ผลกระทบของสภาพแวดล้อมและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวเหนียวก่ำพื้นเมือง

Environment and Nitrogen Effect on Growth, Yield and Total Phenolic Content of Native Purple Glutinous Rice

ลดาวัลย์ ตังวิวัฒนาธร และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา[1]

Ladawan Thangwiwattanatron and Sakda Jongkaewwattana[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การเจริญ ผลผลิตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวเหนียวก่ำภายใต้อิทธิพลของวันปลูก และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน โดยปลูกข้าวเหนียวก่ำจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ MHS 1 พันธุ์สะเมิง 3 พันธุ์ PGMHS 6 พันธุ์ PGMHS 15 และพันธุ์ PGMHS 17 ใน 3 วันปลูกคือ 1 กรกฎาคม, 1 สิงหาคม และ1 กันยายน พ.ศ.2552 ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย 3 อัตรา คือ 8, 16 และ 24 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ทำการทดลองที่แปลงสถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2552

จากผลการศึกษาพบว่า ระยะพัฒนาการของข้าวที่ปลูกในแต่ละวันปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน ค่าอุณหภูมิสะสมจากวันปลูกถึงวันที่สะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,986 1,623 และ 1,511 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเทียบเท่ากับ 104, 86 และ 82 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในเรื่องของค่าอุณหภูมิสะสมที่ใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งจากวันปลูกถึงน้ำหนักแห้งสูงสุด โดยพบว่าข้าวพันธุ์ PGMHS 17 และสะเมิง 3 มีค่าอุณหภูมิสะสมที่ใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งจากวันปลูกถึงน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1,739 องศาเซลเซียส (92 วัน) ส่วนพันธุ์ PGMHS 6 มีค่าอุณหภูมิสะสมที่ใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งจากวันปลูกถึงน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 1,667 องศาเซลเซียส (89 วัน)

สำหรับน้ำหนักแห้งสูงสุดของข้าวพ บว่ามีแนวโน้มลดลงตามวันปลูก ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ พบว่าข้าวพันธุ์ MHS 1 ที่ปลูกในวันที่ 1 กรกฎาคม มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1,033 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ทั้งนี้ข้าวทุกพันธุ์ที่ปลูกในเดือนกันยายนมีน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดในระดับต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 347 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องกับการให้ผลผลิตที่พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามวันปลูกเช่นกัน โดยข้าวที่ปลูกในเดือนกันยายนจะให้ผลผลิตต่ำสุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง ได้แก่ พันธุ์สะเมิง 3 ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม โดยมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 371 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าข้าวทุกพันธุ์ของทั้งสามวันปลูกที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่จะให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 232 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย 8 กิโลกรัม

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1] Department of Crop Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

ไนโตรเจนต่อไร่ ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 179 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของข้าวเหนียวก่ำที่ปลูกในแต่ละวันปลูกมีความแปรปรวนต่อการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้โดยพบว่าพันธุ์สะเมิง 3 ที่ปลูกในเดือนสิงหาคมที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 53.46 mg/mL ของ gallic acid นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าผลผลิตข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง

คำสำคัญ : ข้าวเหนียวก่ำ ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด ไนโตรเจน วันปลูก พันธุ์

Abstract

The objective of this study was to study growth and development of grain yield and total content of phenolic compound of purple glutinous rice under different planting date and nitrogen fertilizer level application. Five varieties of purple glutinous rice namely MHS 1, Samoeng 3, PGMHS 6, PGMHS 15 and PGMHS 17 were grown at July 1st, August 1st and September 1st in which 8, 16 and 24 kg.N/rai were applied. This study was conducted at irrigated field research station, Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University during July - December 2009.

It was found that there was significant difference in growth and development in terms of number of day from planting to reach till maximum biomass dry weight. There was a trend of decreasing of accumulated growing degree day required from planting till maximum biomass dry weight of rice planted in July to September. Accumulated growing degree day required were 1,986, 1,623 and 1,511 degree celcius respectively which equivalent to 104, 86 and 82 days after planting. It was also found that Samoeng 3 and PGMHS 17 required more accumulated growing degree day i.e. 1,739 degree celcius (92 days after planting) than other varieties used in this study. PGMHS 6 required least amount of growing degree day from planting till maximum biomass dry weight which were 1,667 degree celcius (89 days)

There was a tendency of decreasing in maximum biomass weight along with planting date. The MHS 1 planted in July 1st obtained highest biomass weight which was 1,033 kg per rai. All rice varieties planted September 1st gain less biomass weight (347 kg per rai) than those of planted in July and August. Similarly grain yield also found decreasing along with planting date in which rice planted in September had average grain yield of 43 kg per rai. Samoeng 3 planted on July 1st produced highest grain yield i.e. 371 kg per rai. It was also found that nitrogen fertilizer application could enhance grain yield. Average grain yield of rice under application of nitrogen fertilizer at 16 and 24 kg.N per rai was higher (232 kg per rai) than that of applying 8 kgN per rai (179 kg per rai). Research result also pointed out that there was great variation grain total phenolic content under different planting dates and nitrogen fertilization levels. Samoeng 3 planted on August 1st with 24 kgN per rai applied produced greatest grain total phenolic content i.e 53.46 mg/ml of gallic acid. Correlation analysis result suggest that there was positive correlation between grain yield with harvest index, number of tiller per hill, number of panicle per hill and number of fertile grain per panicle.

Key Words : glutinous purple rice, total phenolic content, nitrogen, planting date, varieties

บทนำ

โดยทั่วไปแล้ววันปลูกที่เหมาะสม (optimum planting date) ของพืชไร่แต่ละชนิดในแต่ละท้องที่มักจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่น พืชที่ตอบสนองต่อวันสั้น เช่น ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองถ้านำไปปลูกในช่วงที่ไม่ใช่วันสั้นของปีก็จะมีผลกระทบทำให้ไม่ติดดอกออกผล (ทรงเชาว์, 2528) เฉลิมพล (2540) รายงานว่า ข้าวเป็นพืชที่มีการตอบสนองต่อความยาวของวัน วันปลูกยังมีอิทธิพลต่อระยะพัฒนาการของข้าวในระยะออกดอก และระยะสุกแก่ รวมทั้งมีผลต่อวันที่ปรากฏน้ำหนักแห้งสูงสุด น้ำหนักแห้งสูงสุดและ อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นและใบ (สมเจตต์, 2544) Hsiao (1982) รายงานว่าการกำหนดวัน ปลูกนั้นควรจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และการกระจายของน้ำฝน ทั้งนี้ต้องพยายามหลีกเลี่ยงการขาดแคลนน้ำในระยะ การเจริญเติบโตทางสืบพันธุ์หรือ 20 วันก่อนออกดอกถึง 10 วันหลังออกดอก โดยพบว่าในระยะผสมเกสรเป็นระยะที่ข้าวอ่อนแอต่อการขาดน้ำมากที่สุด

มีการศึกษา พบว่า ข้าวเหนียวก่ำมีความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดโดยเฉพาะปริมาณสารฟีนอลิก (สายบัว, 2552) นอกจากพันธุกรรมจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวก่ำแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการกำหนดวันปลูกที่เหมาะสม และปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญ และการสร้างผลผลิต ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นใบ และรวงของข้าวเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยไนโตรเจน (แขสุมาลย์, 2543) ในปัจจุบันพบว่าผลผลิตต่อไร่ของข้าวเหนียวก่ำค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เพราะข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง และไวต่อช่วงแสง รวมทั้งการจัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น วันปลูกหรือการจัดการปุ๋ยอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญ และการสร้างผลผลิต ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมและไนโตรเจนต่อการเจริญ ผลผลิต รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compound) ของข้าวเหนียวก่ำ โดยเน้นถึงสหสัมพันธ์ ระหว่างวันปลูก และปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อสามารถที่จะนำผลการศึกษาไปใช้ในการพิจารณาวันปลูกของข้าวเหนียวก่ำ ที่เหมาะสมและการจัดการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่พอเหมาะเพื่อจะเป็นการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ โดยเฉพาะปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งเป็นกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองที่แปลงสถานีวิจัยเกษตร เขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ strip-split plot design จำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ horizontal strip เป็นวันปลูก 3 วันปลูก คือ 1 กรกฎาคม 1 สิงหาคม และ 1 กันยายน vertical strip คือพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำ 5 พันธุ์ (ตารางที่ 1) และกำหนดให้ sub-sub plot เป็นอัตราปุ๋ยยูเรีย 3 อัตรา คือ 8, 16 และ 24 กก.ไนโตรเจน /ไร่ โดยทำการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละเท่าๆ กัน ครั้งแรกใส่ในระยะข้าวเริ่มแตกกอ และครั้งที่สองใส่ปุ๋ยในระยะกำเนิดช่อดอก ในแต่ละวันปลูกทำการเตรียมดินในแปลงย่อยขนาด 2 × 3.5 เมตร โดยใช้ระยะปลูก 0.25 × 0.25 เมตร หยอด 3-5 เมล็ดต่อหลุม การให้น้ำอาศัยน้ำฝนและในระหว่างการดำเนินการทดลองมีการดูแลควบคุมและการป้องกันศัตรูพืชตามความเหมาะสม

ระหว่างการทดลองทำการบันทึกข้อมูล การเจริญ โดยสุ่มตัวอย่างข้าวจำนวน 1 กอ เพื่อหาน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพตามระยะการเจริญเติบโตได้แก่ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะกำเนิดช่อดอก ระยะตั้งท้อง ระยะแทงช่อดอก และระยะสุกแก่ แล้วนำมาแยกออกเป็นส่วน ๆ ประกอบด้วยส่วนลำต้น ใบ หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง ทำการหาค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดและวันที่สะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด โดยการประเมินจากสมการโพลิโนเมียล กำลังสาม (3^{rd} order Polynomial)

เมื่อถึงระยะสุกแก่ของข้าวแต่ละพันธุ์ ทำการเก็บเกี่ยวตัวอย่างในพื้นที่ 1 ตารางเมตร และนำมานับจำนวนกอต่อพื้นที่ก่อนทำการนวด และทำความสะอาดเมล็ด จากนั้นชั่งหาน้ำหนักผลผลิตรวมถึงน้ำหนักฟางแห้ง เพื่อคำนวณหาผลผลิตและคำนวณหาค่าดัชนีเก็บเกี่ยว

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic) ทำการเก็บตัวอย่างเมล็ดข้าวในระยะเก็บเกี่ยวแล้วนำมาแยกส่วนของแกลบ และเมล็ดออกจากกันแล้ววิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดข้าวกล้องตามวิธีการ Folin-ciocalteu method (Nakornriab *et al*., 2007) โดยแสดงผลเป็นหน่วยมิลิกรัมของ gallic acid equivalent

คำนวณค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน (growing degree day) โดยนำข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลอากาศอัตโนมัติ (HOBO Proseries) เพื่อใช้เป็นค่ากำหนดระยะพัฒนาการ

ตารางที่ 1 พันธุ์ข้าวเหนียวก่ำที่ใช้ในการศึกษา

ชื่อพันธุ์	แหล่งที่มา
MHS 1	ศูนย์วิจัยข้าว แม่ฮ่องสอน
สะเมิง 3	ศูนย์วิจัยข้าว สะเมิง
PGMHS 6	ศูนย์วิจัยข้าว แม่ฮ่องสอน
PGMHS 15	ศูนย์วิจัยข้าว แม่ฮ่องสอน
PGMHS 17	ศูนย์วิจัยข้าว แม่ฮ่องสอน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเจริญ ผลผลิตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลจากการศึกษาด้านพัฒนาการของข้าว (ตารางที่ 3) พบว่า ระยะพัฒนาการจากวันปลูกถึงวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของข้าวทุกพันธุ์ มีค่าอุณหภูมิสะสมเฉลี่ย ลดลงตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป โดยวันปลูกที่ 1 กรกฎาคมมีค่าอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยที่ใช้ในระยะพัฒนาการจากวันปลูกถึงวันที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,986 องศาเซลเซียส ซึ่งเทียบเท่ากับจำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 104 วัน ส่วนวันปลูกที่ 1 สิงหาคมและ 1 กันยายน มีค่าอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยเท่ากับ1,623 และ 1,511 องศาเซลเซียส เทียบเท่ากับจำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 86 และ 82 วันตามลำดับ สอดคล้องกับ อัจฉรา (2551) ที่พบว่าวันปลูกมีผลต่อระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำเป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง เมื่อมีการเจริญเติบโตทางต้น และใบแต่ยังไม่สามารถให้กำเนิดช่อดอกได้เนื่องจากช่วงแสงของวันไม่เหมาะสม ดังนั้น ข้าวจะเจริญเติบโตทางต้น และใบไปเรื่อย ๆ ซึ่งส่งผลต่อการยืดระยะเวลาของการเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ ดังผลที่แสดงให้เห็นว่าข้าวที่ปลูกในวันที่ 1 กรกฎาคมจะมีระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบยาวนานก่อนที่จะเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอก ส่วนข้าวที่ปลูกในเดือน สิงหาคม และกันยายน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ใกล้วันสั้นจึงมีระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งสั้นลง เนื่องจากข้าวเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์เร็ว นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ของระยะ พัฒนาการจากวันปลูกถึงวันที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุด (ตารางที่ 4) โดยพบว่าพันธุ์ PGMHS17 และพันธุ์สะเมิง 3 ต้องการอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยที่ใช้ในระยะพัฒนาการจากวันปลูกถึงวันที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,747 1,732 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเทียบเท่ากับจำนวนสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 92 วัน ซึ่งมากกว่าพันธุ์ MHS1 และพันธุ์ PGMHS 15 ที่ต้องการอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยที่ใช้ในระยะพัฒนาการจากวันปลูกถึงวันที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,694 องศาเซลเซียส

ซึ่งเทียบเท่ากับจำนวนสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 90 วัน ส่วนพันธุ์ PGMHS 6 ต้องการอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยที่ใช้ในระยะพัฒนาการจากวันปลูกถึงวันที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,667 องศาเซลเซียส เทียบเท่ากับจำนวนสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 89 วัน ซึ่งความแตกต่างนี้แสดงถึงการพัฒนา การที่ควบคุมโดยพันธุกรรม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิสะสม น้ำหนักแห้งสูงสุด อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง ผลผลิต และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

แหล่งความแปรปรวน	ค่าอุณหภูมิสะสมสำหรับการพัฒนาต้นและใบ	น้ำหนักแห้งสูงสุด	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง	ผลผลิต	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
วันปลูก (A)	*	*	**	**	**
พันธุ์ (B)	*	*	*	*	**
A x B	ns	*	ns	**	**
อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (C)	ns	*	**	**	**
A x C	ns	ns	ns	ns	**
B x C	ns	ns	ns	ns	**
A x B x C	ns	ns	ns	ns	**
CV % (A)	8.26	41.39	39.50	49.89	3.24
CV % (B)	6.65	26.57	25.93	32.88	4.61
CV % (A x B)	5.69	35.81	36.97	25.98	3.43
CV % (A x B x C)	5.44	30.32	29.95	34.54	3.76

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$

ตารางที่ 3 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสะสม (องศาเซลเซียส) ในแต่ละวันปลูก

วันปลูก	อุณหภูมิสะสม (°C)	จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย
1-ก.ค.	1986 a	104
1-ส.ค.	1623 b	86
1-ก.ย.	1511c	82

$LSD_{(0.05)}$ พันธุ์ = 71.27

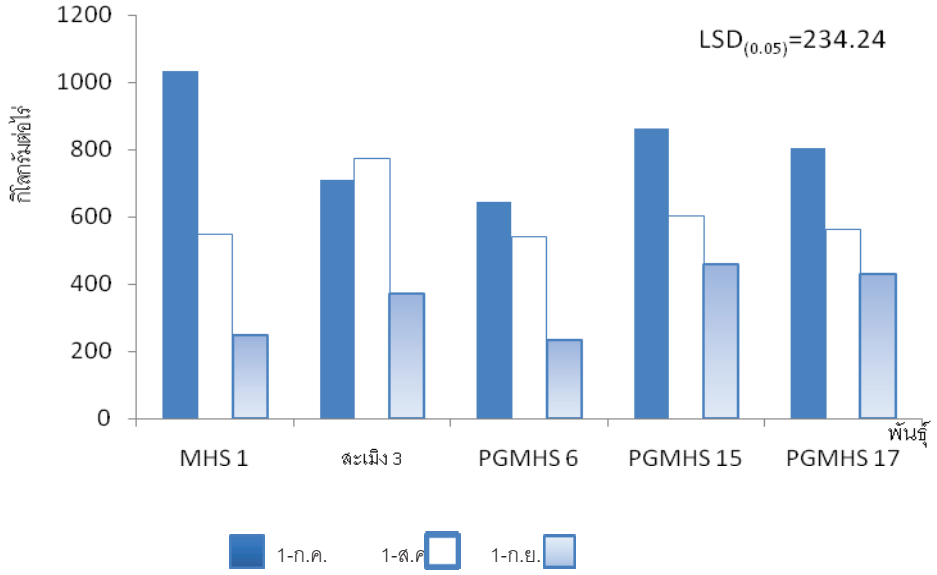
ตารางที่ 4 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสะสม (องศาเซลเซียส) ของข้าวเหนียวก่ำทั้ง 5 พันธุ์

พันธุ์	อุณหภูมิสะสม (°C)	จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย
MHS1	1694b	92
สะเมิง 3	1732a	93
PGMHS 6	1667c	89
PGMHS 15	1694b	90
PGMHS 17	1747a	94

$LSD_{(0.05)}$ วันปลูก = 82.57

จากการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งสูงสุดพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวันปลูก และพันธุ์ (ภาพที่ 1) โดยพบว่า ข้าวทุกพันธุ์ มีแนวโน้มของการลดลงของน้ำหนักแห้งสูงสุดเมื่อวันปลูกล่าออกไปจากเดือนกรกฎาคม โดยข้าวที่ปลูกในเดือนกันยายนมีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด สำหรับข้าวที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งต้น และใบสูงสุดได้แก่ พันธุ์ MHS1 ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม โดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 1,033 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนข้าวพันธุ์อื่นนั้นพบว่า วันปลูกในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 687 กิโลกรัมต่อไร่ การที่ข้าวมีน้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ยลดลงตามเดือนปลูกที่ล่าออกไปนั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ จิรวัฒน์ (2544) ที่พบว่า ข้าวพันธุ์ไวแสงที่ปลูกในเดือนมิถุนายนถึงกันยายน มีการสะสมน้ำหนักแห้งลดลงตามลำดับ ทั้งนี้เป็นไปได้เพราะข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวพันธุ์ไวแสงที่จะเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอกในเดือนกันยายน ดังนั้นข้าวที่ปลูกก่อนจะมีระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากกว่าข้าวที่ปลูกใกล้ระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนกันยายน ส่งผลให้มีการสะสมน้ำหนักต้น และใบสูงกว่า ผลการศึกษายังพบว่า อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน) ของข้าวนั้น ลดลงตามวันปลูกที่ล่าออกไป (ตารางที่ 5) ซึ่งอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งสูงสุดต่อระยะเวลาการสะสมน้ำหนัก ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดที่ลดลงตามวันปลูกที่ล่าออกไป ดังนั้น ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าส่วนของน้ำหนักแห้งสะสมของแต่ละวันปลูกลดลงมาก ในขณะที่จำนวนวันที่ใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งการปลูกข้าวในวันปลูกแรก ๆ นั้น นอกจากข้าวจะมีโอกาสในการสะสมน้ำหนักต้นและใบในช่วงระยะเวลายาวนานก่อนเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอก ปัจจัยที่อาจส่งผลให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงขึ้น เป็นไปได้เพราะอุณหภูมิและช่วงแสง ซึ่งข้าวที่ปลูกในวันแรก ๆ จะได้รับช่วงแสงที่ยาวนาน ประกอบกับมีอุณหภูมิที่สูง จึงส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงที่มากขึ้น (จักรี, 2540) นอกจากนั้นยังพบว่าการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนสามารถทำให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) ทั้งนี้เพราะปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการสังเคราะห์แสง (Matsushima *et al.*, 1963) จึงทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ ที่

เป็นแหล่งสังเคราะห์สารอาหาร (source) เพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับธีรเดช (2542) ที่พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ข้าวมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์ยังพบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน (ตารางที่ 7) โดยพันธุ์ MHS 1 ,PGMHS 15, PGMHS 17 และพันธุ์สะเมิง 3 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 6.41 6.97 6.32 6.65 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ PGMHS 6 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง เฉลี่ยเท่ากับ 5.24 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะลักษณะทางพันธุกรรมที่ส่งผลให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน



ภาพที่ 1 น้ำหนักแห้งสูงสุดของข้าวเหนียวก่ำ 5 พันธุ์ภายใต้วันปลูกที่ต่างกัน

ตารางที่ 5 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง ในแต่ละวันปลูก

วันปลูก	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน)
1 กรกฎาคม	7.72 a
1 สิงหาคม	7.03 a
1 กันยายน	4.19 b

$LSD_{(0.05)}$ = 1.46

ตารางที่ 6 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน)
8	5.48 b
16	6.72 a
24	6.75 a

$LSD_{(0.05)}$ = 0.79

ตารางที่ 7 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวเหนียวก่ำ 5 พันธุ์

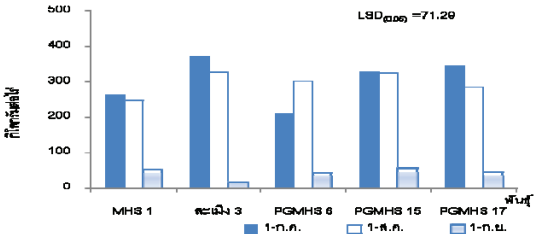
พันธุ์	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน)
MHS 1	6.41 a
สะเมิง 3	6.65 a
PGMHS 6	5.24 b
PGMHS15	6.97 a
PGMHS 17	6.32 a

$LSD_{(0.05)}$ = 1.02

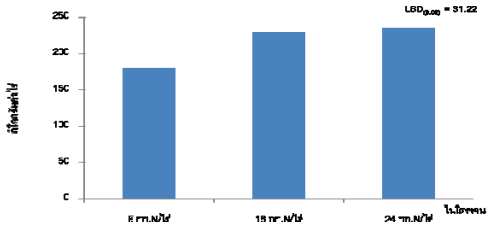
ในส่วนของผลผลิต พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ และวันปลูก (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งสูงสุด กล่าวคือ ผลผลิตของข้าวทุกพันธุ์ที่ปลูกในเดือนกันยายนจะได้ผลผลิตต่ำสุด ทั้งนี้เป็นไปได้จากสาเหตุสองประการ ได้แก่ การที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยในวันปลูกเดือนกันยายน ซึ่งน้ำหนักแห้งดังกล่าวถือเป็นแหล่งผลิตสารสังเคราะห์ เมื่อแหล่งผลิตมีน้อยจึงทำให้มีการส่งถ่ายสารสังเคราะห์ไปสะสมยังเมล็ดน้อยตามไปด้วย ประการที่สอง ถึงแม้ว่าข้าวจะเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอกพร้อมกัน แต่ในขณะเดียวกันพบว่าจะมีการพัฒนาของรวงที่ช้ากว่าเนื่องจากในระยะเริ่มสร้างรวงอ่อน ระยะแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์ และระยะพัฒนาการของเกสร มีอุณหภูมิต่ำ จึง ทำให้เกิดการผสมเกสรช้ากว่าและมีโอกาสที่จะเกิดเมล็ดลีบมากกว่า (IRRI, 1979.; Gupta and O'Toole, 1986) สอดคล้องกับสมเจตต์ (2544) ที่พบว่าถ้าข้าวเข้าสู่ระยะผสมเกสรในช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะส่งผลให้เมล็ด เป็นหมัน

ในส่วนของความแตกต่างระหว่างพันธุ์นั้นพบว่า ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง คือ พันธุ์สะเมิง 3, PGMHS 15 และ PGMHS 17 โดยมีค่าผลผลิตเฉลี่ยจากวันปลูกกรกฎาคม และสิงหาคม เท่ากับ 349, 327 และ 314 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ PGMHS 6 พบว่า ผลผลิตสูงสุดได้มาจากข้าวที่ปลูกในเดือนสิงหาคม โดยมีผลผลิตเท่ากับ 301 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนั้นยังพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 3) โดยผลผลิตเฉลี่ยของข้าวที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เท่ากับ 179 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 232 กิโลกรัมต่อไร่

จากการวิเคราะห์ผลผลิตของข้าว พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว จำนวนรวงต่อกอ จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง (ตารางที่ 8) ซึ่งเป็นองค์ประกอบผลผลิต โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการให้ผลผลิตเป็นผลลัพธ์มาจากองค์ประกอบของผลผลิต ดังนั้นการที่จะได้ผลผลิตที่สูงก็จะต้องมีองค์ประกอบผลผลิตที่สูง (ทรงเชาว์, 2528) ดังนั้นในการเพิ่มผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำจะต้องคำนึงถึง ถึงการจัดการที่เหมาะสม เช่นการกำหนดวันปลูก และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อส่งเสริมให้เพิ่มองค์ประกอบผลิตที่สัมพันธ์กับผลผลิตดังกล่าว อย่างไรก็ตามการเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้โดยการเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัว แต่การเพิ่มตัวใดตัวหนึ่งอาจมีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิตตัวอื่นเปลี่ยนแปลงไป เมื่อองค์ประกอบผลผลิตตัวหนึ่งลดลงถูกแทนที่ด้วยองค์ประกอบตัวอื่น ตามกฎของการทดแทน (Law of Compensation) (Yoshida, 1981)



ภาพที่ 2 ผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำในแต่ละวันปลูก



ภาพที่ 3 ผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

	HI	Panicle	Wt_1000	Fertile	Tiller	Sterile
Panicle	0.4091**	-	-	-	-	-
Wt_1000	0.5188**	0.3669**	-	-	-	-
Fertile	0.5764**	0.5906**	0.5255**	-	-	-
Tiller	0.2016**	0.8593**	0.2761*	0.5039*	-	-
Sterile	-0.7110**	-0.4431**	-0.5374**	-0.5451**	-0.3003**	-
Yield	0.6833**	0.6920**	-	0.6048**	0.8537**	-0.6296**

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) HI = ดัชนีการเก็บเกี่ยว, Fertile= เมล็ดดีต่อรวง, Panicle = จำนวนรวงต่อต้น, Sterile = เมล็ดลีบต่อรวง, Wt_1000 = น้ำหนัก 1,000 เมล็ด, Tiller = จำนวนหน่อต่อกอ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ด (ตารางที่ 9) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง วันปลูก อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และพันธุ์ โดยพบว่า ข้าวที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดในพันธุ์ PGMHS 17 ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.27 mg/mL ของ gallic acid รองลงมาคือ พันธุ์ PGMHS 6 ที่อัตราปุ๋ย 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.02 mg/mL ของ gallic acid สำหรับพันธุ์ MHS 1 มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 อัตราปุ๋ย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.95 mg/mL ของ gallic acid ส่วนข้าวที่ปลูกในเดือนสิงหาคมนั้น พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวทุกพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่ โดยข้าวพันธุ์สะเมิง 3 มีปริมาณประกอบฟีนอลิกสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ รองลงมาได้แก่พันธุ์ PGMHS15 และ PGMHS 17 ที่อัตราปุ๋ย 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.85 และ 43.39 mg/mL ของ gallic acid ตามลำดับ ส่วนข้าวที่ปลูกในเดือนกันยายนนั้น พบว่าพันธุ์ MHS 1 สะเมิง 3 และ PGMHS 6 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำในทุกๆอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ แต่พบว่าพันธุ์ PGMHS 17 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.93 mg/mL ของ gallic acid รองลงมาคือพันธุ์ PGMHS 15 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.80 mg/mL ของ gallic acid ความแปรปรวนของการสะสมสารฟีนอลิคในเมล็ดนั้นมีสาเหตุมาจากพันธุกรรมของข้าวที่มีศักยภาพในการสร้างและสะสมสารฟีนอลิคในเมล็ดที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสายบัว (2552) ที่พบความหลากหลายดังกล่าว นอกจากนั้นการจัดการ เช่น ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลต่อการสร้างสารประกอบฟีนอลิคเช่นกัน โดย Kestitalo (2003) พบว่าการใส่

ปุ๋ยไนโตรเจนลดการสะสมของสารประกอบฟีนอลิกในข้าว แต่ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าในข้าวบางพันธุ์นั้น การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนส่งเสริมการเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดได้ ทั้งนี้เป็นไปได้เพราะศักยภาพของพันธุ์ดังกล่าว ตอบสนองต่อการสร้างและสะสมสารประกอบฟีนอลิกในสภาพที่มีปุ๋ยไนโตรเจนสูง หรือไนโตรเจนส่งผลต่อการเพิ่มแหล่งสร้างสารสังเคราะห์ทั้งต้น และใบ ซึ่งสามารถส่งผลต่อการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกจากต้นและใบ และเคลื่อนย้ายไปสู่เมล็ดได้มากขึ้น

ตารางที่ 9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg/ml ของ gallic acid) ของข้าวเหนียวก่ำภายใต้วันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน

พันธุ์	1 กรกฎาคม				1 สิงหาคม				1 กันยายน			
	8 กก. N/ไร่	16 กก. N/ไร่	24 กก. N/ไร่	เฉลี่ย	8 กก. N/ไร่	16 กก. N/ไร่	24 กก. N/ไร่	เฉลี่ย	8 กก. N/ไร่	16 กก. N/ไร่	24 กก. N/ไร่	เฉลี่ย
PGMHS 1	30.19	31.24	28.43	29.95	29.87	29.44	36.92	32.08	23.92	16.66	28.49	23.02
สะเมิง 3	29.02	16.34	24.31	23.22	35.88	40.59	53.46	43.31	19.87	14.7	5.1	13.22
PGMHS 6	26.07	39.02	21.69	28.93	18.23	30.78	26.73	25.25	24.7	16.23	24.11	21.68
PGMHS 15	25.16	32.41	36.92	31.50	34.83	41.89	40.32	39.01	46.8	24.11	35.94	35.62
PGMHS 17	43.27	36.40	38.69	39.45	40.13	43.39	31.5	38.34	43.92	41.11	49.93	44.99

$LSD_{(0.05)} = 2.20$

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองที่ศึกษาเป็นข้าวพันธุ์ไวแสงที่ตอบสนองต่อช่วงวันสั้น ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า การปลูกเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน ข้าวเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอกใกล้เคียงกัน คือ เดือนกันยายน การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่สามารถที่จะทำให้ข้าวที่ปลูกให้ผลผลิตหรือคุณภาพเมล็ดที่ดีขึ้นได้ โดยทั่วไปวันปลูกที่เหมาะสมของข้าวเหนียวก่ำ จะอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม ทั้งนี้เพราะจะมีช่วงระยะ เวลาการเจริญเติบโตทางต้น และใบก่อนถึงระยะกำเนิดช่อดอกที่เหมาะสม ถึงแม้การปลูกเดือนกรกฎาคม ให้ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดไม่แตกต่างจากการปลูกในเดือนสิงหาคมทางสถิติ แต่การปลูกทั้งสองเดือนนี้ ข้าวจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ผลผลิตที่ได้สูงสุดอยู่ที่การใส่ปุ๋ยในอัตรา 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ถึงแม้การปลูกในเดือนกรกฎาคมจะมีน้ำหนักมวลชีวภาพที่มากกว่า แต่ผลผลิตไม่แตกต่างกับการปลูกในเดือนสิงหาคม สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดนั้น พบว่า มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ และระดับของปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เป็นไปได้เพราะศักยภาพของพันธุ์ที่สามารถรองรับไนโตรเจนในการที่จะส่งเสริมการสร้างและสะสมสารประกอบฟีนอลิก

เอกสารอ้างอิง

แขสุมาลย์ จันทร์เครือญาติ. 2543. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่มีต่อคุณภาพการสีและคุณค่าทางโภชนาการของข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จักรี เส้นทอง. 2540. พลวัตผลผลิตพืช..เชียงใหม่ : ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 327 น.

จิรวัฒน์ เวชแพศน์. 2544. วิเคราะห์การใช้แบบจำลอง CERES-Rice 3.5 เพื่อศึกษาอิทธิพลของภูมิอากาศ และพันธุกรรมที่มีต่อผลผลิตข้าวในการใช้วิจัยเชิงระบบวิเคราะห์อิทธิพลปัจจัยต่อผลผลิตและคุณภาพการสี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. เชียงใหม่ : ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2528. การเพาะปลูกขั้นสูง. เชียงใหม่ : สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีรเดช ปัญญาแก้ว. 2542. การตอบสนองของข้าวข้าวดอกมะลิ 105 ต่อปุ๋ยไนโตรเจนภายใต้สภาวะการเตรียมดินน้อย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สายบัว เข็มเพชร. 2552. ลักษณะทางพืชไร่ของข้าวเหนียวก่ำพื้นเมืองที่สัมพันธ์กับผลผลิตและสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด. *ใน* ***รายงานการสัมมนาวิชาการบัณฑิตศึกษา เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 6*** วันที่ 27 พฤศจิกายน 2552. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมเจตต์ ซิ้มเจริญ. 2544. การเปรียบเทียบแบบจำลอง CERES-RICE และ SIMRIW และการประเมินศักยภาพผลผลิตของข้าวในที่ราบลุ่มจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัจฉรา พิงทะวงศ์กุล. 2551. การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวเหนียวก่ำ (*Oryza sativa L.*) ที่สัมพันธ์กับการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Gupta, P.C., and J.C. *O'Toole*.1986. Upland rice an global perspective. Los Banos Internation Rice Research Institute.

Hsiao. 1982. อ้างโดย สุจิตร ใจจิตร. 2533. การตอบสนองของข้าวไร่ต่อวันปลูกในแง่ของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของผลผลิตและลักษณะทางสัณฐานวิทยา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรปริญามหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

International Rice Research Institute. 1979. ***Annual report for 1978.*** Los Banos, The Philippines. 478 p.

Keskitalo, M. 2003. The effect of fertilization on the production of Phenolic compounds. *In* ***Nordic Association of Agriculture Scientists*** 22nd Congress, July 1-4, 2003.

Matsushima, M., R. Ito, T. Takasae, T. Nomoto and N. Yamada, 1963. ***Theory and practices of growing rice.*** overseas. Thech. Cooper. Agene.

Nakornriab, M., S. Wongpornchai, T. Sriseadka, K. Piticha, A. Vannavichit and T. Osawa. 2007. Antioxidant activities and major anthocyanin components of bran extracts from some black rice cultivars. ***Phytochemical Analysis***.

Yoshida, S. 1981. ***Fundamentals of Rice Crop Science.*** Los Banos : Internation Rice Research Institute.