

ผลของถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิต
และความเข้มข้นธาตุอาหารในถั่วฝักยาวไร้ค้าง
Effects of Biochar and Fertilizer Managements on
Yield and Nutrient Concentration in Dwarf Yard Long Bean

สายชล สุขญาณกิจ* และสิริวรรณ สมิตธิอารณ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ตำบลประตูลี้ อำเภพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

ธนภัทร ปลื้มพุก

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว

ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ธนวรรณ พาณิชพัฒน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ถนนมาลัยแมน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Saychol Sukyankij* and Siriwan Samittiarporn

Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University,

Pratu Chai, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

Thanapat Pluemphuak

Khon Kaen Rice Seed Center, Rice Seed Division, Rice Department,

Samran, Muang, Khon Kaen 40000

Thanawan Panich-pat

Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen

Campus, Malaiman Road, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

บทคัดย่อ

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้ดินมีสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพดีขึ้น การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ความเข้มข้น และการสะสมธาตุอาหารในฝักถั่วฝักยาวไร้ค้างพันธุ์ มข. 25 และปริมาณธาตุ

อาหารคงเหลือในวัสดุปลูกหลังเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ การใส่ (A1) และไม่ใส่ (A2) ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูก ปัจจัยที่ 2 คือ การจัดการปุ๋ย 4 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (B1) ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราเทียบเท่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ (B2) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (B3) และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (B4) ผลการทดลองพบว่า การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูกทำให้ถั่วฝักยาวไร่ค้างมีการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารในผลผลิต สูงกว่าการไม่ใส่ ขณะที่กรรมวิธีการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อทั้งการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารในผลผลิต แต่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างถ่านชีวภาพและการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ด้านปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูก หลังเก็บเกี่ยวพบว่า การใส่ถ่านชีวภาพมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูกสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต เพิ่มการสะสมธาตุอาหารในพืช อีกทั้งช่วยกักเก็บธาตุอาหารเพื่อเป็นประโยชน์ต่อพืชในรอบฤดูกาลปลูกถัดไป

คำสำคัญ : ถ่านชีวภาพ; ปุ๋ยอินทรีย์; ปุ๋ยเคมี; ถั่วฝักยาวไร่ค้าง

Abstract

Biochar is an effective material for carbon sequestration in the soil and encouragement soil physical, chemical and biological properties. The aim of this experiment was to study the effect of biochar application with fertilizer management on growth, yield, nutrient concentration and nutrient accumulation in dwarf yard long bean cv. KKU 25 and residual nutrient content in postharvest material. The experimental design was arranged in 2x4 factorial in CRD with three replications and consisting of 2 factors. The first factor was to apply biochar (A1) and not apply biochar (A2) to planting material. The second factor was the fertilizer management of four methods as no fertilizer (B1), chemical fertilizer at the rate equivalent to using organic fertilizer 500 kg/rai (B2), organic fertilizer at 500 kg/rai (B3) and organic fertilizer at 1,000 kg/rai (B4). The results showed that the biochar application with planting material made dwarf yard long bean growing, yield and nutrient content higher than those of no application. However, the different fertilizer management methods did not affect both the growth and the nutrient content in the yield. The interaction between biochar and fertilizer management was found to be significantly different ($p \leq 0.05$). For nutrient content in postharvest material, it was found that addition of biochar resulted in a significant difference ($p \leq 0.05$) in nutrient and organic matter content. Therefore, the biochar application with planting material could promote growth, increase plant nutrient accumulation and also reserve nutrients to benefit the plants in the next crop season.

Keywords: biochar; organic fertilizer; chemical fertilizer; dwarf yard long bean

1. บทนำ

สถานการณ์สภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน อันเนื่องจากการใช้พลังงานต่าง ๆ ทั้งพลังงานจากน้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทั้งสิ้น เนื่องจากระบวนการในการผลิตพลังงานจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น [1] การลดอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้สามารถทำได้โดยการเลือกใช้พลังงานทางเลือก เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือพลังงานจากลม การใช้ถ่านชีวภาพเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจมาพิจารณา เพื่อช่วยในการกักเก็บคาร์บอนในรูปของแข็ง นอกจากนี้การใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินถูกหยิบยกขึ้นมากล่าวถึงกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากคุณลักษณะที่มีส่วนช่วยในการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดินอีกทั้งยังมีลักษณะเป็นวัสดุที่มีความพรุน ช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ความสามารถในการอุ้มน้ำ อีกทั้งช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างดิน [2] ซึ่งเป็นผลดีทั้งต่อสิ่งแวดล้อมและการนำมาประยุกต์ใช้ทางการเกษตร [3]

การผลิตถ่านชีวภาพนั้นได้จากระบวนการเผาไหม้แบบไม่ใช้ออกาศ (pyrolysis) ที่อุณหภูมิประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านชีวภาพ น้ำมันชีวภาพประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซชนิดต่าง ๆ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณถ่านชีวภาพที่ได้จากระบวนการจะมีเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น [4] มีรายงานหลายฉบับที่อธิบายถึงประโยชน์ของถ่านชีวภาพในทางการเกษตร [3,5-7] จากงานวิจัยของ Schulz และ Glaser [5] ที่ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินและการเจริญเติบโตของข้าวโอ๊ตในสภาพโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับเศษหญ้าอัตรา 2.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทำให้ข้าวโอ๊ตมี

ผลผลิตสูงสุด รองลงมา คือ การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และเศษหญ้าอัตรา 2.5 : 1.5 : 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบว่าข้าวโอ๊ตมีผลผลิตน้อยที่สุด ขณะที่ Zhang และคณะ [6] ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อคุณภาพดิน ผลผลิตข้าว และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในดินนาของประเทศจีน พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพช่วยให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นและยังช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงได้ ซึ่งจะให้ผลการลดลงอย่างชัดเจนเมื่อมีการปลูกพืชผ่านไปแล้วยังน้อยหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

การใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตพืชก็มีความสำคัญต่อการเพาะปลูกเช่นกัน โดยปกติการปลูกพืชตระกูลถั่วจะมีการใช้ปุ๋ยน้อยมาก เนื่องจากในปมรากถั่วมีจุลินทรีย์ที่ช่วยตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศลงมาใช้ได้ [8] แต่การปลูกถั่วฝักยาวจะให้ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่อีกครั้งเมื่อถั่วมีอายุ 3 สัปดาห์ โดยใช้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ [9] ซึ่งการใช้ปุ๋ยนี้อาจปรับเปลี่ยนจากการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษารุ่นนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาการตอบสนองด้านผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของถั่วฝักยาวไร้ค้าง เมื่อมีการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ และ (2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารภายหลังการสับกลบเศษซากถั่วฝักยาวลงในวัสดุปลูก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

ทดลอง ณ โรงเรือน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จัดสิ่งทดลอง

แบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือ ใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูก (A1) และไม่ใส่ถ่านชีวภาพ (A2) โดยถ่านชีวภาพที่ใช้ในการทดลองเป็นถ่านชีวภาพจากกะลามะพร้าว ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วยไม่ใส่ปุ๋ย (B1) ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราเทียบเท่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ (B2) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (เท่ากับ 7.44 กรัมต่อกระถาง) (B3) และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (14.88 กรัมต่อกระถาง) (B4) (2×4 factorial in CRD) โดย

ดำรับทดลองที่มีการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูกจะผสมถ่านชีวภาพ 1 ส่วน กับทราย 4 ส่วน เข้าด้วยกัน แล้วกวนจนผสมเข้ากันดี ส่วนดำรับทดลองที่ไม่ใช้ถ่านชีวภาพจะใช้ทรายเป็นวัสดุปลูกเพียงอย่างเดียว โดยวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของวัสดุปลูกและปุ๋ยอินทรีย์ตามวิธีการของ National Soil Survey Center [10] และ Agriculture Chemistry Research Group [11] ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

Table 1 Properties of growing media used in the experiment before plantation

Properties	Growing media (1 _{Biochar} : 4 _{Sand})	Sand
Soil pH	7.95	7.8
Saturated electrical conductivity (dS/m)	0.17	0.07
Organic matter (%)	2.03	0.07
Cation exchange capacity (meq/100 g)	1.00	0.63
Total nitrogen (%)	0.19	0.01
Total phosphorus (%)	0.10	0.09
Total potassium (%)	0.38	0.07

Table 2 Properties of organic fertilizer used in the experiment

Properties	Analytical result	Standard value ^{1/}
pH	8.1	5.5-8.5
Electrical conductivity _{1:10} (dS/m)	5.86	<10
Total nitrogen (%)	2.25	>1.0
Total phosphorus (%)	0.52	>0.5
Total potassium (%)	1.87	>0.5
Organic matter (%)	30.35	>20
Carbon : Nitrogen ratio	8:1	<20 : 1
Gravel (%)	0	<2

^{1/}Department of Agriculture [12]

หลังจากได้วัสดุปลูกที่ผ่านการเตรียมเรียบร้อยแล้ว จะตวงใส่กระถางพลาสติกขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร อัตรา 10 กิโลกรัมต่อกระถาง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวไร้ค้างพันธุ์ มข. 25 ลงปลูกกระถางละ 3 เมล็ด เมื่อเมล็ดงอกแล้ว 7 วัน จะถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง (ได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์จากสาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

ด้านการใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกในอัตราตามแผนการทดลอง ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีจะแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นอัตราครึ่งหนึ่งของแผนการทดลอง และใส่อีกครั้งเมื่อถั่วฝักยาวอายุได้ 3 สัปดาห์หลังปลูก ดูแลรดน้ำทุกวันและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ระยะ 65 วันหลังปลูกจนแล้วเสร็จที่ระยะ 80 วันหลังปลูก หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วเสร็จจะตัดต้นถั่วสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร นำมาสับย่อยให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักสดต้นและใบ จากนั้นนำเศษพืชกลับไปฝังกลบในกระถางเดิม เมื่อครบ 25 วันหลังการฝังกลบ จะเก็บตัวอย่างวัสดุปลูกเพื่อนำมาวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหาร

2.2 การเก็บข้อมูลผลการทดลอง

เก็บข้อมูล ได้แก่ ความสูง น้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักฝักเฉลี่ย จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักสดต่อต้น และน้ำหนักฝักแห้งต่อต้น นอกจากนี้จะวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในฝักตามวิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชของ Attanandana และ Chanchareonsook [13] จากนั้นคำนวณค่าการสะสมธาตุอาหารโดยนำค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารคูณกับน้ำหนักแห้งพืช [14] ส่วนปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด และปริมาณอินทรีย์วัตถุวิเคราะห์

ตามวิธีการของ National Soil Survey Center [10] ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตถั่วฝักยาวไร้ค้าง

พิจารณาจากค่าความสูง น้ำหนักต้นสด น้ำหนักฝักเฉลี่ย จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักสดและน้ำหนักฝักแห้งต่อต้น (ตารางที่ 3) ผลการทดลองพบว่า การใส่ถ่านชีวภาพมีผลให้จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักต้นสด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสูงต้นและน้ำหนักฝักเฉลี่ยพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยตำรับทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพมีผลให้น้ำหนักต้นสด จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักสด และน้ำหนักฝักแห้งต่อต้นของถั่วฝักยาวไร้ค้างมีค่าสูงกว่าตำรับทดลองที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพ ส่วนปัจจัยด้านการจัดการปุ๋ยนั้นพบว่ากรรมวิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตถั่วฝักยาวไร้ค้าง โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง ด้านปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างถ่านชีวภาพและการจัดการปุ๋ยนั้น พบว่าจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักสด และน้ำหนักฝักแห้งต่อต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับทดลองใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ (A1B3) และตำรับใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (A1B4) ให้น้ำหนักฝักสดและน้ำหนักฝักแห้งต่อต้นสูงที่สุด (187.33 และ 16.14 กรัมต่อต้นตามลำดับ)

Table 3 Effect of biochar and fertilizer management on growth and yield of dwarf yard long bean

Treatments	Height (cm) ¹	Stem fresh weight (g) ¹	Average pod weight (g) ¹	Number of pod (pod/plant) ¹	Pod fresh weight (g/plant) ¹	Pod dry weight (g/plant) ¹
Factor A (Biochar)						
Biochar (A1)	60.92	106.50 ^a	7.98	21.66 ^a	167.25 ^a	15.08 ^a
No biochar (A2)	57.00	85.50 ^b	7.69	18.08 ^b	136.50 ^b	12.18 ^b
F-test	ns	*	ns	**	*	**
Factor B (Fertilizer management)						
No fertilizer (B1)	58.66	88.33	7.39	20.00	138.50	12.18
Chemical fertilizer (B2)	56.66	104.00	8.14	18.50	147.16	13.83
Organic fertilizer 500 kg/rai (B3)	60.00	93.83	8.58	19.50	167.33	14.52
Organic fertilizer 1,000 kg/rai (B4)	60.50	97.83	7.23	21.50	154.50	13.99
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction between factor A and B (AxB)						
A1B1	64.66	96.33	6.90	24.00 ^a	155.33 ^{ab}	14.19 ^{ab}
A1B2	55.66	116.33	8.32	18.33 ^{ab}	148.00 ^{ab}	14.61 ^a
A1B3	63.00	107.00	9.19	20.33 ^{ab}	187.33 ^a	15.39 ^a
A1B4	60.33	106.33	7.51	24.00 ^a	178.33 ^a	16.14 ^a
A2B1	52.66	80.33	7.88	16.00 ^b	121.66 ^b	10.18 ^b
A2B2	57.66	91.66	7.97	18.66 ^{ab}	146.33 ^{ab}	13.05 ^{ab}
A2B3	57.00	80.66	7.97	18.66 ^{ab}	147.33 ^{ab}	13.65 ^{ab}
A2B4	60.66	89.33	6.96	19.00 ^{ab}	130.66 ^b	11.85 ^{ab}
F-test	ns	ns	ns	*	*	*
CV (%)	13.43	22.71	18.07	19.85	15.20	16.07

¹ Means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatments using by DMRT; *, **Significant differences at 0.05 and 0.01 probability levels;

^{ns}Not significant

ถ่านชีวภาพถือเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีประสิทธิภาพในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาของ Manaonok และคณะ [15] ซึ่งทดสอบการใช้ถ่านชีวภาพต่อสมบัติดินและการเจริญเติบโตของข้าวนาหว่านน้ำตม พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพทำให้ข้าวมีความสูง จำนวนหน่อต่อต้น และพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงกว่าการไม่ใส่ถ่านชีวภาพ นอกจากนี้ Carter และคณะ [16] ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพต่อสมบัติดินและการเจริญเติบโตของผักกาดหอมและกะหล่ำปลี พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพทำให้ผักกาดหอมและกะหล่ำปลีมีความสูง ชีวมวลส่วนเหนือดิน ส่วนราก และจำนวนใบสูงกว่าการไม่ใส่ถ่านชีวภาพ ซึ่งผลที่ได้เหล่านี้มีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ศึกษา ขณะที่จากผลการทดลองในส่วนของการจัดการปุ๋ยจะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีรวมถึงการไม่ใส่ปุ๋ย ไม่มีผลต่อความแตกต่างของผลผลิตถั่วฝักยาวไร้ค้าง ซึ่งอาจเพราะถั่วฝักยาวไร้ค้างที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นพืชที่มีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ เนื่องจากมีปมรากซึ่งเป็นที่อยู่ของแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถตรึงไนโตรเจน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหรือไม่ใส่ปุ๋ยจึงไม่เห็นถึงความแตกต่างกัน แต่ทั้งนี้หากพิจารณาค่าที่ได้ (ตารางที่ 3) จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มทำให้ถั่วฝักยาวไร้ค้างมีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศในปมรากถั่ว ทำให้ถั่วได้รับไนโตรเจนจากกิจกรรมดังกล่าวและส่งผลถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย [8]

3.2 ความเข้มข้นและการสะสมธาตุอาหารในถั่วฝักยาวไร้ค้าง

ส่วนความเข้มข้นและการสะสมธาตุอาหารจะพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน

ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในฝัก (ตารางที่ 4) เนื่องจากเป็นส่วนที่จะเกิดการสูญเสียออกจากแปลงเพาะปลูกได้ผ่านการถ่ายเทไปยังผลผลิตพืช ผลการทดลองพบว่าการใช้ถ่านชีวภาพมีผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในฝักและการสะสมธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดำรับทดลองใช้ถ่านชีวภาพให้ค่าความเข้มข้นโพแทสเซียมในฝักและการสะสมธาตุอาหารหลักทั้งสามธาตุสูงกว่าดำรับทดลองที่ไม่ใช้ถ่านชีวภาพ ด้านปัจจัยการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติต่อความเข้มข้นและการสะสมธาตุอาหารในฝัก ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ถ่านชีวภาพรวมกับการจัดการปุ๋ยพบว่ามีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเฉพาะความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในฝักเท่านั้น โดยดำรับทดลองใช้ถ่านชีวภาพรวมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (A1B3) ให้ค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในฝักสูงที่สุด (2.53 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับดำรับทดลองที่ A1B1, A1B2 และ A1B4 ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักอื่น ๆ และการสะสมธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ธาตุ ในฝักนั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการในเชิงสรีรวิทยาของพืช นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายถึงการสูญเสียธาตุอาหารผ่านกระบวนการถ่ายเทไปยังผลผลิตพืช โดย Coumaravel และคณะ [17] ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพอัตรา 10 ตันต่อเฮกตาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี NPK ในอัตราแนะนำ (250 : 75 : 75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ร่วมกับปุ๋ยคอก 12.5 ตันต่อเฮกตาร์ และ *Azospirillum* sp. อัตรา 2 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตและการดูดใช้

Table 4 Effect of biochar and fertilizer management on nutrient concentration and nutrient uptake in pod of yard long bean

Treatments	Nutrient concentration in pod (%) ¹			Nutrient uptake in pod (g/plant) ¹		
	N	P	K	N	P	K
Factor A (Biochar)						
Biochar (A1)	4.02	0.51	2.42 ^a	0.61 ^a	0.073 ^a	0.36 ^a
No biochar (A2)	3.96	0.51	2.10 ^b	0.47 ^b	0.062 ^b	0.25 ^b
F-test	ns	ns	**	**	**	**
Factor B (Fertilizer management)						
No fertilizer (B1)	4.19	0.54	2.39	0.51	0.065	0.29
Chemical fertilizer (B2)	3.81	0.51	2.16	0.53	0.069	0.29
Organic fertilizer 500 kg/rai (B3)	3.94	0.51	2.22	0.58	0.074	0.32
Organic fertilizer 1,000 kg/rai (B4)	4.00	0.50	2.25	0.56	0.068	0.31
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction between factor A and B (A x B)						
A1B1	4.09	0.52	2.49 ^a	0.58	0.073	0.35
A1B2	3.91	0.51	2.37 ^{ab}	0.57	0.074	0.34
A1B3	4.14	0.53	2.53 ^a	0.64	0.082	0.39
A1B4	3.92	0.49	2.31 ^{ab}	0.63	0.078	0.37
A2B1	4.29	0.56	2.29 ^b	0.43	0.057	0.23
A2B2	3.71	0.50	1.96 ^{cd}	0.48	0.065	0.25
A2B3	3.74	0.49	1.92 ^d	0.51	0.067	0.26
A2B4	4.09	0.49	2.19 ^{bc}	0.48	0.058	0.25
F-test	ns	ns	**	ns	ns	ns
CV (%)	5.39	6.15	5.93	16.44	15.79	15.57

¹Means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatments using by DMRT; **Significant differences at 0.01 probability levels, ^{ns}Not significant

ธาตุอาหารหลักสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Pandian และคณะ [3] ที่ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน

เพื่อผลผลิตถั่วลิสงในดินอัลฟิโซลส์เขตกึ่งร้อน พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพปริมาณมากขึ้นมีผลให้ถั่วลิสงมีการดูดใช้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยภาพรวมของงานทดลอง

นั้น การใช้ถ่านชีวภาพจากลำต้นถั่วมะแฮะอัตรา 5 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ถั่วลิสงมีการดูดใช้ในโตรเจนและโพแทสเซียมสูงที่สุด ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าปัจจัยในเรื่องการใช้ถ่านชีวภาพเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นและการดูดซึ้อย่างมาก โดยเฉพาะการสะสมธาตุอาหารหลักในฝักที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเพราะถ่านชีวภาพมีความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร [3] ประกอบกับการทดลองนี้ใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ซึ่งเป็นวัสดุที่มีธาตุอาหารน้อย การอุ้มน้ำต่ำ การใช้ถ่านชีวภาพจึงเห็นผลอย่างชัดเจนทั้งด้านการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารในพืช

3.3 ปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุหลังปลูก

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และอินทรีย์วัตถุหลังปลูก พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรีย์วัตถุมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดำรับทดลองใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดำรับทดลองที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพ ขณะที่ปัจจัยด้านการจัดการปุ๋ยพบว่าดำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยที่ต่างกันให้ค่าปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรีย์วัตถุในวัสดุปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างถ่านชีวภาพรวมกับการจัดการปุ๋ยนั้นพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอินทรีย์วัตถุในวัสดุหลังปลูก โดยภาพรวมของผลการทดลองนั้นพบว่าดำรับทดลองที่มีการใช้ถ่านชีวภาพให้ค่าปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุคงเหลือในวัสดุปลูกสูงกว่าดำรับทดลองที่ไม่ใช้ถ่านชีวภาพ

ถ่านชีวภาพถือเป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการลดปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน อีกทั้งด้วยลักษณะโครงสร้าง

ของถ่านชีวภาพที่มีรูพรุนสูงจึงมีประสิทธิภาพในการเก็บกักน้ำและธาตุอาหารในดิน ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เน้นศึกษาถึงประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างแพร่หลาย [3,5,7,18] โดย Schulz และ Glaser [5] ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินและการเจริญเติบโตของข้าวโอ๊ต พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้ข้าวโอ๊ตมีผลผลิตสูงที่สุด ขณะที่การใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกันกับคำร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสของดินที่มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ Thammasom และคณะ [7] ศึกษาความแตกต่างระหว่างการใส่ถ่านชีวภาพและฟางข้าวต่อผลผลิตภาพดิน การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในดินนาบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพและฟางข้าวสามารถเพิ่มคุณภาพดินและผลผลิตข้าว นอกจากนี้ ถ่านชีวภาพยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ลดศักยภาพการเกิดก๊าซเรือนกระจก (global warming potential) และเพิ่มค่าการกักเก็บคาร์บอนในดิน ซึ่งถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยบรรเทาสภาวะโลกร้อนลงได้

4. สรุป

การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูกนั้นให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหาร อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุในวัสดุปลูกหลังการเก็บเกี่ยว ขณะที่การจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและปริมาณธาตุอาหารพืชในวัสดุปลูก ดังนั้นอาจกล่าวได้

ว่าการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ หรือ
ใส่เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินจะให้ผลดีต่อพืชปลูกทั้งใน
ด้านการเพิ่มขึ้นของผลผลิต การเก็บรักษาธาตุอาหาร

และอินทรีย์วัตถุในการปลูกพืชรอบฤดูการถัดไป อีกทั้ง
ยังเป็นการกักเก็บคาร์บอนให้อยู่ในรูปที่มีความเสถียร
ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

Table 5 Amount of nutrient concentration and organic matter in growing media after plantation

Treatments	Residual nutrient in growing media (g/kg) ¹			OM (%) ¹
	N	P	K	
Factor A (Biochar)				
Biochar (A1)	1.70 ^a	0.95 ^a	0.79 ^a	3.11 ^a
No biochar (A2)	0.71 ^b	0.79 ^b	0.31 ^b	1.72 ^b
F-test	**	**	**	**
Factor B (Fertilizer management)				
No fertilizer (B1)	1.21	0.88	0.52	2.50
Chemical fertilizer (B2)	1.24	0.88	0.58	2.22
Organic fertilizer 500 kg/rai (B3)	1.24	0.85	0.51	2.31
Organic fertilizer 1,000 kg/rai (B4)	1.12	0.86	0.59	2.62
F-test	ns	ns	ns	ns
Interaction between factor A and B (A×B)				
A1B1	1.77 ^a	0.93 ^a	0.78 ^a	3.33 ^a
A1B2	1.71 ^a	0.96 ^a	0.83 ^a	2.97 ^a
A1B3	1.77 ^a	0.95 ^a	0.73 ^a	3.00 ^a
A1B4	1.53 ^a	0.94 ^a	0.82 ^a	3.13 ^a
A2B1	0.65 ^b	0.82 ^b	0.27 ^b	1.66 ^c
A2B2	0.76 ^b	0.97 ^{bc}	0.34 ^b	1.47 ^c
A2B3	0.71 ^b	0.76 ^c	0.28 ^b	1.62 ^c
A2B4	0.71 ^b	0.78 ^{bc}	0.35 ^b	2.11 ^b
F-test	**	**	**	**
CV (%)	15.78	3.72	12.05	27.16

¹Means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatments using by DMRT; **Significant differences at 0.01 probability levels, ^{ns}Not significant

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 และขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. สมพงศ์ จันทร์แก้ว อาจารย์ประจำ สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวไว้ ค้างพันธุ์ มข. 25

6. References

- [1] Lehmann, J. , 2007, Bio- energy in the black, *Front. Ecol. Environ.* 5: 381-387.
- [2] Suliman, W., Harsh, J.B., Abu-Lail, N.I., Fortuna, A.M., Dallmeyer, I. and Garcia-Pérez, M. , 2017, The role of biochar porosity and surface functionality in augmenting hydrologic properties of a sandy soil, *Sci. Total Environ.* 574: 139-147.
- [3] Pandian, K., Subramaniayan, P., Gnasekaran, P. and Chitraputhirapillai, S., 2016, Effect of biochar amendment on soil physical, chemical and biological properties and groundnut yield in rainfed Alfisol of semi-arid tropics, *Arch. Agron. Soil Sci.* 62: 1293-1310.
- [4] Biederman, L.A. and Harpole, W.S., 2013, Biochar and its effect on plant productivity and nutrient cycling: A meta analysis, *GCB Bioenergy* 5: 202-214.
- [5] Schulz, H. and Glaser, B. , 2012, Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175: 410-422.
- [6] Zhang, A., Bian, R., Pan, G., Cui, L., Hussain, Q. , Li, L. , Zheng, J. , Zheng, J. , Zhang, J. , Han, X. and Yu, X., 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.
- [7] Thammasom, N., Vityakon, P. , Lawongsa, P. and Saenjan, P., 2016, Biochar and rice straw have different effects on soil productivity, greenhouse gas emission and carbon sequestration in Northeast Thailand paddy soil, *Agr. Nat. Res.* 50: 192-198.
- [8] Mala, T. , 2007, Organic Fertilizer and Biofertilizer: Production Techniques and Uses, 2nd Ed., Kasetsart University Press, Bangkok, 300 p. (in Thai)
- [9] Anonymous, 2014, Yard Long Bean, pp. 11-15, In *Thai Friend Agricultural Magazine*, Thai Central Chemical Public Company Ltd. (in Thai)
- [10] National Soil Survey Center, 1996, Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- [11] Agriculture Chemistry Research Group, 2008, Manual of Organic Fertilizer Analysis, Bureau of Agricultural Production Develop

- ment Research, Department of Agriculture, Bangkok, 50 p. (in Thai)
- [12] Department of Agriculture, 2005, Standards for Organic Fertilizers B.E. 2548, Government Gazette, pp. 9 issue 122, Special Part 109. (in Thai)
- [13] Attanandana, T. and Chanchareonsook, J., 1999, Manual of Soil and Plant Analysis, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 108 p. (in Thai)
- [14] Akinrinde, E. A. and Gaizer, T. , 2006, Differences in the performance and phosphorus use efficiency of some tropical rice (*Oryza sativa* L.) varieties, Pak. J. Nutri. 5(3): 206-211.
- [15] Manaonok, J., Gonkhamdee, S, Dejbhimon, K., Polpinit, W.K. and Jothityangkoon, D., 2016, Biochar: Its effect on soil properties and growth of wet-direct seeded rice (A pot trial), Khon Kaen Agric. J. 45: 209-220. (in Thai)
- [16] Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T.B. and Haefele, S. , 2013, The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*), Agronomy 3: 404-418.
- [17] Coumaravel, K., Santhi, R. and Maragatham, S., Effect of biochar on yield and nutrient uptake by hybrid maize and on soil fertility, Indian J. Agric. Res. 49: 185-188.
- [18] Yin, Y.F., He, X.H., Gao, R., Ma, H.L. and Yang, Y.S., 2014, Effects of rice straw and its biochar addition on soil labile carbon and soil organic carbon, J. Integr. Agric. 13: 491-498.