

ผลของถ่านแกลบต่อการเจริญเติบโตและศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าว 2 สายพันธุ์ ภายใต้สภาพดินเค็ม

เสาวคนธ์ เหมวงษ์*

มหาวิทยาลัยนครพนม ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม 48000

* Corresponding Author: saowakon@hotmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 15 พฤษภาคม 2563

แก้ไข : 31 พฤษภาคม 2564

ตอบรับ : 22 กรกฎาคม 2564

DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.7

คำสำคัญ :

ถ่านชีวภาพ / ปุ๋ยอินทรีย์ /

ดินเค็ม / ข้าวหอมมะลิ /

ข้าวทนเค็ม

ดินเค็มเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญต่อการเพาะปลูกพืช เนื่องจากมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ด้วยเหตุนี้ จึงมีการคิดค้นเทคโนโลยีในการปรับปรุงดินเค็มอย่างหลากหลาย ปัจจุบัน ถ่านแกลบได้รับความสนใจมากในการนำมาใช้ปรับปรุงดินและช่วยเพิ่มผลผลิตพืช งานวิจัยนี้ศึกษาผลของถ่านแกลบและปุ๋ยคอกที่มีผลต่อการเพิ่มศักยภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเค็มภายใต้สภาพโรงเรือนทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จำนวน 4 ซ้ำ ใส่ถ่านแกลบหรือปุ๋ยคอกในช่วงปักดำข้าวเปรียบเทียบกับดินเค็มอย่างเดียว รวม 5 ดำรับ ได้แก่ 1) ดินเค็มอย่างเดียว 2) ถ่านแกลบปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ถ่านแกลบปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ปุ๋ยคอกปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ และ 5) ปุ๋ยคอกปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ ใช้ข้าว 2 ชนิด (ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 สายพันธุ์ทนเค็ม) ในการทดลอง จากผลการศึกษา พบว่า สายพันธุ์ข้าวทนเค็มมีอัตราการรอดตายของข้าวในระยะต้นกล้าดีกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 การใส่สารอินทรีย์ทุกชนิดทำให้ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีอัตราการรอดสูงกว่ากรณีไม่ใส่สารอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม ดินเค็มส่งผลต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มากกว่าข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม โดยการใส่ถ่านแกลบ ทั้งปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สูงสุด (2.18 และ 2.28 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ในขณะที่กรณีข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม การใส่ถ่านแกลบปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงแต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าถ่านแกลบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของพืช ดังนั้น การใช้สารอินทรีย์ในการปรับปรุงดินเพื่อการเพาะปลูกข้าวในดินเค็มควรใส่สารอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารเพียงพอร่วมกับการใส่ถ่านแกลบเพื่อเพิ่มการดูดซับและปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินเค็ม

Effects of Rice Husk Charcoal on Growth and Yield Potential of Two Rice Varieties under Saline Soil Condition

Saowakon Hemwong*

Nakhon Phanom University, Kham Thao, Muang, Nakhon Phanom 48000

* Corresponding Author: saowakon@hotmail.com

Assistant Professor, Program of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology.

Article Info

Abstract

Article History:

Received: May 15, 2020

Revised: May 31, 2021

Accepted: July 22, 2021

DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.7

Keywords:

Biochar / Organic Fertilizer /

Saline Soil / Hom Mali Rice /

Saline Tolerant Rice

Saline soil is one of the major threats to plant production since physical and chemical properties of such a soil are unsuitable for plant growth. Hence, technologies have been developed to improve soil fertility under saline conditions. Rice husk charcoal has received much attention as a means to improve soil fertility and increase crop yield. The present study investigated the effects of rice husk charcoal and cow manure on increasing the growth and yield efficiency of two rice varieties under saline soil conditions. The experiments were conducted in a greenhouse using a completely randomized experimental design with 4 replications. Rice husk charcoal or cow manure was added at rice transplanting phase in comparison with the sole use of saline soil as follows: 1) saline soil alone, 2) rice husk charcoal at 600 kg/rai, 3) rice husk charcoal at 900 kg/rai, 4) cow manure fertilizer at 600 kg/rai and 5) cow manure fertilizer at 900 kg/rai. KDML 105 and line UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 salinity tolerance rice varieties were used. The results showed that the salinity tolerance variety exhibited higher survival rate than KDML 105. All organic material amendments resulted in higher survival rates than with no amendment. However, rice yield was more strongly affected by the soil salinity in the case of KDML-105 than in the case of the salinity tolerance variety. The applications of rice husk charcoal, both at 600 and 900 kg/rai, resulted in the highest KDML 105 rice grain yield (2.18 and 2.28 g/stem, respectively). In the case of salinity tolerance variety, rice husk charcoal at 900 kg/rai amendment resulted in a higher yield of quality rice than cow manure fertilizer at 900 kg/rai, which although resulted in a higher grain yield, led to a lower percentage of full seeds. These results illustrated that rice husk charcoal amendment could effectively increase plant nutrient use. Using organic materials to improve saline soil for rice production under saline conditions should be implemented by adding adequate nutrient materials in combination with rice husk charcoal to increase adsorption and improve chemical properties of saline soil.

1. บทนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งสำคัญในการปลูกข้าวที่มีคุณภาพ แต่พื้นที่มีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายกระทะที่ยกตัวเทือกเขาภูพานที่พาดขวางทำให้เกิดแอ่งขึ้น 2 แอ่ง คือ แอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร มีชั้นหินชุดมหาสารคาม ซึ่งประกอบด้วยชั้นหินเกลือรองรับแผ่นดินไว้ คาดว่ามีเกลือใต้ดินทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 18 ล้านล้านตัน ซึ่งพื้นที่ดินเค็มคิดเป็นประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งภาคคือ 17.8 ล้านไร่ และพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่เกลือ 19.4 ล้านไร่ [1] เกลือจากชั้นหินด้านล่างสามารถกระจายไปยังพื้นที่ต่างๆ ได้โดยการแพร่กระจายโดยธรรมชาติ และเกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ถูกต้อง ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาพื้นที่และการทำการเกษตรของเกษตรกร เช่น การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชต่ำ ทำให้เกิดปัญหาทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม คุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อมโดยรวมของพื้นที่ ปัญหาที่เกิดขึ้นมีทั้งด้านการขยายพื้นที่ที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้น และการกระจายของดินเค็มที่ทำให้เกิดปัญหาในปัจจุบัน ส่วนหนึ่งมนุษย์เป็นตัวละครสำคัญ เช่น การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็ม การทำนาเกลือ การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม หรือมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ต้น การใช้น้ำชลประทานผิดวิธี กิจกรรมเหล่านี้ส่งผลต่อระบบนิเวศน์ของพื้นที่อย่างมาก [2] และนับวันยิ่งเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น จำเป็นต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหา และปรับปรุงดินให้สามารถเพาะปลูกพืชได้

ดินเค็มมีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช อนุภาคดินฟุ้งกระจายง่าย ดินเนื้อหยาบ ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุในดินถูกชะล้างออกไปได้ง่าย ดินแน่นทึบ เกิดชั้นดาน รากพืชชอนไชได้ยาก ธาตุอาหารพืชบางตัวเป็นพิษแก่พืช ถ้าดินมีปริมาณเกลือมากเกินไป พืชจะดูดน้ำไปใช้ได้ปริมาณที่ลดลง ทำให้แสดงอาการเหี่ยวและขาดน้ำตาย ถึงแม้จะมีการให้น้ำมากก็ตาม [3] ดังนั้น จึงมีการคิดค้นเทคโนโลยีในการปรับปรุงดินเค็มเพื่อให้ความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด หรือสารอินทรีย์ต่างๆ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ อาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเพื่อให้เกิดอินทรีย์วัตถุ และเพิ่มความจุจำเพาะในการดูดซับประจุบวก (cation exchange capacity; CEC) [4] นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้อาจมีผลทำให้เกิด

กระบวนการสูญเสียธาตุอาหารในรูปของก๊าซ (denitrification) และเกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะในนาข้าว ซึ่งอยู่ในสภาพน้ำขัง [5]

ถ่านชีวภาพ (biochar) เป็นวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินและช่วยเพิ่มผลผลิตพืช เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนสูง ซึ่งช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และน้ำในดิน รวมถึงสมบัติในการช่วยเพิ่มความจุในการดูดซับธาตุอาหารในดิน เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และไนโตรเจน [6-8] ดังนั้น ถ่านชีวภาพจึงถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจในการนำมาใช้ปรับปรุงดินเค็มได้ดี อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตของพืชภายใต้สภาพดินเค็มมีการศึกษาน้อยมาก จึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมด้านการปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชให้มากขึ้น

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยใช้พันธุ์ข้าว 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวขาวมะลิ 105 และสายพันธุ์ข้าวทนเค็ม UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาจากศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี กรมการข้าว ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์พอคคาลี (pokkali)

นำพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ สายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 ทำการทดลองสายพันธุ์ละ 5 ดำรับจำนวน 4 ซ้ำ โดยมีดำรับที่ศึกษาดังนี้ 1) ดินเค็มอย่างเดียว (ดำรับควบคุม) 2) ถ่านกลบ ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ถ่านกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ และ 5) ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่

2.1 การเตรียมดิน และถ่านกลบ

เก็บดินที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งเก็บจากแปลงนาดินเค็มของเกษตรกร ตำบลนาคอกควาย อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน นำดินมาตากให้แห้ง และคลุกให้เข้ากัน แล้วนำไปร่อนผ่านตะขายนขนาด 2 มิลลิเมตร โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ดินนาที่ใช้ศึกษาเป็นเนื้อดินทราย

อยู่ในชุดดินอุดร (Udon series; Ud) โดยสมบัติทางเคมีของดินก่อนการศึกษา ดังนี้ ค่า pH เท่ากับ 6 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) เท่ากับ 4.89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งมีค่าที่อยู่ในระดับเค็มสูง [9] ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) และไนโตรเจนทั้งหมด (soil total N) เท่ากับ 0.64 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่า CEC ของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำคือ 3.67 cmolc/kg จากข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินจะเห็นว่าดินเค็มในพื้นที่ดังกล่าวเป็นดินที่มีความเค็มระดับปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวที่เพาะปลูก นาดินที่ร่อนโดยใช้ตะแกรงที่รูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วบรรจุในถังพลาสติก ปริมาณ 7 กิโลกรัมต่อถัง (น้ำหนักดินแห้ง)

การผลิตถ่านแกลบใช้วิธีการเผาแบบดั้งเดิม โดยใช้ปี้บั้งกะสีเจาะเป็นรูเล็กๆ รอบๆ ด้านบนเจาะเป็นรูต่อด้วยแผ่นสังกะสีที่ม้วนเป็นท่อเพื่อให้เป็นที่ระบายของควันในระหว่าง

การเผา นำเศษฟางข้าวใส่เข้าไปในปี้บั้งแล้วจุดไฟ ตั้งปี้บั้งขึ้นพร้อมกับใส่แกลบโดยรอบให้คลุมทั่วปี้บั้ง หลังจากนั้นคอยเฝ้าสังเกตอยู่ตลอดเวลาโดยเกลี่ยแกลบอยู่เป็นระยะๆ ไม่ให้ไหม้เป็นขี้เถ้า จนกระทั่งแกลบเปลี่ยนเป็นสีดำทั่วทั้งกอง จึงเอาปี้บั้งออกแล้วรดน้ำให้ชุ่มเพื่อไม่ให้เกิดการเผาไหม้ต่อไป หลังจากนั้นเตรียมปุ๋ยคอกซึ่งใช้ปุ๋ยจากมูลวัวนำมาตากให้แห้งแยกเอาฟางข้าวออก ทบให้ละเอียด นำไปร่อนเตรียมนำไปใช้ปลูกข้าวและสูบล้อย่างถ่านแกลบ และปุ๋ยคอกเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีซึ่งถ่านแกลบมีสมบัติทางเคมี ดังนี้ ปริมาณคาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด 33.68 และ 1.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่า C/N ratio เท่ากับ 29.54 ค่า CEC เท่ากับ 17 cmolc/kg ค่า pH เท่ากับ 7.81 และค่า EC เท่ากับ 0.360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ในขณะที่ปุ๋ยคอก พบว่ามีปริมาณคาร์บอนสูงแต่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำทำให้ค่า C/N ratio ของปุ๋ยคอกสูงกว่าถ่านแกลบ รวมถึงค่า pH (8.71) และ EC (2.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีบางประการของถ่านแกลบและปุ๋ยคอก

สมบัติทางเคมี	ถ่านแกลบ	ปุ๋ยคอก
ปริมาณคาร์บอน (%)	33.68	55.52
ปริมาณไนโตรเจน (%)	1.14	1.10
ค่า C/N ratio	29.54	50.47
CEC (cmolc/kg)	17	13
pH (1:2.5 H_2O)	7.81	8.71
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0.36	2.01

2.2 การเตรียมต้นกล้าข้าว การปลูก และการดูแลรักษาข้าว

นำเมล็ดข้าวทั้งสองพันธุ์ไปแช่ในน้ำสะอาด นานประมาณ 12-24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ขึ้นมาวางบนพื้นที่น้ำไม่ขังและมีการถ่ายเทอากาศดี นำกระสอบป่านชุบน้ำจนชุ่มมาหุ้มเมล็ดพันธุ์โดยรอบ รดน้ำทุกเช้าและเย็น เพื่อรักษาความชุ่มชื้นหุ้มเมล็ดพันธุ์ไว้ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปหว่านลงในแปลงเพาะกล้า ในปริมาณ 7 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นกล้าอายุ 45 วันถอนต้นกล้าแล้วไปปักดำในวัสดุปลูกที่เตรียมไว้ โดยนำถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (7 และ 10 กรัมต่อถัง หรือในปริมาณ 600

และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) มาใส่คลุกกลดินที่ระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร เติมน้ำลงไปให้ต่ำกว่าขอบถึงด้านบน 5 เซนติเมตร ปักดำต้นกล้าลงในถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40 เซนติเมตร ปริมาณ ถึงละ 3 หลุมๆ ละ 3 ต้น ในตำรับดินเค็มอย่างเดียวใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ปริมาณ 23 กิโลกรัมต่อไร่ (0.73 กรัมต่อถัง) หลังปักดำ [10] เมื่อข้าวเข้าสู่ช่วงเปลี่ยนตาใบเป็นตาดอก (PI: panicle initiation stage) ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปริมาณ 10 กิโลกรัมต่อไร่ (0.32 กรัมต่อถัง) [10] ในทุกตำรับ ทำการกำจัดวัชพืช และโรคแมลงตามความเหมาะสม รวมทั้งควบคุมระดับน้ำให้สม่ำเสมอ

2.3 การเก็บข้อมูล

ข้อมูลสมบัติของดิน และสารอินทรีย์ (ถ่านแกลบ และ ปุ๋ยคอก) ก่อนการศึกษา โดยทำการเก็บวัดค่าปริมาณคาร์บอน โดยใช้วิธี Walkey and Black method และคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยใช้หารด้วย ค่า factor = 1.72 [11] ปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธี micro-kjeldahl method [12] สัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)

ด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว ทำการเก็บข้อมูลอัตราการรอดตายของต้นกล้าข้าว การเจริญเติบโตของข้าวที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังปักดำ (ความสูง และ จำนวนต้นตอก) ผลผลิตข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 110 วันหลังปักดำ ได้แก่ จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักแห้งฟางข้าว น้ำหนักแห้งรวง น้ำหนักแห้งเมล็ด น้ำหนักแห้งทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI)

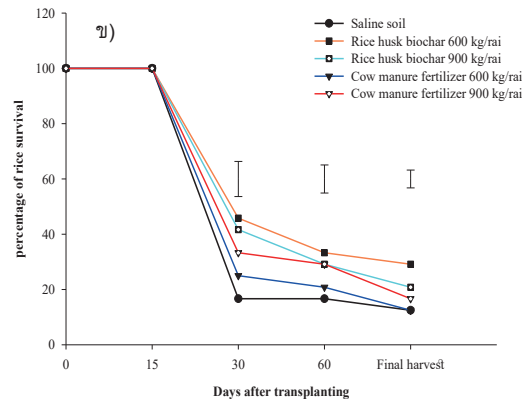
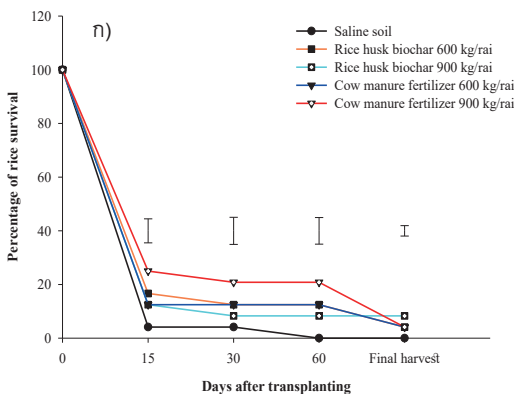
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Statistix 9 [13] และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 เปอร์เซ็นต์การรอดของข้าว

การรอดตายของข้าวภายใต้สภาพดินเค็ม พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เริ่มมีต้นข้าวตายภายหลังจากการปักดำไม่เกิน 15 วัน โดยปริมาณต้นข้าวที่รอดลดลงอย่างต่อเนื่องดำรับที่ใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด (25.00 เปอร์เซ็นต์) เมื่อระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวในดำรับใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายคงที่ไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยวคือ 8.34 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดำรับที่ไม่ใส่อะไรเลย (ดินเค็มอย่างเดียว) มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำสุด คือ 0 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 1ก)



รูปที่ 1 เปอร์เซ็นต์การรอดตายของข้าว ก) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ข) สายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5

เปอร์เซ็นต์การรอดตายของข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 พบว่าข้าวเริ่มมีการตายภายหลังจาก 15 วัน หลังปักดำ เมื่อระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวดำรับใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของข้าว สูงสุด (29.17 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ดำรับดินเค็มอย่างเดียว

และดำรับใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของข้าวต่ำสุด (12.50 เปอร์เซ็นต์) (รูปที่ 1ข) ซึ่งผลกระทบของกระบวนการยับยั้งของเกลือในดินพีชหลักๆ เกิดจากความเครียดที่เกิดจากออสโมซิส (Osmosis stress) และความเครียดจากไอออน (Ionic stress) [13] Osmosis

stress เริ่มระหว่างการที่รากพืชอยู่ในสภาพที่ดินมีความเค็มในระดับสูงส่งผลทำให้ลดการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการทำงานของพืช ในขณะที่ Ionic stress เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมของ Na^+ มากถึงระดับที่เป็นพิษ [14] การมี Na^+ ในปริมาณที่สูงทำให้ชะลอกระบวนการทางสรีรวิทยา และชีวเคมีในเซลล์พืชส่งผลทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก [15] รวมถึงการไม่สมดุลระหว่างธาตุอาหาร [16] และการจำกัดการดูดใช้ธาตุอาหารพืชที่จำเป็น (K, Ca, Mg และ P เป็นต้น) ในที่สุดมีผลต่อการสูญเสียผลผลิต ผลจากการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นว่า พันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ภายหลังการปักดำข้าว 15 วัน มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม โดยในช่วง 15 วันหลักปักดำยังสามารถรักษาการรอดชีวิตได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวชาวดอกมะลิ 105 ลดลงต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 1ก และ ข) เนื่องจากดินมีความเค็มที่สูง (4.89 μS) ทำให้ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ไม่สามารถทนความเค็มได้ในระดับนี้ได้ โดยปกติข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 จะสามารถทนเค็มได้ในดินที่มีเกลืออยู่ประมาณ 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์เกลือ) ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ที่พัฒนาจากข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ให้มีความสามารถในการทนเค็มเพิ่มขึ้นถึง 0.4-0.8 เปอร์เซ็นต์เกลือ [17] โดยกรมการข้าว [17] รายงานว่า ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 มักมีปัญหาความเสียหายที่เกิดจากความเค็มในระยะกล้า เช่นเดียวกันกับ Reddy และคณะ [18] รายงานว่า การเจริญเติบโต และความสามารถในการทนเค็มของข้าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต และสายพันธุ์ ในระยะต้นอ่อน ข้าวจะไวต่อความเค็มมาก ทำให้ความสูง ความยาวราก และการงอกของรากใหม่ลดลง ใบไม้ ม้วนงอ ปลายใบเป็นสีน้ำตาลจนกระทั่งตายไป นอกจากนี้ ความเค็มยังมีผลยับยั้งการยึดตัวของใบ และการสร้างใบใหม่ซึ่งมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบเป็นระยะที่ข้าวทนทานความเค็ม ซึ่งข้าวจะทนเค็มมากที่สุดเมื่ออายุ 90 วัน [19] นอกจากนี้ การศึกษายังพบว่า สายพันธุ์ข้าวทนเค็มเพิ่มอัตราการรอดตายของข้าวในระยะต้นกล้าได้ดีกว่าพันธุ์ข้าวชาวมะลิ 105 มากถึง 96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบในสภาพดินเค็มที่ไม่ได้ใส่สารอินทรีย์ ที่อายุ 15 วันหลักปักดำ อย่างไรก็ตาม ในการปลูกข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ในดินเค็ม การใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มการรอดตายของข้าวจนถึงระยะเก็บเกี่ยวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก และดำรับควบคุม ในขณะที่ข้าว

สายพันธุ์ทนเค็ม UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 พบว่าการใส่ถ่านแกลบ ทั้งปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูง แสดงให้เห็นว่า ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 มีอ่อนแอต่อดินเค็มมากในระยะต้นกล้า จำเป็นต้องเพิ่มสารอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารพืชที่เพียงพอและสามารถให้ข้าวดูดใช้ได้เร็วขึ้น เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตทั้งทางรากและลำต้น ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ทนเค็มมีความต้านทานต่อดินเค็มสูงกว่าในระยะต้นกล้าการใส่สารอินทรีย์ในระยะแรกไม่จำเป็นต้องมีธาตุอาหารที่สูง และหากมองอีกแง่หนึ่งจะเห็นได้ว่า การใส่ถ่านแกลบอาจช่วยในการดูดซับไอออนของธาตุที่มีอยู่ในดินเค็ม เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับสูง [20-21] ซึ่งความสามารถของการดูดซับของถ่านขึ้นอยู่กับวัสดุดิบ และสภาพแวดล้อมของการผลิต [22] ประกอบกับถ่านมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity) และพื้นที่สัมผัส (Surface area) สูง

3.2 การเจริญเติบโตของข้าว

การเจริญเติบโตของข้าวเมื่ออายุ 30 วันหลังปักดำพบว่า ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ในดำรับที่ใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้จำนวนต้นตอก (2 ต้นตอก) และความสูงของข้าว (81 เซนติเมตร) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีดำรับควบคุม (ดินเค็มอย่างเดียว) มีความสูงต่ำสุด คือ 59 เซนติเมตร ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 (ข้าวทนเค็ม) ในดำรับที่ใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงกว่าดำรับอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

การเจริญเติบโตของข้าวเมื่ออายุ 60 วันหลังปักดำ พบว่า ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนต้นตอกสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (2 ต้นตอก) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.01$ ในดำรับถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม พบว่า ดำรับการใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีความสูงมากกว่าดำรับอื่นๆ (104.88 เซนติเมตร) ส่วนข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 พบว่า จำนวนต้นตอกไม่มีความแตกต่างกันระหว่างดำรับ แต่พบว่า ดำรับที่ใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวมีความสูงมากที่สุด คือ 73.13 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

จากผลการศึกษา พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวเมื่ออายุ 30 วันหลังปักดำ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีการตอบสนองต่อการใส่ถ่านแกลบทั้งปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยคอกทั้งปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ดีกว่าข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 อย่างไรก็ตาม เมื่ออายุ 60 วันหลังปักดำ การใส่ถ่านแกลบปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดีกว่าการใช้สารอินทรีย์อื่น ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 การใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ ก็เพียงพอทำให้การเจริญเติบโตของข้าว ดีกว่าปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ รวมถึงถ่านแกลบด้วย (ตารางที่ 3) จากผลการศึกษาซึ่งชี้ให้เห็นว่า การใส่ถ่านแกลบในดินเค็มที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของข้าวในช่วงนี้ อาจเนื่องจากถ่านแกลบช่วยลดการดูดซับโซเดียมของพืชโดยการยึด Na^+ ไว้ชั่วคราว เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับสูง นอกจากนี้ยังลดความเครียดที่เกิดจากออสโมซิส (Osmosis stress) โดยการดูดซับธาตุอาหาร (K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+}) และค่อยๆ ปลดปล่อย

ออกมาสู่สารละลายดินให้พืชสามารถดูดไปใช้ได้ [23] ในทางตรงข้าม ข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 การตอบสนองต่อถ่านแกลบต่ำกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ทนเค็ม ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบมาก สอดคล้องกับการทดลองของ Akhtar และคณะ [24] พบว่า ใส่ถ่านลงในดินที่มีความเค็ม 3 ระดับ ในดินที่ปลูกมะเขือเทศ ถ่านช่วยบรรเทาความเครียดที่เกิดจากดินเค็มในมะเขือเทศได้ เนื่องจากมีศักยภาพในการดูดซับเกลือสูง (Na^+)

3.3 ผลผลิตของข้าว

ผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ในสภาพดินเค็มข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ใส่อะไรเลยไม่สามารถให้ผลผลิตข้าวได้ โดยในตำรับที่ใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดข้าว (2.18 และ 2.288 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) เเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงสุด (87.95 และ 87.26 เเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และค่า HI (0.20) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 เมื่ออายุ 30 วันหลังปักดำ

ตำรับ	ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105		ข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU -MAS-192-2-5-5	
	จำนวนต้นต่อกอ	ความสูง (cm)	จำนวนต้นต่อกอ	ความสูง (cm)
ดินเค็มอย่างเดียว	1 b	59.00 d	2 a	41.97 a
ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กก./ไร่	2 a	81.00 a	2 a	32.58 b
ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กก./ไร่	1 b	76.69 b	2 a	43.33 a
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กก./ไร่	1 b	65.91 c	1 b	42.56 a
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กก./ไร่	2 a	81.00 a	2 a	40.04 a
LSD .05	0.48**	3.14**	0.55**	6.39*
C.V. (%)	24.33	2.87	22.82	10.58

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.01$ และ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 และข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 เมื่ออายุ 60 วันหลังปักดำ

ตำรับ	ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105		ข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5	
	จำนวนต้นต่อกอ	ความสูง (cm)	จำนวนต้นต่อกอ	ความสูง (cm)
ดินเค็มอย่างเดียว	1 b	65.00 d	1	62.44 b
ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กก./ไร่	2 a	92.67 b	1	66.47 b
ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กก./ไร่	1 b	104.88 a	1	59.50 c
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กก./ไร่	1 b	77.69 c	1	73.13 a
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กก./ไร่	2 a	93.00 b	1	66.22 b
LSD _{.05}	0.34**	9.27**	0.34 ^{ns}	6.16**
C.V. (%)	16.56	8.35	21.30	6.24

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.01$ และ ^{ns} = ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P > 0.05$

ในขณะที่ในตำรับใส่ปุ๋ยคอกทั้งปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่พบเมล็ดเต็ม เช่นเดียวกันกับตำรับควบคุม (ดินเค็มอย่างเดียว) (ตารางที่ 4)

ผลผลิตของข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 พบว่า ตำรับควบคุม (ดินเค็มอย่างเดียว) ต้นข้าวให้ผลผลิตได้โดยมีน้ำหนักผลผลิตเมล็ด 0.58 กรัมต่อต้น ซึ่งมีค่าต่ำสุด ในตำรับปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่พบว่าตำรับใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มต่ำกว่าตำรับใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงกว่าตำรับอื่นๆ (86.62 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 5) จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ดินเค็มส่งผลต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 มากกว่าข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 (สายพันธุ์ทนเค็ม) โดยพบว่า ในสภาพที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ในดินเค็ม ข้าวสายพันธุ์ทนเค็มให้ผลผลิตมากกว่าข้าวชาวดอกมะลิ 105 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากงานวิจัยนี้หากใช้ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ปลูกในดินเค็มนี้จะไม่ให้ผลผลิตข้าวเลย (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม การใส่ถ่านแกลบทั้งปริมาณ 600 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูง (2.18-2.28 กรัมต่อต้น

ตามลำดับ) ชี้ให้เห็นว่า การปลูกข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 การใส่ถ่านแกลบช่วยเพิ่มศักยภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต อาจเนื่องจาก ถ่านแกลบมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกสูง (CEC สูงกว่าปุ๋ยคอก) ทำให้สามารถดูดซับปริมาณความเข้มข้นของ Na^+ ภายได้สภาพดินเค็มในสารละลายดินลดลง เพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำ และลดการเป็นพิษของ Na^+ ต่อข้าว ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม การใส่ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงแต่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มต่ำกว่ามาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใส่ถ่านแกลบถึงแม้จะให้ปริมาณของผลผลิตที่ต่ำกว่าแต่คุณภาพของผลผลิตดีกว่า อาจเนื่องจากถ่านช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืช การปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ ให้เป็นประโยชน์และใช้ในการสร้างผลผลิตได้ดีกว่าการใส่สารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม การใส่ถ่านจำเป็นต้องใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี เนื่องจากถ่านมีปริมาณธาตุอาหารต่ำ ยกเว้น โพแทสเซียมซึ่งอยู่ในรูปของเถ้าที่ติดมากับถ่าน [8]

ตารางที่ 4 จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักแห้ง %เมล็ดเต็ม และค่า HI ของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

ตำรับ	จำนวน รวงต่อต้น	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น)				% เมล็ด เต็ม	HI
		ฟาง	รวง	เมล็ด	ทั้งหมด		
ดินเค็มอย่างเดียว	0 c	0.00 c	0.00 c	0.00 b	0.00 c	0.00 b	0.00 d
ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กก./ไร่	2 a	11.78 a	8.85 a	2.18 a	20.33 a	87.95 a	0.11 b
ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กก./ไร่	1 b	8.61 b	6.87 b	2.28 a	15.14 b	87.26 a	0.15 a
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กก./ไร่	1 b	10.44 ab	6.19 b	0.23 b	16.63 b	0.00 b	0.02 c
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กก./ไร่	1 b	9.39 ab	6.82 b	0.21 b	16.65 b	0.00 b	0.01 cd
LSD _{.05}	0.13**	1.16**	0.51**	0.12**	0.71**	1.88**	0.01**
C.V. (%)	16.56	22.86	14.76	20.74	8.73	8.00	21.88

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.01$

ตารางที่ 5 จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักแห้ง %เมล็ดเต็ม และค่า HI ของข้าวสายพันธุ์ UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5

ตำรับ	จำนวน รวงต่อต้น	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น)				% เมล็ดเต็ม	HI
		ฟาง	รวง	เมล็ด	ทั้งหมด		
ดินเค็มอย่างเดียว	1 b	2.50 b	0.72 b	0.58 c	3.21 c	55.89 c	0.18 c
ถ่านแกลบ ปริมาณ 600 กก./ไร่	2 a	5.62 a	2.99 a	1.72 c	8.60 ab	81.86 a	0.20 b
ถ่านแกลบ ปริมาณ 900 กก./ไร่	1 b	3.56 b	1.52 b	1.52 c	5.07 c	86.62 a	0.30 a
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 600 กก./ไร่	1 a	5.48 a	2.86 a	2.22 b	8.34 b	72.68 b	0.27 ab
ปุ๋ยคอก ปริมาณ 900 กก./ไร่	1 a	6.05 a	3.20 a	2.99 a	9.25 a	74.97 ab	0.33 a
LSD _{.05}	0.89**	0.61**	0.50**	0.41**	0.83**	12.02**	0.06**
C.V. (%)	22.32	8.46	13.74	14.02	7.65	10.06	15.18

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.01$

4. สรุป

การปลูกข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 การใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับ Na^+ เช่น ถ่าน จะเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของข้าวได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยคอก ในขณะที่การใช้ข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม UBN02124-RGDU-MAS-192-2-5-5 เพิ่มเปอร์เซ็นต์การรอดตายของข้าว โดยเฉพาะในดินเค็มที่มีระดับความเค็มระหว่าง 0.4-0.8 เปอร์เซ็นต์เกลือ และยังคงให้ผลผลิต

ที่ดีและมีคุณภาพ อย่างไรก็ตาม การใช้ข้าวสายพันธุ์ทนเค็มจะตอบสนองดีกับการใช้ถ่านแกลบในการปรับปรุงดิน เนื่องจากมีสมบัติในการดูดซับ และปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์อย่างช้าๆ โดยเฉพาะ Na^+ ซึ่งมีปริมาณสูงในสารละลายดิน ทำให้เกิดการเป็นพิษต่อข้าว นอกจากนี้ การใส่ถ่านแกลบลงในดินเค็มจะช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงของ pH มากกว่าการใส่สารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ รวมทั้งค่า EC ซึ่งเป็นตัวชี้วัดระดับ

ความเค็มของดิน นอกจากนี้การเลือกพันธุ์ข้าวก็ปัจจัยที่สำคัญในการให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพดินเค็ม ควรพิจารณาตามระดับความเค็มหากมากกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์เกลือ ไม่ควรจะใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากผลผลิตที่ได้ไม่คุ้มค่าในการผลิต

5. เอกสารอ้างอิง

1. Yuvaniyama, A., 2009, Saline Soils Managements in the Northeast, Land Development Department (In Thai).
2. Siriwat, S. and Kheoruenromme, I., 2008, "Environmental Condition of Saline Soils Distributed in Sakon Nakhon Basin, Northeast Thailand," *Proceeding of 44th Kasersart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, pp. 194-200 (In Thai).
3. Shrivastava, P. and Kumar, R., 2015, "Soil Salinity: A Serious Environmental Issue and Plant Growth Promoting Bacteria as one of Tools for its Alleviation," *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, pp. 123-131.
4. Kizito, S., Luo, H. Lu, J., Bah, H., Dong, R. and Wu, S., 2019, "Role of Nutrient Enriched Biochar as a Soil Amendment during Maize Growth: Exploring Practical Alternatives to Recycle Agricultural Residuals and to Reduce Chemical Fertilizer Demand," *Sustainability*, 11, pp. 1-22.
5. Hemwong, S., 2018, "Effects of Rice Husk Charcoal under Chemical and Organic-Chemical Paddy Field on CH₄ Emission, Growth and Yield of KDML 105 Rice," *Journal of Agricultural Research and Extension*, 35 (1), pp. 1-11. (In Thai)
6. Wang, G. and Xu, Z., 2013. "The Effects of Biochar on Germination and Growth of Wheat in Different Saline-alkali Soil," *Asian Agricultural Research*, 5 (11), pp. 116-119.
7. Hemwong, S. and Cadisch, G., 2012, "Effect of Biochar Amendment on Soil Fertility and Lowland Rice Yield in Nakhon Phanom Province," *Nakhon Phanom University Journal 8th Nation Agricultural System Conference*, Nakhon Phanom, Thailand, pp. 45-48.
8. Hemwong, S., 2014, "Effects of Bamboo and Rice Husk Biochar on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Chainat 1 Rice Variety," *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 16 (1), pp. 69-75. (In Thai)
9. Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. and Massoud, F.I., 1988, Salt-Affected Soils and their Management, FAO, Rome, Italy.
10. Development and Research Rice Division, Rice Department, 2017, Saline Paddy Soil of 15 Districts, Nakhon Ratchasima Province [Online], Available: <http://brrd.ricethailand.go.th/>. (In Thai) [8 Jun 2019]
11. NRCS, 2011, Highly Erodible Land Conservation Compliance Provisions [Online], Available: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/programs/alphabetical/camr/?&cid=nrcs143_008440. [14 May 2019]
12. Ogg, C.L., 1960, "Determination of Nitrogen by the Micro-kjeldahl Method," *Journal of Association of Official Agricultural Chemists*, 43 (3), pp. 689-693.
13. Analytical Software, 2003, User's Manual, Analytical Software, Tallahassee, Florida.
14. Munns, R. and Tester, M., 2008, "Mechanisms of Salinity Tolerance," *Annual Review of Plant Biology*, 59, pp. 651-681.
15. Munns, R., 2005, "Genes and Salt Tolerance: Bringing them Together," *New Phytologist*, 167, pp. 645-663.
16. Grattan, S.M. and Grieve, C.M., 1998, "Salinity-mineral Nutrient Relations in Horticultural Crops," *Scientia Horticulturae*, 78, pp. 127-157.
17. Rice Department, 2017, "Move Forward to

Solve the Problem of Saline Soils in the Northeast [Online], Available: <http://www.ricethailand.go.th/web/>. (In Thai) [8 Jun 2019]

18. Reddy, I.N.B.L., Kim, S.M., Yeon, I.S. and Kwan, T.R., 2017, "Identification of Rice Accessions Associated with K^+/Na^+ Ratio and Salt Tolerance Based on Physiological and Molecular Responses," *Rice Science*, 24 (6), pp. 360-364.

19. Timsuksai, P., 2002, In Vitro Selection for Salt Tolerance in Rice, Master of Science Thesis, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.

20. Ahmad, M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, V., Lee, S.S. and Ok, Y.S., 2014. "Biochar as A Sorbent for Contaminant Management in Soil and Water: A Review," *Chemosphere*, 99, pp. 19-33.

21. Mohan, D., Sarswat, A., OK, Y.S. and Pittman Jr, C.U., 2014, "Organic and Inorganic Contaminants Removal from Water with Biochar, a Renewable, Low Cost and Sustainable Adsorbent- A Critical Review," *Bioresource Technology*, 160, pp. 191-202.

22. Paz-Ferreiro, J., Lu, H., Fu, S., Méndez, A. and Gascó, G., 2014, "Use of Phytoremediation and Biochar to Remediate Heavy Metal Polluted Soils: A Review," *Solid Earth*, 5, pp. 65-75.

23. Akhtar, S.S., Anderson, M.N., Naveed, M., Zahir, Z.A. and Liu, F., 2015, "Interactive Effect of Biochar and Plant Growth-promoting Bacterial Endophytes on Ameliorating Salinity Stress in Maize," *Functional Plant Biology*, 42, pp. 770-781.

24. Akhtar, S.S., Anderson, M.N. and Liu, F., 2015, "Biochar Mitigates Salinity Stress in Potato," *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, 201 (5), pp. 368-378.

