ 2)



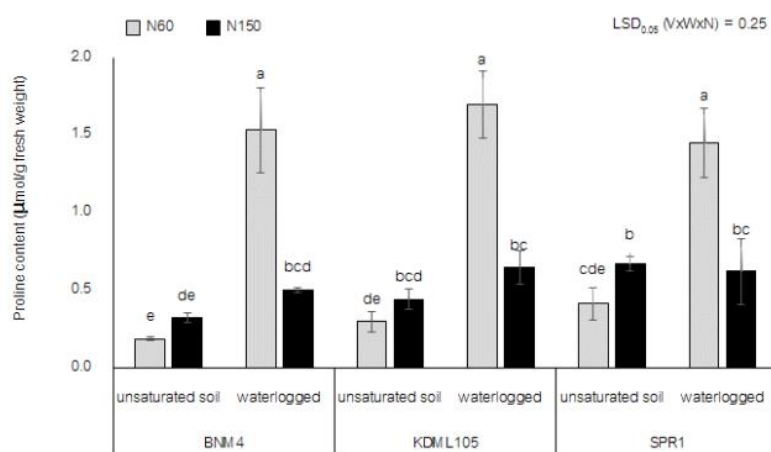
ที่มา: ชูติมา และคณะ (2565)

ภาพที่ 2 ปริมาณโพรลีนที่ระยะแตกกอที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน

3.3 ปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในใบระยะตั้งท้อง

ในระยะตั้งท้องพบว่า การจัดการน้ำและไนโตรเจนมีผลต่อการปริมาณโพรลีนในใบข้าวแตกต่างกัน โดยทั้งในพันธุ์ BNM4 KDML105 และ SPR1 เมื่อปลูกในสภาพไม่ขังน้ำการให้ไนโตรเจนที่อัตรา N150 ส่งผลให้มีปริมาณโพรลีนในใบเพิ่มมากกว่าที่ไนโตรเจนอัตรา N60 แต่ในทางกลับกันเมื่อปลูกในสภาพน้ำ

ซึ่งรวมกับการให้นิโตรเจนที่ N60 ทำให้ปริมาณโพรลีนในใบเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ N150 ในทั้ง BMN4, KDML105 และ SPR1 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณโพรลีนระหว่างพันธุ์พบว่า พันธุ์KDML105 และ SPR1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณโพรลีนสะสมในใบมากที่สุดเท่ากับ 0.77 และ 0.79 ไมโครโมลต่อกรัม ตามลำดับ และพบว่า BNM4 มีค่าเฉลี่ยปริมาณโพรลีนสะสมในใบน้อยที่สุด การจัดการน้ำที่ต่างกันพบว่า การปลูกในสภาพน้ำขังทำให้ข้าวมีค่าเฉลี่ยโพรลีนสะสมในใบมากที่สุดเท่ากับ 1.08 ไมโครโมลต่อกรัม ในขณะที่การปลูกในสภาพไม่ขังน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 ไมโครโมลต่อกรัม และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ N60 ข้าวมีค่าเฉลี่ยโพรลีนสะสมในใบเท่ากับ 0.93 ไมโครโมลต่อกรัม ซึ่งมีกว่าไนโตรเจนอัตรา N150 มีค่าเฉลี่ย โพรลีนสะสมในใบเท่ากับ 0.54 ไมโครโมลต่อกรัม (ชุดิมา และคณะ , 2565)(ภาพที่ 3)

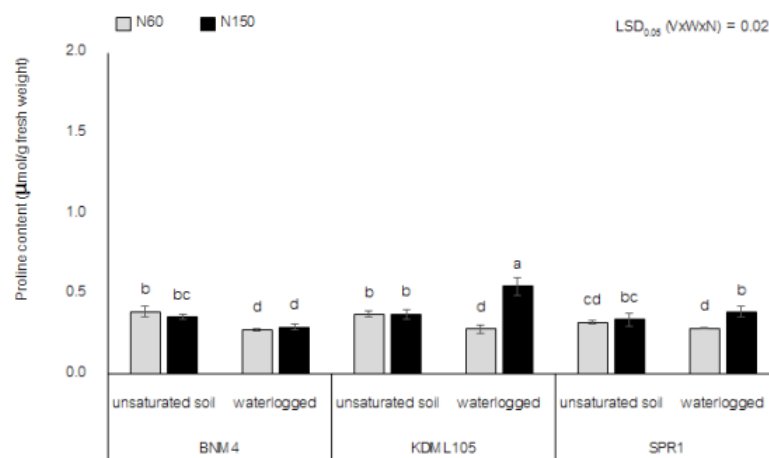


ที่มา: ชุดิมา และคณะ (2565)

ภาพที่ 3 ปริมาณโพรลีนที่ระยะตั้งท้องที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน

3.4 ปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในใบระยะออกดอก

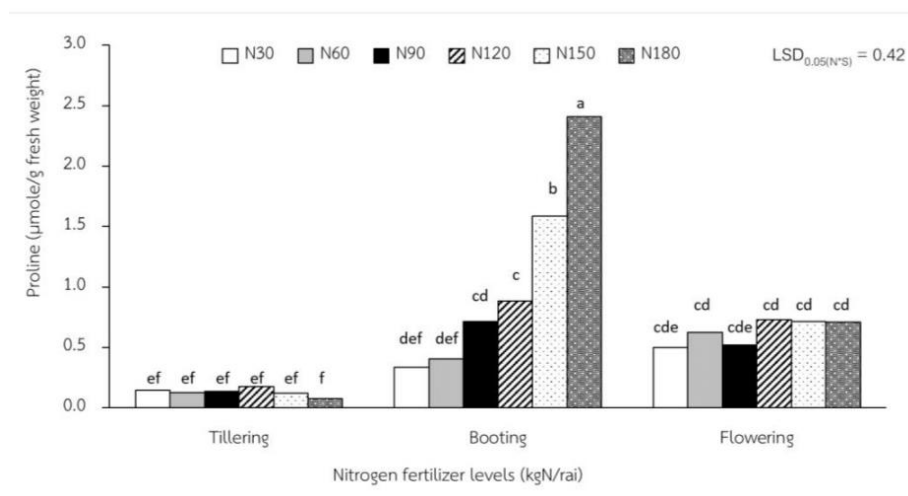
พันธุ์ข้าวที่ศึกษาปริมาณโพรลีนในใบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการจัดการน้ำและไนโตรเจน (ภาพที่ 4) พบว่า ในพันธุ์ KDML105 ที่ปลูกในสภาพน้ำขังรวมกับการให้นิโตรเจนที่อัตรา N150 มีปริมาณโพรลีนในใบเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับที่ N60 ส่วนการปลูกในสภาพไม่ขังน้ำไม่พบความแตกต่างของปริมาณโพรลีนในใบระหว่างการให้นิโตรเจนทั้งสองระดับ ในขณะที่พันธุ์ BNM4 และ SPR1 การให้นิโตรเจนที่ต่างกันไม่ทำให้ปริมาณโพรลีนแตกต่างกันทั้งในการแบบสภาพน้ำขังและสภาพไม่ขังน้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพบว่า พันธุ์KDML105 มีปริมาณโพรลีนในใบมากกว่าพันธุ์BNM4 และ SPR1 โดยมีค่าเท่ากับ 0.39 ไมโครโมลต่อกรัม และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา N150 ข้าวมีค่าเฉลี่ยโพรลีนสะสมในใบมากที่สุดเท่ากับ 0.38 ไมโครโมลต่อกรัม ในขณะที่ N60 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 ไมโครโมลต่อกรัม (ชุดิมา และคณะ , 2565)



ที่มา: ชูติมา และคณะ (2565)

ภาพที่ 4 ปริมาณโพรลีนที่ระยออกดอกที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาของ นันทนพิน และคณะ (2565) อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและระยะการเจริญเติบโตของข้าวมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อปริมาณสารโพรลีนในใบข้าว BNM4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (รูปที่ 5) โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 30 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่มีผลต่อปริมาณสารโพรลีนในใบข้าวที่ระยะแตกกอ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพรลีนเท่ากับ 0.13 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด และระยะออกดอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด ขณะที่ระยะตั้งท้องพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจาก 30, 60, 90 และ 120 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่มีผลต่อปริมาณสารโพรลีนในใบข้าว แต่เมื่อเพิ่มการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 150 และ 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้ปริมาณสารโพรลีนในใบเพิ่มขึ้น และมีค่ามากที่สุดเมื่อใส่ไนโตรเจนอัตรา 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เท่ากับ 2.41 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด



ที่มา: นันทนพิน และคณะ (2565)

ภาพที่ 5 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณโพรลีนในพันธุ์ข้าวในระยะเวลาเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อความหอมของข้าว จากการทดสอบความหอมของเมล็ดข้าวโดยวิธีการดมกลิ่น พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้เมล็ดข้าวมีกลิ่นหอมมากถึงหอมอ่อน ในขณะที่การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 90 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ กลิ่นหอมของเมล็ดข้าวที่ได้กลับมีกลิ่นหอมลดลงจนไม่มีกลิ่น และจากการศึกษาปริมาณโพรลีนที่แตกต่างกันทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง และระยะออกดอกพบว่า ปริมาณโพรลีนในใบข้าวในระยะแตกกอ และออกดอก มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างสามปัจจัยทั้งพันธุ์ข้าว การจัดการน้ำ และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนในระยะตั้งท้องพบว่า ปริมาณโพรลีน ทั้งในใบทั้งพันธุ์ BNM4 KDML105 และ SPR1 มี การตอบสนองต่อการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนในทิศทางเดียวกัน คือที่ระยะตั้งท้อง การปลูกในสภาพน้ำขังร่วมกับไนโตรเจนที่ 60 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ใบข้าวมีการสะสมโพรลีนสูงสุด ในขณะที่เดียวกันการเพิ่มไนโตรเจนในพันธุ์ข้าวหอมในสภาพไม่ขังน้ำไม่มีผลต่อการเพิ่มโพรลีน เมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 150 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์และในระยะตั้งท้องมีปริมาณโพรลีน ในใบสะสมมากที่สุดเมื่อเทียบกับระยะแตกกอและออกดอก และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 30 ถึง 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่มีผลต่อปริมาณสาร โพรลีนในใบข้าวที่ระยะแตกกอ ขณะที่ระยะตั้งท้องพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจาก 30, 60, 90 และ 120 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่มีผลต่อปริมาณสารโพรลีนในใบข้าว แต่เมื่อเพิ่มการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 150 และ 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้ปริมาณสารโพรลีนในใบเพิ่มขึ้น และมีค่ามากที่สุดเมื่อใส่ไนโตรเจนอัตรา 180 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่

เอกสารอ้างอิง

- ชุติมา วิริยา เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์ ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย ศันสนีย์ จำจด และ ต่อนภา ผุ
สดี.2565.ผลของการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณโปรลีนในใบในแต่ละระยะการเจริญ
เติบโตของข้าวหอมพื้นเมืองไทย.วารสารเกษตร. 38(3): 405 - 417
- นันทนพิน ปันธิ ศันสนีย์ จำจด ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์ และ ต่อนภา ผุ
สดี.2565. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณสารโปรลีน ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต คุณภาพ
เมล็ด และการแสดงออกของยีนในข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองไทย.วารสารเกษตร. 38(2): 265 – 277.
- รัตนา ม่วงรัตน์จารุวรรณ จินดากุล และ วรณัฐ อินันบุตร.2559. การสกัดร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2-
Acetyl-1-Pyrroline จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลลาตินในเซชันภายใต้สภาวะหม้อ
นึ่งอัดไอน้ำเพื่อใช้ เคลือบข้าวขาวพิจิตร. วารสารเกษตร. 33(2): 299-310.
- อรประภา อนุกุลประเสริฐ. (2559). ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของ
ข้าวหอม 6 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24,443–455.
- Amarawathi, Y., R. Singh, A.K. Singh, V.P. Singh, T.Mohapatra, T.R. Sharma and N. K. Singh.
2008. Mapping of quantitative trait loci for basmati quality traits in rice (*Oryza*
*sativa*L.). Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement 21(1):49-65.
- Arora, V.K. 2006. Application of a rice growth and water balance model in an irrigated
semi-arid subtropical environment. Agricultural Water Management 83(1-2): 51-57.
- Bao, G., U. Ashraf, C. Wang, L. He, X. Wei, A. Zheng and X. Tang. 2018. Molecular basis for
increased 2-acetyl-1-pyrroline contents under alternate wetting and drying (AWD)
conditions in fragrant rice. Plant Physiology and Biochemistry 133: 149-157.
- Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for
water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.
- Bogges, S.F., C.R. Stewart, D. Aspinall and L.G. Paleg. 1976. Effect of water stress on
proline synthesis from radioactive precursors. Plant Physiology 58(3): 398-401.
- Buttery, R.G., L.C. Ling and B.O. Juliano. 1982. 2-acetyl-1-pyrroline: An important
aroma component of cooked rice. Chemistry and Industry 12:958-959.
- Buttery, R.G., L.C. Ling, B.O. Juliano and J.G. Turnbaugh. 1983. Cooked rice aroma and
2-acetyl-1-pyrroline. Journal of Agricultural and Food Chemistry 31(4): 823-826.

- Chan-in, P., S. Jamjod, N. Yimyam and T. Pusadee. 2019. Diversity of BADH2 alleles and microsatellite molecules in highland fragrant rice landraces. *Journal of Agriculture* 35(1): 23-35. (in Thai)
- Chen S, Wu J, Yang Y, Shi W and Xu M (2006) The fgr gene responsible for rice fragrance was restricted within 69 kb. *Plant Sci* 171: 505–514.
- Climate Center. 2020. Volatility and Climate Change 2020. (Online). Available: <http://www.climate.tmd.go.th/content/file/2104> (March 28, 2022). (in Thai)
- Djaman, K., B.V. Bado and V.C. Mel. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on yield and nitrogen use efficiency of four aromatic rice varieties. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 28(2): 126-135.
- Frankel, O.H., A.H.D. Brown and J.J. Burdon. 1995. *The Conservation of Plant Biodiversity*. Cambridge University Press, Cambridge. 316 p.
- Gay, F., I. Maraval, S. Roques, Z. Günata, R. Boulanger, A. Audebert and C. Mestres. 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa*L.) in Camargue (France). *Field Crops Research* 117(1): 154-160.
- Harlan, J.R. 1992. *Crops and Man*. 2nd ed. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin. 284 p.
- Hayat, S., Q. Hayat, M.N. Alyemeni, A.S. Wani, J. Pichtel and A. Ahmad. 2012. Role of proline under changing environments: A review. *Plant Signaling & Behavior* 7(11): 1456-1466.
- Kongpun, A. and C. Thebault Prom-u-thai. 2021. Effects of nitrogen fertilizer on grain yield and fragrant contents in two Thai rice varieties. *OnLine Journal of Biological Sciences* 21(3): 206-212.
- Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouharmont. 1996. Effects of various salts and of mannitol on proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa*L.) callus cultures. *Journal of Plant Physiology* 149(1-2): 186-195

- Pinmanee, S. 2011. The aromatic highland rice “Buer Ner Moo”. pp. 357-368. In: Seminar of the group of Upper and Lower Northern Region Rice Research Center February 14-16, Phare. (in Thai)
- Rabiei, Z., N.M. Roshan, S.M. Sadeghi, E. Amiri and H.R. Doroudian. 2021. Effect of drought stress and different levels of nitrogen and potassium fertilizers on the accumulation of osmolytes and chlorophyll in rice (*Oryza sativa* L.). *Gesunde Pflanzen* 73(3): 287-296.
- Teh, C.Y., N.A. Shaharuddin, C.L. Ho and M. Mahmood. 2016. Exogenous proline significantly affects the plant growth and nitrogen assimilation enzymes activities in rice (*Oryza sativa*) under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 38: 151, doi: 10.1007/s11738-016-2163-1.
- Tejakum, P., S. Khumto, S. Jamjod, N. Yimyam and T. Pusadee. 2019. Yield, grain quality and fragrance of a highland fragrant rice landrace variety, Bue Ner Moo. *Khon Kaen Agriculture Journal* 47(2): 317-326. (in Thai)
- Thailand Water Situation. 2020. สืบค้น 14 สิงหาคม 2023, ที่มา : <https://www.thaiwater.net/current/YearlyReport2018/rain.html>
- Yang, S., Y. Zou, Y. Liang, B. Xia, S. Liu, M. Ibrahim, D. Li, Y. Li, L.Chen, Y. Zeng, L. Liu, Y. Chen, P. Li and J. Zhu. 2012. Role of soil total nitrogen in aroma synthesis of traditional regional aromatic rice in China. *Field Crops Research* 125: 151-160.
- Yoshihashi, T., N.T.T. Huong and H. Inatomi. 2002. Precursors of 2-acetyl-1-pyrroline, a potent flavor compound of an aromatic rice variety. *Journal of agricultural and food chemistry* 50(7): 2001-2004.
- Zhang, Z., S. Zhang, J. Yang and J. Zhang. 2008. Yield, grain quality and water use efficiency of rice under non-flooded mulching cultivation. *Field Crops Research* 108(1):71-81.
- Zhong, C., X. Cao, J. Hu, L. Zhu, J. Zhang, J. Huang and Q. Jin. 2017. Nitrogen metabolism in adaptation of photosynthesis to water stress in rice grown under different nitrogen levels. *Frontiers in Plant Science* 8: 1079, doi: 10.3389/fpls.2017.01079.

Zhong, Q. and X. Tang. 2014. Effect of nitrogen application on aroma of aromatic rice and their mechanism. Guangdong Agricultural Sciences 41(4): 85-87.