

การตอบสนองของพันธุ์ข้าวเหนียวดำ ภายใต้การจัดการปุ๋ย และถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม

Response of purple glutinous rice genotypes under different fertilizer and biochar managements in saline soil

ปรเมศ บรรเทิง^{1,2*}, วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ¹, เกษสุดา เดชภิมล³ และ พุทธชาติ คพันธ์¹

Poramate Banterng^{1,2*}, Wanwipa Kaewpradit Polpinit¹, Ketsuda Dejbhimon³
and Puttachat Kapan¹

บทคัดย่อ: ผลผลิตต่อพื้นที่ของข้าวเหนียวดำค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวดำภายใต้การจัดการปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้ถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม ทำการทดลอง ในฤดูนาปี 2556 ที่แปลงเกษตรกรรมที่มีปัญหาดินเค็ม ที่ตำบลบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น โดยศึกษา 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ พันธุ์/สายพันธุ์ข้าวเหนียวดำ 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์เหนียวดำ Gs.no.00621 พันธุ์เหนียวดำ Gs.no.09475 และสายพันธุ์ KKU-GL-BL-05-043 ส่วนปัจจัยที่สอง คือ การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพ 7 วิธี ทำการศึกษาในลักษณะ 3 x 7 factorial experiment โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) มี 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 3 x 5 เมตร และใช้ระยะปลูก 30 x 25 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลทางอูตุนิยมวิทยา ข้อมูลคุณสมบัติของปุ๋ยคอก ข้อมูลดินก่อนการเตรียมดินและหลังเก็บเกี่ยวข้าว และบันทึกข้อมูลพืชผลการทดลองซึ่งให้เห็นว่า การตอบสนองของพันธุ์/สายพันธุ์ ในลักษณะจำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง เมล็ดดี (%) เมล็ดลีบ (%) ความสูง ความยาวรวง อายุวันออกดอก 75% น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต ในแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกัน ข้าวทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง และอายุวันออกดอก 75% แตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมล็ดดี (%) และเมล็ดลีบ (%) ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ทำให้จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1.6 ตัน/ไร่ น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีผลทำให้ลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตสูง อีกทั้งไม่แตกต่างทางสถิติจากวิธีการจัดการอื่นที่ทำให้มีผลผลิตสูงที่สุด

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำ, ดินเค็ม, ถ่านชีวภาพ, ปุ๋ยคอก, ปุ๋ยเคมี

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

² ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Plant Breeding Research Center for Sustainable Agriculture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

³ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Agricultural Research and Development Center in Northeast, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: bporam@kku.ac.th

ABSTRACT: Productivity of black glutinous rice is rather low, especially in saline soils. The objective of this research was to study on growth and yield of black glutinous rice under different managements of organic fertilizer, inorganic fertilizer and biochar in a saline soil. The experiment was conducted during rainy season in 2013 at a farmer field in Ban Had district, Khon Kaen that has saline soil problem. The experiment consisted of two factors. The first factor was three genotypes of black glutinous rice (Niewdam Gs.no.00621, Niewdam Gs.no.09475 and KGU-GL-BL-05-043). The second factor was seven different fertilizers and biochar managements. The experiment was 3 x 7 factorial experiment in randomized complete block (RCB) design with three replications. Plot size was 3 x 5 m. and plant spacing was 30 x 25 cm. The record data included meteorological data, cattle manure property, soil property at before planting and after harverting and crop data. The results indicated that the responses of three genotypes based on no. of plants/hill, no. of panicles/hill, no. of grains/panicle, percentage of filled and un-filled grains, plant height, panicle length, 75% flowering date, 1,000-grain weight and yield to different fertilizer and biochar managements were not significant differences. However, among three rice genotypes, there were significant difference in no. of plants/hill, no. of panicles/hill, no. of grains/panicle and 75% flowering date. But there was no significant difference for percentage of filled and un-filled grains, plant height, panicle length, 1,000-grain weight and yield. Using of biochar at a rate of 500 and 1,000 kg/rai with application of cattle manure at a rate of 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at a rate of 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai gave high values of no. of plants/hill, no. of panicles/hill, no. of grains/panicle, plant height, panicle length, 1,000-grain weight and yield. However, using of biochar at a rate of 500 kg/rai with cattle manure at a rate of 1.6 ton/rai would be the suitable management when compare with the other management practices, because this management produced high values of agronomic traits and yield with no statistical difference from the other management practices.

Keywords: Purple glutinous rice, saline soil, biochar, cattle manure, chemical fertilizer

บทนำ

ข้าวเหนียวดำหรือข้าวกำ คือ ข้าวเหนียวที่มีเมล็ดสีดำ หรือแดงกำ เป็นข้าวที่นิยมนำมาบริโภคในรูปแบบของอาหารหวาน เช่น ข้าวหลาม ข้าวแต่น ข้าวเหนียวสังขยา หรืออาหารเพื่อสุขภาพ เช่น ธัญญาหารข้าวเหนียวดำอบกรอบ เครื่องดื่มธัญญาหารข้าวเหนียวดำ เครื่องดื่มชีวจิต หรือใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง เช่น สบู่ ยาสระผม ครีมนวดผม และครีมทาผิว (สมวงษ์, 2546) ลักษณะของเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) ที่มีสีดำ หรือแดงกำเป็นลักษณะที่แตกต่างจากข้าวเหนียวขาวโดยทั่วไป ซึ่งเยื่อหุ้มเมล็ดนี้เกิดจากการสังเคราะห์รงควัตถุชนิดหนึ่งเรียกว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanin) (ปรเมศ และคณะ, 2552) ซึ่งเป็นสารสีที่มีคุณค่าทางอาหารเสริมสุขภาพ เช่น การต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดปริมาณคอเลสเตอรอล และต่อต้านการเกิดมะเร็ง (กนกพร, 2545) นอกจากนี้แล้วในข้าวเหนียวดำยังมีสารแกมมาออร์ซานอลสูง (gamma oryzanol) ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยต้านทานอนุมูลอิสระ ป้องกันการอักเสบ และเพิ่มภูมิคุ้มกัน (นารัตน์ และคณะ, 2551; พันทิพา และคณะ, 2551; อัญชลี และคณะ, 2556; Ryu et al.,

1998; Boonsit et al., 2010) ลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากอาหารสู่ร่างกาย ลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับ ยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร และการรวมตัวของเกล็ดเลือด (ดำเนิน และคณะ, 2545; Cicero and Gaddi, 2001) ปัจจุบันประชาชนหันมานิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ข้าวเหนียวดำจึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ

พื้นที่ปลูกข้าวเหนียวดำส่วนใหญ่จะอยู่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่เกษตรกรใช้ปลูกจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เมืองที่ยังมิได้มีการปรับปรุงพันธุ์ และมีผลผลิตค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับข้าวเหนียวขาวพันธุ์ปรับปรุงที่นิยมปลูก เช่น กข6 เป็นต้น (นารัตน์ และคณะ, 2551; ปรเมศ และคณะ, 2552; อัญชลี และคณะ, 2556) อีกทั้งในบางพื้นที่ปลูกมีปัญหาเกี่ยวกับดินเค็ม โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ที่ตำบลบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตข้าวเหนียวดำ/ไรต่ำเช่นกัน การเลือกใช้พันธุ์และการจัดการผลิตที่เหมาะสมกับพื้นที่ดินเค็มสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวเหนียวดำได้ ดังนั้นการปลูกเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวดำที่ปรับตัวได้ดีและ

ให้ผลผลิตสูงในพื้นที่ดังกล่าวยังมีความจำเป็น และ การศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการ จัดการผลผลิตอื่น ๆ ่วมด้วย เช่น การใส่ปุ๋ยคอกและการ ใส่ถ่านชีวภาพ (biochar) เพิ่มลงไปดิน ยังเป็นอีก ทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวเหนียวดำ ในพื้นที่ดินเค็มได้ อีกทั้งยังเป็นการปรับปรุงและ อนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว ทั้งนี้การ ใส่ปุ๋ยคอกจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพ ทางเคมี และช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน (Naing Oo et al., 2010; Nishikawa et al., 2012) และการใส่ถ่าน ชีวภาพ จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดิน ให้ดีขึ้น และช่วยเพิ่มผลผลิตพืช (Zhang et al., 2010; Zhang et al., 2012) อีกทั้งยังช่วยลดความเค็มของ พืชภายใต้สภาพดินเค็ม (Thomas et al., 2013) ทั้งนี้ ถ่านชีวภาพจะทำให้ช่องว่างในดินมีขนาดใหญ่ขึ้น และ ส่งผลให้น้ำเกลือที่อยู่ใต้ดินเคลื่อนที่มาบนผิวดินได้ ยากขึ้น ซึ่งอาจสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการปลูก ข้าวในพื้นที่ดินเค็มได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ยังไม่ พบหลักฐานการศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ข้าว เหนียวดำในประเทศไทย ซึ่งเป็นข้าวทางเลือกที่มีสาร ต้านอนุมูลอิสระสูงต่อการจัดการปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้ถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาการเจริญ เติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวดำ ภายใต้การ จัดการปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้ถ่านชีวภาพที่ แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม

วิธีการศึกษา

1. การปลูกและการดูแลรักษา

ทำการทดลอง ในฤดูนาปี 2556 ที่แปลงเกษตรกร ที่มีปัญหาดินเค็ม ที่ตำบลบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น โดยศึกษา 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ พันธุ์/สายพันธุ์ข้าว เหนียวดำ 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์ เหนียวดำ Gs.no.00621 พันธุ์เหนียวดำ Gs.no.09475 และสายพันธุ์ KKU-GL-BL-05-043 ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์/ สายพันธุ์ เป็นข้าวเหนียวดำที่ได้มาจากศูนย์วิจัยและ

ปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ส่วนปัจจัยที่สอง คือ การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพ 7 วิธี ซึ่งประกอบด้วย การไม่ใส่ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ย (F1), การใช้ ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ย คอกอัตรา 1.6 ตัน/ไร่ (F2), การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี N, P และ K ตาม คำแนะนำการใส่ปุ๋ยข้าวนาสวนของกรมการข้าว อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ (F3), การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ (F4), การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ ไร่ (F5), การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ (F6), การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ (F7)

ทำการศึกษาในลักษณะ 3 x 7 factorial experiment โดยใช้ แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) มี 3 ซ้ำ และ ขนาดแปลงย่อย 3 x 5 เมตร ทำการไถเตรียมดินก่อน ปลูก จากนั้นใส่ถ่านชีวภาพและปุ๋ยคอกลงไปแปลง ย่อยที่ถูกสุ่มให้ได้รับอิทธิพลของปุ๋ยดังกล่าวและทั้ง แปลงไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นปักดำข้าวอายุ กล้า 38 วัน จำนวน 3 ตัน/หลุม วันที่ 22 สิงหาคม 2556 ระยะปลูก 30x25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมี N, P และ K ให้กับแปลงทดลองตามแผนการสุ่มเมื่อข้าวอายุ ประมาณ 30 วัน ทำการดูแลรักษาทำกำจัดวัชพืช โรค แมลง และสัตว์ศัตรูตามความจำเป็น

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 บันทึกข้อมูลทางอนุกรมวิธาน ซึ่งประกอบด้วย อนุกรมวิธานต้นและสูงสุด และปริมาณน้ำฝน รายวัน ข้อมูลเหล่านี้ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้ แปลงทดลองมากที่สุด

2.2 บันทึกข้อมูลคุณสมบัติของปุ๋ยคอก ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณโพแทสเซียมรวม ซึ่งพบว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 46% ปริมาณไนโตรเจนรวม 1.86% ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.56% และปริมาณโพแทสเซียมรวม 2.31%

2.3 บันทึกข้อมูลดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนการไถเตรียมดิน ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด และนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน ซึ่งประกอบด้วย เปรอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity : CEC) และโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ สำหรับการบันทึกค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ (electrical conductivity, EC) เก็บตัวอย่างดินก่อนการไถเตรียมดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จำนวน 20 จุด นอกจากนั้นยังเก็บตัวอย่างดินจากทุกแปลงย่อยหลังเก็บเกี่ยวข้าวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาการนำไฟฟ้าของเกลือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้

2.4 ข้อมูลพืช

2.4.1 วันออกดอก โดยบันทึกการออกทรงรวงเมื่อข้าวในแปลงออกรวงประมาณ 75% ของทั้งแปลงย่อย ซึ่งนับจำนวนวัน จากวันตกกล้าจนถึงวันที่ข้าวออกรวงประมาณ 75%

2.4.2 ความสูง โดยบันทึกความสูงของต้นข้าวจากระดับผิวดินถึงปลายรวงที่สูงที่สุดในระยะข้าวโน้มรวง ซึ่งสุ่มวัดจำนวน 10 กอ/แปลงย่อย

2.4.3 จำนวนต้น/กอ และจำนวนรวง/กอ โดยบันทึกในระยะข้าวโน้มรวง ซึ่งสุ่มวัดจำนวน 10 กอ/แปลงย่อย

2.4.4 ความยาวรวง จำนวนเมล็ด/รวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยสุ่มเก็บรวงข้าวจำนวน 10 รวง วัดความยาวรวง นับจำนวนเมล็ดดี และเมล็ดลีบ และชั่งน้ำหนักเมล็ด

2.4.5 ผลผลิต โดยเก็บเกี่ยวผลผลิต จากแถวกลาง เว้นหัวแปลงและท้ายแปลง 1 แถว (12.8 ตารางเมตร) จากนั้นวัดและทำความสะอาด ซึ่งน้ำหนักหน่วยเป็นกรัม/พื้นที่เก็บเกี่ยว พร้อมทั้งวัดความชื้นในขณะนั้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลพืชและข้อมูลคุณสมบัติของดิน หลังการทดลอง ตามการจัดตั้งทดลองแบบ 3 x 7 factorial experiment ในแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block (RCB) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. คุณสมบัติของดินก่อนการทดลองและสภาพอากาศของปีที่ทำการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติของดินก่อนการเตรียมดินปลูกที่แปลงปลูกทดสอบ บ้านข้ามเปี้ย ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น พบว่าดินมีความเป็นด่างสูง โดยมีค่า pH เท่ากับ 9.55 ในส่วนของอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่าเท่ากับ 0.08%, 0.01% และ 2.39 ppm ตามลำดับ และมีโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 27.41, 205.04, 8.57 และ 1,000.31 ppm ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งให้เห็นว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงทดลองยังอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก (พัชรี, 2554) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พบได้ของดินในภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย หากพิจารณาค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ เพื่อจัดระดับความเค็มของพื้นที่ทดสอบ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,186.70 $\mu\text{S/cm}$ (Table 1) อย่างไรก็ตามการ

เก็บตัวอย่างดินเพื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ ในแปลงปลูกทดสอบที่มีพื้นที่เท่ากับ 1, 287 ตารางเมตร ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินชั้นบนจำนวน 20 จุด และในแต่ละจุดมีความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของเกลือตั้งแต่ 196 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ถึง 5,080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งจากค่าดังกล่าวจะเห็นว่า พื้นที่ทำการทดลองมีความแปรปรวนตั้งแต่เค็มเล็กน้อยจนถึงเค็มมาก และจากอีกเหตุผลหนึ่งที่ได้เลือกพื้นที่นี้ในการทดสอบคือเกษตรกรผู้เป็นเจ้าของแปลงได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าแปลงทดลองนี้มีปัญหาเรื่องดินเค็มจริง ทำให้ปลูกข้าวได้ผลผลิตต่ำมากหรือแทบไม่ได้ผลผลิตเลยเป็นเวลาหลายปีมาแล้ว

สำหรับสภาพอากาศนั้น ได้ทำการรวบรวมข้อมูลอากาศจากสถานีอากาศเกษตรท่าพระ ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น ทั้งนี้เป็นสถานีอากาศที่ใกล้กับแปลงปลูกทดสอบมากที่สุด ซึ่งพบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงฤดูปลูกประมาณ 309 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.1 องศาเซลเซียส (Figure 1)

2. การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวดำภายใต้การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกัน

ผลจากการศึกษา ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์และการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพ สำหรับจำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง เมล็ดดี (%) เมล็ดลีบ (%) (Table 3) ความสูง ความยาวรวง อายุวันออกดอก 75% น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต (Table 4) ซึ่งให้เห็นว่า การตอบสนองของพันธุ์/สายพันธุ์ ในลักษณะดังกล่าว ในแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ข้าวทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง และอายุวันออกดอก 75% แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมล็ดดี (%) และเมล็ดลีบ (%) ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3 และ 4) ถึงแม้ว่าผลผลิตของข้าวทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามหากพิจารณา

ค่าเฉลี่ยแล้วพบว่า ข้าวสายพันธุ์ KKU-GL-BL-05-043 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 พันธุ์ที่เหลือ ซึ่งสอดคล้องกับ ประเมศ และคณะ (2552) ซึ่งได้รายงานไว้ว่า ในสภาพน้ำขังแต่ไม่มีปัญหาเรื่องดินเค็ม ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ KKU-GL-BL-05-043 ให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.00621 และข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.09475 ข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.09475 และสายพันธุ์ KKU-GL-BL-05-043 มีจำนวนต้น/กอและจำนวนรวง/กอสูงที่สุด ซึ่งเท่ากับ 5 ต้นและรวง/กอ ส่วนข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.00621 มีจำนวนต้น/กอและจำนวนรวง/กอ เท่ากับ 3 ต้นและรวง/กอ อย่างไรก็ตามข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.00621 มีจำนวนเมล็ด/รวงสูงที่สุด ซึ่งเท่ากับ 92 เมล็ด/รวง ส่วนพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.09475 มีจำนวนเมล็ด/รวงเพียง 81 เมล็ด/รวง นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.00621 มีอายุวันออกดอก 75% ยาวที่สุด ซึ่งเท่ากับ 119 วัน และข้าวพันธุ์เหนียวดำ Gs.no.09475 มีอายุวันออกดอก 75% สั้นที่สุด ซึ่งเท่ากับ 110 วัน

การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันทำให้จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมล็ดดี (%) และเมล็ดลีบ (%) และอายุออกดอก 75% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3 และ 4) การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ สูงที่สุดเท่ากับ 6 ต้นและรวง/กอ และการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ยให้จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ ต่ำที่สุด ซึ่งเท่ากับ 3 ต้นและรวง/กอ การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้จำนวนเมล็ด/รวงสูงที่สุด ซึ่งเท่ากับ 103 เมล็ด/รวง และการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ยให้จำนวนเมล็ด/รวงต่ำที่สุด ซึ่งเท่ากับ 64 เมล็ด/รวง การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่

ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้ความสูงของข้าวสูงที่สุดคือ 106 เซนติเมตร และการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ย และการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้ความสูงของข้าวต่ำที่สุดคือ 84 เซนติเมตร การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้ความยาวรวงสูงที่สุด ซึ่งเท่ากับ 21 เซนติเมตร และการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ย ให้ความยาวรวงต่ำที่สุด ซึ่งเท่ากับ 18 เซนติเมตร การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงที่สุด คือ 24 กรัม ส่วนการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่ำที่สุด คือ 21 กรัม การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 668 กรัม/12.8 ตารางเมตร ส่วนการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 208 กรัม/12.8 ตารางเมตร

ในภาพรวมสำหรับการเปรียบเทียบวิธีการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันชี้ให้เห็นว่า การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ เป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่ให้ปุ๋ยในอัตราที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ ซึ่งการให้ปุ๋ยในอัตราที่สูงโดยเฉพาะไนโตรเจน จะเป็นช่วยส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอื่น เช่น ฟอสฟอรัส อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตของข้าว และช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าว (Dobermann and Fairhurst, 2000; Shiratsuchi et al., 2006; Naing Oo et al., 2010) อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการศึกษาครั้งนี้

หากจะต้องเลือกวิธีการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพ สำหรับเป็นคำแนะนำให้เกษตรกรต่อไปในอนาคต การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1.6 ตัน/ไร่ น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำให้ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ โดยเฉพาะผลผลิต ไม่แตกต่างทางสถิติจากวิธีการจัดการอื่นที่ทำให้มีผลผลิตสูงที่สุด อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่น่าจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้โดยเฉพาะสำหรับเกษตรกรที่สามารถจัดหาปุ๋ยคอกและถ่านชีวภาพเองได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

นอกจากนั้นแล้ว ผลจากการศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ถึงแม้จะมีการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพในแปลงนา แต่ผลผลิตของข้าวที่ได้ยังอยู่ในระดับต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากความเค็มในพื้นที่ทดลองมีผลทำให้ข้าวล้มตาย และต้นข้าวที่รอดตายจะมีการเจริญเติบโตไม่ดี เช่น มีการแตกกอและมีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อย เป็นต้น ดังนั้นหากเกษตรกรยังต้องการใช้พื้นที่ที่มีปัญหานี้ปลูกข้าว อาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดินในระยะยาว เพื่อให้คุณสมบัติของดินที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น (Diacono and Montemurro, 2010)

3. คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง

การปลูกข้าว 3 พันธุ์/สายพันธุ์ที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Table 4) การนำไฟฟ้าของเกลือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และแคลเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Table 5) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการศึกษาคุณสมบัติของดินหลังการทดลอง ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์และการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพ สำหรับปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Table 4) การนำไฟฟ้าของเกลือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ

บวกของดิน และแคลเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Table 5) ซึ่งเห็นว่าอิทธิพลของการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติของดินดังกล่าวในข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน

จากการทดลองพบว่า การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวม และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินหลังการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลทำให้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การนำไฟฟ้าของเกลือ และโพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4 และ 5) การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ส่งผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองสูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 19.95 ppm และในทางตรงกันข้ามการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองต่ำที่สุดซึ่งเท่ากับ 3.74 ppm การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ มีผลทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เหลืออยู่ในดินหลังการทดลองมากที่สุด คือ 81.75 ppm ส่วนการไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ยทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เหลืออยู่ในดินหลังการทดลองน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 23.14 ppm ปริมาณอินทรีย์วัตถุเหลืออยู่ในดินมากที่สุดหลังการทดลอง ในแปลงที่มีการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ ซึ่งเท่ากับ 0.296% และในแปลงที่มีการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ย

เคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเหลืออยู่ในดินหลังการทดลองน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 0.172% การใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ และแคลเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เหลืออยู่ในดินหลังการทดลองมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 1,203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 349.6 ppm และ 2308.8 ppm ตามลำดับ และการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของเกลือเหลืออยู่ในดินหลังการทดลองน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ การไม่ใช้ถ่านชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ยทำให้มีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เหลืออยู่ในดินหลังการทดลองน้อยที่สุด คือ 185.9 ppm นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ มีผลทำให้มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เหลืออยู่ในดินหลังการทดลองน้อยที่สุด คือ 786.3 ppm ดังนั้นถึงแม้ว่าผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติของดินบางลักษณะก็ตาม แต่ในภาพรวมของการทดลองพบว่า การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพในอัตราที่สูงมีแนวโน้มทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Naing Oo et al. (2010) และ Zhang et al. (2012) อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงบำรุงดินโดยเฉพาะในดินที่มีปัญหา ควรมีการจัดการในระยะยาว (Diacono and Montemurro, 2010) ซึ่งการจัดการเพียงปีเดียวอาจทำให้เห็นผลไม่ชัดเจน

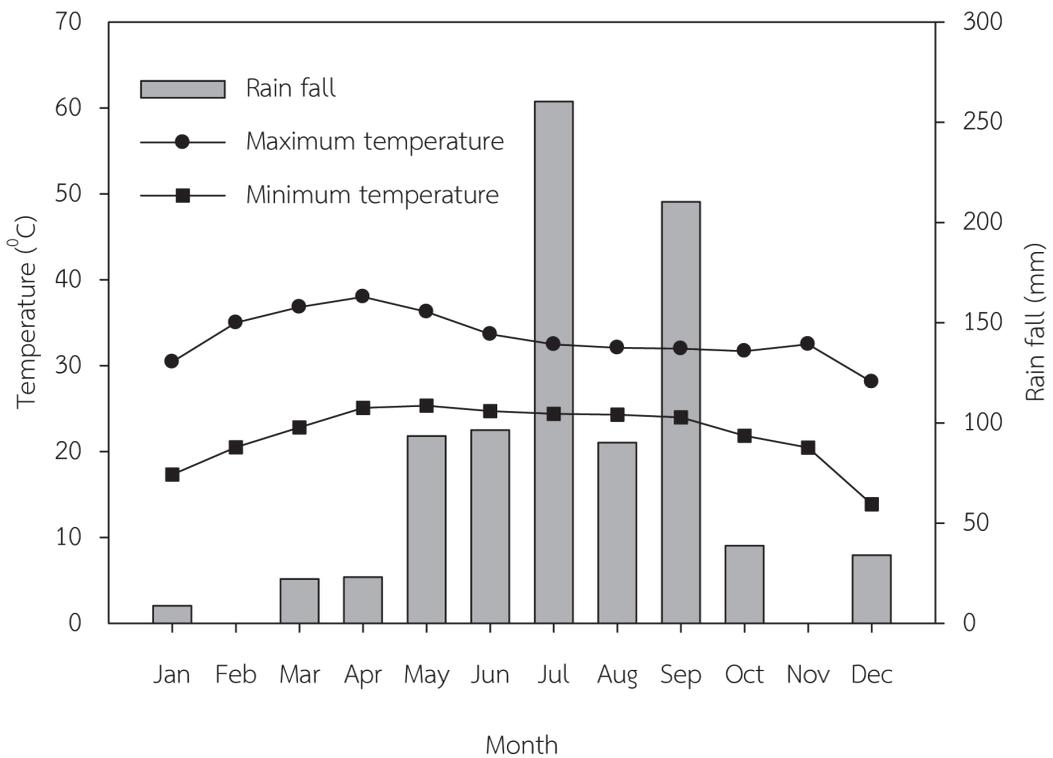


Figure 1 Total monthly rain fall (mm) and monthly mean for minimum and maximum temperatures (°C) in 2013 for Tambon Tapra, Muang district, Khon Kaen.

Table 1 Soil chemical properties before rice growing in farmer field, Khon Kaen.

Soil characteristic	Soil property
Sand (%)	89.9
Silt (%)	8.0
Clay (%)	2.1
pH	9.55
Electric conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1,186.70
Organic matter (%)	0.08
Total N (%)	0.01
Available P (ppm)	2.39
Exchangeable K (ppm)	27.41
Exchangeable Ca (ppm)	205.04
Exchangeable Mg (ppm)	8.57
Exchangeable Na (ppm)	1,000.31

Table 2 No. of plants/hill, no. of panicles/hill, no. of grains/panicle and percentage of filled and un-filled grains of 3 rice genotypes grown under different managements of fertilizer and biochar.

Treatment	Agronomic trait				
	No. of plants/hill	No. of panicles/hill	No. of grains/panicle	Filled grains (%)	Un-filled grains (%)
<u>Cultivar/line (A)</u>					
Niewdam Gs.no.00621	3.3 ^B	3.2 ^B	91.9 ^A	90.8	9.2
Niewdam Gs.no.09475	5.1 ^A	5.0 ^A	80.7 ^B	88.6	11.4
KKU-GL-BL-05-043	5.1 ^A	5.0 ^A	81.3 ^B	89.8	10.1
F-test	**	**	*	ns	ns
<u>Fertilizer and biochar (B)</u>					
F1	3.3 ^B	3.1 ^B	63.7 ^D	83.7	16.3
F2	4.2 ^B	4.1 ^B	94.0 ^{AB}	91.8	8.2
F3	4.3 ^B	4.2 ^B	73.1 ^{CD}	87.1	12.9
F4	4.8 ^{AB}	4.7 ^{AB}	102.7 ^A	92.6	7.4
F5	4.7 ^{AB}	4.6 ^{AB}	90.1 ^{ABC}	90.6	9.4
F6	4.0 ^B	3.9 ^B	76.5 ^{BCD}	91.6	8.4
F7	6.2 ^A	6.1 ^A	92.3 ^{ABC}	91.0	9.0
F-test	**	**	**	ns	ns
F-test (AxB)	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	25.92	27.05	17.24	7.20	63.14

F1 = No biochar and fertilizer application, F2 = Application of biochar at 500 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F3 = Application of biochar at 500 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F4 = Application of biochar at 500 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F5 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F6 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F7 = Application of biochar at 1,000 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai

ns, * and ** = Non significant difference, Significant difference at 95% and Significant difference at 99%

Values in the column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3 Plant height, panicle length, 75% flowering date, 1,000-grain weight and yield of 3 rice genotypes grown under different managements of fertilizer and biochar.

Treatment	Agronomic trait				
	Plant height (cm)	Panicle length (cm)	75% flowering (Days after transplanting)	1,000-grain weight (g)	Yield (g/12.8 m ²)
<u>Cultivar/line (A)</u>					
Niewdam Gs.no.00621	96.5	19.5	118.6 ^A	23.3	357
Niewdam Gs.no.09475	95.3	19.8	110.0 ^C	22.1	454
KKU-GL-BL-05-043	94.8	19.7	112.9 ^B	22.1	525
F-test	ns	ns	**	ns	ns
<u>Fertilizer and biochar (B)</u>					
F1	83.6 ^B	17.9 ^C	113.9	21.9 ^{AB}	208 ^B
F2	102.0 ^A	20.3 ^{AB}	114.2	22.8 ^A	544 ^{AB}
F3	83.6 ^B	18.5 ^{BC}	113.7	20.5 ^B	224 ^B
F4	101.8 ^A	21.0 ^A	113.6	23.0 ^A	668 ^A
F5	97.6 ^A	20.2 ^{AB}	114.2	21.7 ^{AB}	401 ^{AB}
F6	94.0 ^{AB}	19.0 ^{ABC}	113.8	24.0 ^A	416 ^{AB}
F7	105.9 ^A	20.5 ^{AB}	113.6	23.4 ^A	654 ^A
F-test	**	**	ns	*	**
F-test (AxB)	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	10.22	8.28	1.10	9.70	60.78

F1 = No biochar and fertilizer application, F2 = Application of biochar at 500 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F3 = Application of biochar at 500 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F4 = Application of biochar at 500 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F5 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F6 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F7 = Application of biochar at 1,000 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai

ns, * and ** = Non significant difference, Significant difference at 95% and Significant difference at 99%

Values in the column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test.

Table 4 Total N, available P, exchangeable K and organic matter in the soil after harvesting.

Treatment	Soil property			
	Total N (%)	Available P (ppm)	Exchangeable K (ppm)	Organic matter (%)
<u>Cultivar/line (A)</u>				
Niewdam Gs.no.00621	0.011	9.95	55.09	0.260
Niewdam Gs.no.09475	0.010	10.31	50.82	0.210
KKU-GL-BL-05-043	0.010	9.26	43.03	0.170
F-test	ns	ns	ns	ns
<u>Fertilizer and biochar (B)</u>				
F1	0.009	3.74 ^B	23.14 ^C	0.187 ^{BC}
F2	0.013	8.88 ^{AB}	65.04 ^{AB}	0.282 ^{AB}
F3	0.009	5.43 ^B	26.50 ^C	0.190 ^{BC}
F4	0.010	6.22 ^B	46.99 ^{ABC}	0.218 ^{ABC}
F5	0.012	17.25 ^{AB}	81.75 ^A	0.296 ^A
F6	0.008	5.80 ^B	34.07 ^{BC}	0.172 ^C
F7	0.012	19.95 ^A	70.03 ^{AB}	0.250 ^{ABC}
F-test	ns	**	**	*
F-test (AxB)	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	48.80	100.56	54.72	40.35

F1 = No biochar and fertilizer application, F2 = Application of biochar at 500 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F3 = Application of biochar at 500 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F4 = Application of biochar at 500 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F5 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F6 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F7 = Application of biochar at 1,000 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai

ns, * and ** = Non significant difference, Significant difference at 95% and Significant difference at 99%

Values in the column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test.

Table 5 Electrical conductivity, cation exchange capacity, exchangeable Ca and exchangeable Na in the soil after harvesting.

Treatment	Soil property			
	Electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cation exchange capacity	Exchangeable Ca (ppm)	Exchangeable Na (ppm)
<u>Cultivar/line (A)</u>				
Niewdam Gs.no.00621	827	5.26	304.0	1406.1
Niewdam Gs.no.09475	718	5.40	284.8	1207.0
KKU-GL-BL-05-043	725	5.19	268.2	1275.6
F-test	ns	ns	ns	ns
<u>Fertilizer and biochar (B)</u>				
F1	618 ^{BC}	5.55	185.9 ^B	879.9 ^B
F2	589 ^{BC}	6.39	214.7 ^{AB}	868.6 ^B
F3	1,004 ^{AB}	4.48	330.0 ^{AB}	1616.2 ^{AB}
F4	863 ^{ABC}	4.95	261.8 ^{AB}	1582.3 ^{AB}
F5	1,203 ^A	4.90	349.6 ^A	2308.8 ^A
F6	508 ^C	5.89	314.9 ^{AB}	1038.5 ^B
F7	510 ^C	4.83	343.0 ^A	786.3 ^B
F-test	**	ns	**	**
F-test (AxB)	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	47.90	26.78	37.66	66.12

F1 = No biochar and fertilizer application, F2 = Application of biochar at 500 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F3 = Application of biochar at 500 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F4 = Application of biochar at 500 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F5 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and cattle manure at 1.6 ton/rai, F6 = Application of biochar at 1,000 kg/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai, F7 = Application of biochar at 1,000 kg/rai, cattle manure at 1.6 ton/rai and chemical fertilizer at 4-1.8-1.7 kg of N-P-K/rai

ns and ** = Non significant difference and Significant difference at 99%

Values in the column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test.

สรุป

จากการศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวเหนียวดำ ภายใต้การจัดการปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้ถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็มสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์ และการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพ สำหรับจำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง เมล็ดดี (%) เมล็ดลีบ (%) ความสูง ความยาวรวง อายุวันออกดอก 75% น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต ซึ่งเห็นว่าการตอบสนองของพันธุ์/สายพันธุ์ ในลักษณะดังกล่าว ในแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. ข้าวทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ มี จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง และอายุวันออกดอก 75% แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมล็ดดี (%) และเมล็ดลีบ (%) ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกัน ทำให้ จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมล็ดดี (%) และเมล็ดลีบ (%) และอายุออกดอก 75% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี N, P และ K อัตรา 4-1.8-1.7 กิโลกรัม N-P-K/ไร่ ทำให้จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง ความสูง ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1.6 ตัน/ไร่ น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีผลทำให้ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ โดยเฉพาะผลผลิต ไม่แตกต่างทางสถิติจากวิธีการจัดการอื่นที่ทำให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด

4. การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมและความสามารถ

ในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินหลังการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลทำให้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การนำไฟฟ้าของเกลือ และโพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ แตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับข้อเสนอแนะคือ การทดลองดังกล่าวเป็นการทดลองเพียงฤดูเดียว ดังนั้นควรมีการทำ การทดลองซ้ำ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวเหนียวดำ และวิธีการจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพในแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับพื้นที่ปลูกจริง อีกทั้งการปรับปรุงบำรุงดินโดยเฉพาะในดินที่มีปัญหา ควรมีการจัดการในระยะยาว ซึ่งการจัดการเพียงปีเดียวอาจทำให้เห็นผลไม่ชัดเจน

คำขอบคุณ

ผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้อนุมัติเงินทุนอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2556 และขอขอบคุณศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน และสาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กนกพร สมพรไพลิน. 2545. ผลของชีวสังเคราะห์แอมโมไนโอไนต์ต่อการควบคุมสีในพืช. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 10: 23-27.
- ดำเนิน กาละดี, ศันสนีย์ จำจด, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, และ พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2545. โครงการอนุรักษ์พันธุ์ข้าวเหนียวดำ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นารินทร์ แสนเมืองชิน, ปรมศ บรเวท, และอัญชลี ชาวนา. 2551. การประเมินข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 36: 56-64.
- ปรมศ บรเวท, จิรวัดน์ สนิทชน, นารินทร์ แสนเมืองชิน, ชอแก้ว อนิลบล, พุทธชาติ คพันธ์, และชนากานต์ พุทธิ. 2552. การประเมินลักษณะทางการเกษตรและปริมาณสารแอมโมไนโอไนต์ในข้าวเหนียวดำ. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 37: 71-74.

- พัชรี วีรจินดาขจร. 2554. การแปรรูปผลคำวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- พันทิพาพงษ์เพ็ญจันทร์, เพทวยพงษ์เพ็ญจันทร์, มนต์รีปัญญาทอง, และดำเนิน กาลละดี. 2551. ผลของแกมมาโอไรซานอลและโปรแอนโทไซยานินดินจากข้าวเก่า (*Oryza sativa* L.) ต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน เซลล์มะเร็ง และการแข็งตัวของเลือด. รายงานฉบับสมบูรณ์สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- สมวงศ์ ตรีภูธร. 2546. ข้าว: โภชนาการเพื่อสุขภาพและการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม. ห้องปฏิบัติการ ดี เอ็น เอ เทคโนโลยี ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- อัญชลี จรลี, ปรมศ บรรเทิง, และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2556. การประเมินลักษณะทางการเกษตรและปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลในข้าวเหนียวดำที่ปลูกภายใต้สภาพไร่. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 41: 618-623.
- Boonsit, P., P. Pongpiachan, S. Julsrigival, and D. Karladee. 2010. Gamma oryzanol content in glutinous purple rice landrace varieties. C.M.U. J. Nat. Sci. 9(1): 151-157.
- Cicero, A.F.G., and A. Gaddi. 2001. Rice bran oil and γ -oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinemias and other conditions. *Phytother. Res.* 15: 277-289.
- Diacono, M., and F. Montemurro. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 401-422.
- Dobermann, A., and T.H. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient and disorders and nutrient management. 1st End., PPIC and IRRI, Singapore.
- Naing Oo, A., P. Banterng, A. Polthane, and V. Trelo-Ges. 2010. The effect of different fertilizers management strategies on growth and yield of upland black glutinous rice and soil property. *Asian J. Plant Sci.* 9(7): 414-422.
- Nishikawa, T., K. Li, H. Inoue, M. Umeda, H. Hirooka, and T. Inamura. 2012. Effects of the long-term application of anaerobically-digested cattle manure on growth, yield and nitrogen uptake of paddy rice (*Oryza sativa* L.), and soil fertility in warmer region of Japan. *Plant Prod. Sci.* 15(4): 284-292.
- Ryu, S.N., S.Z. Park, and C.T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.* 6: 729-736.
- Shiratsuchi, H., T. Yamagishi, and R. Ishii. 2006. Leaf nitrogen distribution to maximize the canopy photosynthesis in rice. *Field Crop. Res.* 95: 291-304.
- Thomas, S.C., S. Frye, N. Gale, M. Garmon, R. Launchbury, N. Machado, S. Melamed, J. Murray, A. Petroff, and C. Winsborough. 2013. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *J. Environ. Manage.* 129: 62-68.
- Zhang, A., L. Cui, G. Pan, L. Li, Q. Hussain, X. Zhang, J. Zheng, and D. Crowley. 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139: 469-475.
- Zhang, A., R. Bian, G. Pan, L. Cui, Q. Hussain, L. Li, J. Zheng, J. Zheng, X. Zhang, X. Han, and X. Yu. 2012. Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: A field study of 2 consecutive rice growing cycles. *Field Crops Res.* 127: 153-160.