ผลงานเรื่องที่ 2

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

การศึกษาชนิดและอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรด

Study Type and Rate of Biochar Incorporated with Chemical Fertilizer to Increase the Yield of Lettuce in Acid Sandy Soil

ของ

นายชัยนาม ดิสถาพร
ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 529
สำนักพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ ตำแหน่งเลขที่ 529
ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3
กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ผลงานเรื่องที่ 2

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

การศึกษาชนิดและอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรด

Study Type and Rate of Biochar Incorporated with Chemical Fertilizer to Increase the Yield of Lettuce in Acid Sandy Soil

ของ

นายชัยนาม ดิสถาพร
ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 529
สำนักพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ ตำแหน่งเลขที่ 529
ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3
กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ข)
สารบัญภาพ	(ค)
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วิธีดำเนินการ	6
อุปกรณ์	6
วิธีการ	6
เวลาและสถานที่	7
ผลการทดลองและวิจารณ์	10
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	19
สรุปผล	19
ข้อเสนอแนะ	19
ประโยชน์ที่ได้รับ	19
เอกสารอ้างอิง	20

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 เซนติเมตร อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย เก็บตัวอย่าง 7 มิถุนายน พ.ศ. 2553	10
2	สมบัติทางเคมีของถ่านไม้ เถ้าแกลบ ถ่านแกลบ และถ่านชีวภาพ เก็บตัวอย่าง 9 มิถุนายน พ.ศ. 2553 โรงไฟฟ้าชีวมวล อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด และสำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 1 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี	15
3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบต่อต้น	16
4	ผลของถ่านชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อจำนวนใบต่อต้นของผักกาดหอม อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 28 พศจิกายน พ.ศ. 2553	16
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักกาดหอม	18
6	ผลของถ่านชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อน้ำหนักสดของผักกาดหอม อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 28 พศจิกายน พ.ศ. 2553	18

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้าขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตถ่านชีวภาพ (อภิญญา และคณะ, 2553)	8
2	ถ่านแกลบจถ่านแกลบจากการเผาด้วยเตาคุนตัง (กรุง, 2553)	9

การศึกษาชนิดและอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรด

ชัยนาม ดิสถาพร[1] วิชัย ลิมโพธิ์ทอง[2]

บทคัดย่อ

ดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์และ ความสามารถในการดูดความชื้นและธาตุประจุบวกต่ำและมีความเป็นกรดสูง ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชการศึกษาชนิดและอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและอัตราของถ่านชีวภาพในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรด ทำการศึกษาในดินทรายที่เป็นกรด ชุดดินชุมพลบุรี กลุ่มชุดดินที่ 38 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดหนองคา ในระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม 2554 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block 3 ซ้ำ 9 ตำรับ ควบคุม ถ่านไม้ เถ้าแกลบ ถ่านแกลบ ถ่านชีวภาพ อัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาดของแปลง 1x6 เมตร ใส่สารปรับปรุงดินก่อนปลูก ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกตำรับการทดลองพร้อมทั้งถอนแยก ผลการศึกษาพบว่าการใช้ถ่านแกลบอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมสูงสุด แต่ไม่แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญกับถ่านชีวภาพ อัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้ปุ๋ย เคมีให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมต่ำสุดแต่ไม่แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ กับถ่านไม้อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และเถ้าแกลบอัตรา 200 กิโลกรัมต่อ ไร่ การใช้ถ่าน แกลบ เหมาะสมเนื่องจากสามาร ถผลิตในไร่นาและให้ผลไม่ต่างกับถ่านชีวภาพ

คำหลัก ถ่านชีวภาพ ปุ๋ยเคมี ชีวมวล ดินทรายที่เป็นกรด ผักกาดหอม
ทะเบียนวิจัยเลขที่ 53-54-03-08-30000010-103-01-11

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
[2] สถานีพัฒนาที่ดินหนองคาย สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5

Study Type and Rate of Biochar Incorporated with Chemical Fertilizer to Increase the Yield of Lettuce in Acid Sandy Soil

Chaiyanam Dissataporn[1] **Wichai Limphothong**[2]

Abstract

Sandy soil is usually associated with low fertility, moisture holding capacity, cation exchange capacity and high acidity. These impacts retard the growth and yield of some cash crops. The purposes of the study were to determine the types and rates of biochar which increase lettuce yield on acid sandy soil. The experiment was conducted at Amphoe Muang, Changwat Nong Khai in Soil group 38 and soil series of Chumphon Buri during June 2010 to March 2011. Randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications were laid out. They were control, wood charcoal, rice husk ash, carbonized rice husk and biochar at the rate of 200 and 400 kilograms per rai. The plot size was 1 by 6 meters. The tested biochars were applied during soil preparation. Seed were sown and seedlings were thinned 7 days after sowing. The fertilizer at the rate of 50 kilogram per rai was applied 15 days after seeding. The results of the study indicated that carbonized rice husk at the rate of 400 kilogram per rai gave the highest fresh weight of lettuce but not significant different with biochar at the same rate. The application of fertilizer gave the lowest yield but not significant different from rice husk ash and wood charcoal at the rate of 200 kilogram per rai. Carbonized rice husk could be used as soil amendment in acid sandy soil as it can be produced by farmer themselves.

Key word Biochar Chemical fertilizer Biomass Acid sandy soil Lettuce
Research registration number 53-54-03-08-30000010-103-01-11

[1] Office of Research and Development of Soil Management
[2] Nong Khai Land Development Station Office of Land Development Region 5

คำนำ

ปัญหาบางประการของการผลิตพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ ดินเป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์และ ความสามารถในการดูดความชื้นและธาตุประจุบวกต่ำ มีความเป็นกรดสูง การฟื้นฟูโดยการปรับสภาพความเป็นกรดของดินด้วยปูนหรือวัสดุที่มีสมบัติเหมือนปูน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและความสามารถในการดูดยึดความชื้นและธาตุประจุบวกด้วยการเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดิน แต่การตื่นตัวเรื่องสภาวะโลกร้อนทำให้มีการคำนึงถึงผลของการใช้สารอินทรียวัตถุที่มีผลต่อสภาวะโลกร้อน เนื่องจากเมื่อเกิดการย่อยสลายของชีวมวลเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน

การนำเอาสารอินทรีย์ หรือชีวมวล (Biomass) หรือเศษเหลือใช้ในไร่นา หรืออุตสาหกรรมเกษตรไปให้ความร้อนในสภาพที่ไร้ออกซิเจนได้ก๊าซชีวภาพ น้ำมันชีวภาพ และถ่านชีวภาพ การฟื้นฟูดินทรายที่มีความเป็นกรดด้วยถ่านชีวภาพที่มีคาร์บอนที่อยู่ในสภาพคงที่ สามารถปรับสภาพความเป็นกรดด่างของดิน เพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืช และดูดยึดธาตุอาหารในดิน เป็นแหล่งที่อยู่จุลินทรีย์ในดิน และดูดยึดน้ำในดิน และเป็นการสะสมคาร์บอนในดิน นอกจากถ่านชีวภาพยังมีถ่านชนิดอื่นที่สามารถใช้เป็นสารปรับปรุงดิน เช่นถ่านแกลบจากการเผาด้วยเตาเผาแบบคุนตัง หรือเศษถ่านไม้ขนาดเล็ก หรือเถ้าแกลบที่เป็นของเสียจากโรงไฟฟ้าชีวมวลน่าจะสามารถนำมาใช้ในการฟื้นฟูดินทรายที่เป็นกรดเนื่องจากสารเหล่านี้มีปฏิกริยาเป็นด่างในระดับสูง และมีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบด้วย

ปัญหาหลัก ๆ ที่มีผลต่อการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีความเป็นกรดสูง ทำให้ไปมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและทำให้เกิดการละลายของเหล็ก แมงกานีสและอลูมินั่มออกมาในสารละลายดินจนเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช (Ragland, 1997)

การจัดการธาตุอาหารพืชสามารถกระทำได้โดยการเพิ่มธาตุอาหารพืชในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ แต่ในปัจจุบันมีการนำเอาสารอินทรียวัตถุหรือชีวมวลไปใช้ในการผลิตพลังงานชีวภาพ ทำให้ชีวมวลทางการเกษตร หรือเศษเหลือของชีวมวลจากการผลิตทางการเกษตรมีราคาแพงขึ้น การไถกลบตอซังหรือเศษเหลือของพืชลงไปในดินทำให้ธาตุอาหารพืชที่เหลืออยู่ในตอซังกลับลงไปอยู่ในดินเป็นการสะสมธาตุอาหารพืชในดินชนิดหนึ่ง (อุทัย และคณะ, 2536)

ถ่านชีวภาพ หรือ Biochar คือ วัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน ผลิตจากมวลชีวภาพผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยความร้อนโดยไม่ใช้ออกซิเจน ที่อุณหภูมิเกิน300 องศาเซลเซียส โดยกระบวนการไพโรไลซีส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการสลายตัวของสารด้วยความร้อนในสภาวะไร้อากาศหรืออับอากาศในช่วงอุณหภูมิสูง ได้ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ แก๊สไฮโดรคาร์บอน ของเหลวในรูปสารละลายอินทรีย์ น้ำมันดิบ (Tar) และถ่าน (Char) โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดและสารประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล และวิธีการไพโรไลซิส โดยกระบวนการไพโรไลซิสทำให้ชีวมวลซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก ให้มีความชื้นลดลงโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 120-150 องศาเซลเซียส ก่อน และหลังจากนั้นชีวมวลให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายพันธะทางเคมีของโมเลกุลซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการไพโรไลซิส ได้ผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจน และผลิตภัณฑ์ของเหลวที่สามารถกลั่นตัวได้ เช่น

น้ำ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก อะซิโตน เมธานอล เมทิลอะซิเตท และฟีนอล เป็นต้น รวมทั้งสารพวกทาร์ และชาร์ (Lehmann, 2007)

การไพโรไลซิสสามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ การไพโรไลซิสแบบปกติ (Conventional pyrolysis) หรือ การไพโรไลซิสแบบช้า (Slow pyrolysis) และการไพโรไลซิสแบบเร็ว (Flash หรือ Fast pyrolysis) โดยการไพโรไลซิสแบบช้าเป็นขบวนการที่ให้ความร้อนในอัตราที่น้อยกว่า 10 องศาเซลเซียสต่อวินาที และอุณหภูมิที่ใช้น้อยกว่า 500 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันดิบ และถ่านไม้ (Charcoal) ส่วนการไพโรไลซิสแบบเร็วเป็นขบวนการที่ให้ความร้อนอย่างรวดเร็วโดยอัตราในการให้ความร้อนประมาณ 10 -10,000 องศาเซลเซียสต่อวินาที และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 400-1,000 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นแก๊สและของเหลว (Lehmann *et al*., 2006)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไพโรไลซิสประกอบด้วย ถ่านชีวภาพ (Biochar) ก๊าซไพโรไลซิส (Pyrolysis gas หรือ Bio-gas) และน้ำมันชีวภาพ (Pyrolysis oil หรือ Bio-oil) โดยถ่านชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสโดยมีค่าความร้อน 4 ,800 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ในด้านสิ่งแวดล้อมถ่านชีวภาพช่วยลดมลพิษจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถนำไปผลิตเป็นวัตถุดิบต่างๆ เช่น ตัวดูดซับน้ำมัน วัสดุก่อสร้าง ฉนวน ปุ๋ย และตัวกรองหรือถ่านกัมมันต์ ส่วนก๊าซไพโรไลซิส เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซซึ่งเกิดจากก๊าซที่ไม่ผ่านการควบแน่น ตัวอย่างเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจน และก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ก๊าซไพโรไลซิสมีค่าความร้อนประมาณ 1.8 กิโลแคลอรี่ต่อลิตร ด้วยเหตุที่ค่าความร้อนค่อนข้างต่ำ จึงนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้ง ปั๊มน้ำ และเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนน้ำมันชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือสกัดเป็นสารเคมี น้ำมันชีวภาพที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวสีดำ น้ำตาลเข้ม หรืออาจเป็นน้ำตาลแดงเข้มขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและวิธีการให้ความร้อน ค่าความร้อนของน้ำมันชีวภาพมีค่าต่ำประมาณ 17-19 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่มีค่าความร้อนประมาณ 42-44 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (Lehmann *et al*., 2006)

อภิญญา และ คณะ (2553) ได้พัฒนาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้าในขนาดโรงงานต้นแบบโดยการสนับสนุนงบประมาณจากกรมพัฒนาที่ดินและใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนกากน้ำหมักชีวภาพไปเป็นน้ำมันชีวภาพและถ่านชีวภาพ โดยการใช้กากน้ำหมักชีวภาพที่ได้มาจากการรวบรวมเศษอาหารและกากน้ำตาลที่มีสารที่มีคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ ให้ความร้อนแก่กากน้ำหมักชีวภาพจนอุณหภูมิขึ้นถึง 400 องศาเซลเซียส ในเวลา 4 ชั่วโมง ชีวมวลเริ่มสลายตัวได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันชีวภาพ ถ่านชีวภาพ และก๊าซจำพวกคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนและอื่นๆ ส่วนของเหลวจากการไพโรไลซิสกากน้ำหมักชีวภาพนั้นมีลักษณะเป็นของเหลว 2 ชั้น ชั้นบนสีน้ำตาลเข้ม (น้ำมัน) ชั้นล่างสีส้ม (น้ำส้มควันไม้) และของแข็งที่ได้เป็นถ่านชีวภาพมีคาร์บอนสูง มีสารอาหารพืช มีรูพรุนตามธรรมชาติ ช่วยอุ้มน้ำ และมีธาตุต่าง ๆ เช่น ฟอสเฟต

ถ่านไม้จะช่วยปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้ลดน้อยลง เนื่องจากถ่านไม้มีฤทธิ์เป็นด่าง และในรูพรุนของถ่านไม้ซึ่งมีขนาดเล็กมาก จึงเป็นที่อยู่อาศัยและขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น เชื้อแอคทิโนมัยซิส (*Actinomysis* spp.) ไตรคอเดอมา (*Trichordema* spp.) และบาซิลลัส (*Bacillus* spp.) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ แต่จุลินทรีย์ที่มีโทษซึ่งมักจะมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของถ่านไม้เข้าไปอยู่อาศัยไม่ได้ และจะถูกรบกวนโดยการเป็นปรสิตของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า (Steinbeiss *et al*., 2009)

นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่มักจะอาศัยอยู่ในรูพรุนของถ่านไม้ เช่น เชื้ออโซโตแบคเตอร์ (*Azotobactor* spp.) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตอาหารโดยการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (Nitrogen fixation) ถ่านจึงเป็นแหล่งสะสมไนโตรเจนทั้งจากจุลินทรีย์ และไนโตรเจนส่วนเกินที่ตกค้างอยู่ในดิน เมื่อรากพืชไชไปถึงจุลินทรีย์ที่อาศัยและเอื้อประโยชน์ (Symbiotic) บริเวณรากพืชก็จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นไปด้วย เช่น เชื้อราไมคอไรซา ชนิดที่ราสร้างสร้างอาบัสคูลในรากพืชสำหรับสะสมธาตุอาหารและส่งธาตุอาหารไปให้กับพืช (Vesicular arbuscular mycorrhiza) และเชื้อไรโซเบียม (*Rhizobium* spp.) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ อาศัยอาหารจากรากพืช โดยได้รับคาร์โบไฮเดรตซึ่งพืชได้จากการสังเคราะห์แสง ส่วนเชื้อรา ตอบแทนพืชด้วยการย่อยฟอสฟอรัสซึ่งถูกดินตรึงไว้ให้เป็นกรดฟอสฟอริก ธาตุโพแทสเซียม และธาตุอื่นๆ ให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ ได้สะดวกขึ้น ถ่านไม้ยังช่วยเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับดิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ปรุงอาหารโดยการสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพที่ดีขึ้น เช่น ทำให้ผลไม้ลดความฝาดและเพิ่มความหวานมากขึ้น (จิระพงษ์, 2552)

การใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงดิน ได้มีการศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินและการเพิ่มผลผลิตของข้าวไร่ในประเทศลาว พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพที่อัตรา 4-16 ตันต่อเฮกแตร์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลในการปรับปรุงความสามารถในการนำน้ำ ในสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated hydraulic conductivity) ของดินบน และการเคลื่อนที่ของน้ำและธาตุอาหารพืชในท่อน้ำไซเล็ม (xylem sap) ของต้นข้าว ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีฟอสฟอรัสต่ำ และช่วยในการตอบสนองต่อไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (Hidetoshi *et al*., 2009)

จากการศึกษาของ Liang *et al*. (2006) พบว่า ถ่านชีวภาพเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และมีบทบาทต่อกระบวนการทางชีวเคมีและการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน โดยศึกษาในดินที่มีการสะสมถ่านชีวภาพอยู่สูงจากบริเวณ ป่าดิบแอมะซอนในประเทศบราซิล (Brazilian Amazon) พบว่าในดินที่มีถ่านชีวภาพสูงมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูง การดูดซับธาตุอาหารเข้าไปในอนุภาคของถ่านชีวภาพ

นอกจากนี้ถ่านชีวภาพยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดิน (Steinbeiss *et al*., 2009) ถ่านชีวภาพเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินได้สูงโดยการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน ความหลากหลายทางชีวภาพ และด้านสมบัติทางกายภาพ ช่วยเพิ่มธาตุอาหาร และเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช (Lehmann *et al*., 2003; Steiner *et al*., 2007) และยังพบว่าถ่านชีวภาพสามารถเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน (Lehmann *et al*., 2003; Steiner *et al*., 2008) และที่สำคัญถ่านชีวภาพช่วยในการปรับปรุงดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราเชื้อราไมคอร์ไรซา (Warnock *et al*., 2007) และถ่านชีวภาพยังช่วยในการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากคาร์บอนที่ถูกตรึงเข้ามาที่ต้นพืชโดยขบวนการสังเคราะห์แสงและจะถูกจำกัดให้ลงสู่ดินและจะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศเนื่องจากการย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งการใช้ถ่านชีวภาพจะมีประโยชน์ทางด้านการเกษตรทำให้มีความยั่งยืน ลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญสามารถลดปัญหาขยะที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

การไถพรวนเพื่อทำการเกษตรจะทำให้อินทรียวัตถุในดินถูกย่อยสลายแล้วปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทำให้ดินมีธาตุอาหารน้อยลง การใช้ถ่านแกลบทำให้ดินมีปฏิกริยาดินสูงขึ้นทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสสูงขึ้นด้วย ดินมีการระบายอากาศที่ดีขึ้น ความสามารถในการดูดยึดน้ำสูงขึ้นและยังทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในดินสูงขึ้นด้วย (Priyadharshini and Seran, 2009)

การใช้ถ่านชีวภาพเป็นสารปรับปรุงดินทำให้ดินมีปฏิกริยาเป็นกรดลดลง เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน และเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (Chan *et al*., 2008) ส่วน Steiner *et al*. (2007) ถ่านช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์และกายภาพของดิน โดยพบว่าการชะล้างของปุ๋ยไนโตรเจนลดลงเมื่อมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนพร้อมกับถ่าน การใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดินทำให้จุลินทรีย์ในดินมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น และจากรายงานของ Ishii and Kadoya (1994) ถ่านที่ได้มาจากแกลบใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ในสวนส้มช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดตัวของรากส้มและให้น้ำหนักสดของราก ยอดและส่วนของต้นส้มมากกว่าไม่ใช้

การศึกษาชนิดและอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรดมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและอัตราของถ่านชีวภาพในการเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมในสภาพดินทรายที่เป็นกรด

วิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์

1. เศษถ่านไม้ที่มีขายในท้องตลาด ถ่านชีวภาพที่ได้จากการให้ความร้อนกากน้ำหมักชีวภาพด้วยปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ถ่านแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาคุนตังและเถ้าแกลบจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
2. เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่มีขายในท้องตลาดเป็นที่นิยมของเกษตรกรในท้องที่
3. ปุ๋ย 15-15-15
4. อุปกรณ์แบ่งแปลงทดลอง ป้ายปักแปลง
5. สว่านเจาะดิน
6. ถุงเก็บตัวอย่างดิน
7. กล้องถ่ายรูป

2. วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ ขนาดของแปลงทดลอง 1x6 เมตร โดยมีตำรับการทดลองประกอบด้วย

ตำรับที่ 1 ควบคุม
ตำรับที่ 2 ถ่านไม้ 200 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 3 ถ่านไม้ 400 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 4 เถ้าแกลบ 200 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 5 เถ้าแกลบ 400 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 6 ถ่านแกลบ 200 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 7 ถ่านแกลบ 400 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 8 ถ่านชีวภาพ 200 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 9 ถ่านชีวภาพ 400 กิโลกรัมต่อไร่

2. วิธีปลูกและการปฏิบัติในแปลงทดลอง

2.1 ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ปลูกผักกาดหอมในสภาพพื้นที่ดินทรายที่เป็นกรด จับพิกัดทางภูมิศาสตร์

2.2 เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 เซนติเมตรจากผิวดิน จำนวน 4 จุด นำส่งสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

2.3 ผลิตถ่านชีวภาพจากกากน้ำหมักชีวภาพด้วยปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้า (ภาพที่ 1) และถ่านแกลบโดยการเผาด้วยเตาคุนตัง (ภาพที่ 2) และเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจังหวัดร้อยเอ็ด

2.3 ไถดะ ไถแปร แล้วตากดินไว้

2.4 เตรียมแปลงทดลองขนาดจำนวน 27 แปลง

2.5 ใส่ถ่านชีวภาพในรูปผงละเอียดคลุกลงไปในดินที่ระยะ 20 เซนติเมตร จากผิวดินอัตราตามตำรับการทดลอง

2.6 หว่านเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมอัตรา 200 กรัมต่อไร่ โดยใช้พันธุ์ผักกาดหอมที่มีขายในท้องตลาดและเป็นที่นิยมในพื้นที่ ถอนต้นกล้าที่แน่นออกภายหลังปลูก 7 วัน

2.7 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่หลังปลูก 15 วัน

2.8 ให้น้ำด้วยระบบฉีดฝอยทุก 7 วัน

2.9 ดูแลรักษา กำจัดวัชพืช และเก็บเกี่ยว เมื่ออายุ 50 วัน โดยชั่งน้ำหนักสดของใบผักกาดหอมที่สมบูรณ์

3. การบันทึกข้อมูล

3.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์

3.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมี ของสารปรับปรุงดิน ประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์

3.3 เก็บข้อมูลจำนวนใบต่อต้นของผักกาดหอม

3.4 น้ำหนักสดต่อตารางเมตรของผักกาดหอม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

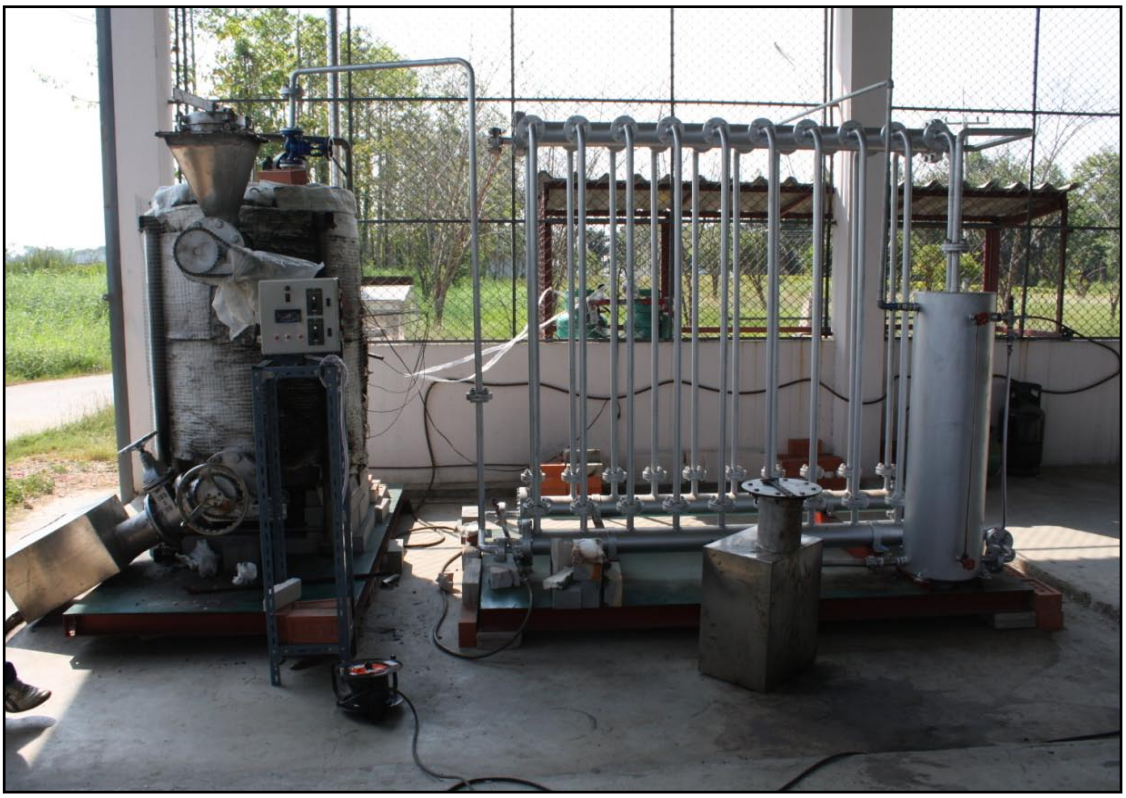
4.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของ จำนวนใบต่อต้นของผักกาดหอม ตามแผนการทดลองแบบ RCB และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s Multiple Range Test - DMRT

4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของน้ำหนักสดต่อไร่ของผักกาดหอม ตามแผนการทดลองแบบ RCB และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT

3. เวลาและสถานที่

เวลา เริ่มต้นเดือน ตุลาคม 2553 สิ้นสุดเดือน มีนาคม 2554

สถานที่ พื้นที่แปลงปลูกผักกาดหอมของเกษตรกร บ้านศรีชมชื่น หมู่ 2 ตำบลเมืองหมี อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย พิกัด E 256175 N 1973350



ภาพที่ 1 ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้าขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตถ่านชีวภาพ (อภิญญา และคณะ, 2553)

ภาพที่ 2 ถ่านแกลบจากการเผาด้วยเตาคุนตัง (กรุง, 2553)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของดิน

ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.7 จัดอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 2.72 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 16.69 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ 75 2646 และ 343 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลาง สูง และปานกลาง ตามลำดับ

ส่วนดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.9 จัดอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณอินทรียวัตถุ 2.84 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 16.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 61 ปานกลาง 2515 สูง และ 303 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลาง สูงและปานกลาง ตามลำดับ (บรรเจิด, 2523) ดินนี้เป็นดินกรดปานกลางและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง (กองสำรวจดิน, 2523) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 เซนติเมตร อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย เก็บตัวอย่าง 7 มิถุนายน พ.ศ. 2553

สมบัติทางเคมีของดิน	ความลึก (เซนติเมตร)	
	0-20	20-40
ความเป็นกรดเป็นด่าง	5.7	5.9
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	2.72	2.84
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม)	16.69	16.80
ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (เปอร์เซ็นต์)	34.7	37.5
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	72	68
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	75	61
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	2646	2515
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	343	303

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดิน

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินอีกชนิดหนึ่งที่ได้มีการกล่าวถึงมากขึ้นว่าเป็นสารปรับปรุงดินชนิดหนึ่งที่นอกจากสามารถใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรดของดินได้ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีความเป็นด่าง (Alkalinity) อยู่ในระดับสูงโดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างมากกว่า 9 เมื่อใส่ลงไปในดินสามารถลดระดับความเป็นกรดของดินลงได้ และเนื่องจากถ่านชีวภาพมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบอยู่พืชสามารถนำเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ และถ่านชีวภาพมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงทำให้สามารถดูดยึดธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวก เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น รวมไปถึงถ่านชีวภาพมีรูพรุนอยู่สูงทำให้มีพื้นที่ผิวมากซึ่งพื้นที่นี้สามารถดูดยึดประจุบวกได้มากตามไปด้วย รูพรุนในถ่านชีวภาพยังเป็นที่อยู่ของน้ำ อากาศ และจุลินทรีย์ในดิน (Lehmann *et al*., 2003)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถ่านไม้ เถ้าแถลบที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล ถ่านแกลบจากเตาเผาคุนตัง และถ่านชีวภาพที่ได้จากการใช้กากน้ำหมักชีวภาพมาให้ความร้อนด้วยขบวนการไพโรไรซิสแบบช้าที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) พบว่า

ถ่านไม้มีความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 7.7 มีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นส่วนประกอบอยู่ 18.5 เปอร์เซ็นต์ การนำไฟฟ้าของถ่านไม้ เท่ากับ 0.01 เดซิซีเมนต่อเมตร ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับสูง เท่ากับ 27.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนองค์ประกอบทางด้านธาตุอาหารพืชนั้น ถ่านไม้มีฟอสฟอรัสที่แลกเปลี่ยนได้ 126 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ซึ่งประกอบด้วยโพแทสเซียม 19.4 1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แคลเซียม เท่ากับ 43.55 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมเท่ากับ 5.21 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีโซเดียม 4.06 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

เถ้าแถลบที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล เถ้าแกลบเป็นของเสียจากการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าชีวมวลที่จังหวัดร้อยเอ็ด เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบพบว่า เถ้าแกลบมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 9.9 มีอินทรียวัตถุ 5.3 เปอร์เซ็นต์ เถ้าแกลบที่ได้จากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลมีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 1.93 เดซิซีเมนต่อเมตร และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 7.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 533 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนออกมาในสารละลายดินได้ประกอบด้วย โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และโซเดียม เท่ากับ 20.02 10.52 7.41 และ 2.03 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ถ่านแกลบจากเตาเผาคุนตัง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.5 ในขณะที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่ 7.4 เปอร์เซ็นต์ การนำไฟฟ้าของถ่านแกลบที่ได้จากการเผาจากเตาเผาคุนตัง มีค่า 0.53 เดซิซีเมนต่อเมตร แต่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 17.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่มีโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 9.4 8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 5.83 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 3.15 และ 0.83 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ถ่านชีวภาพที่ได้จากกากน้ำหมักชีวภาพ เป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากการให้ความร้อนกากน้ำหมักชีวภาพซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากการใช้ขยะภายในกรมพัฒนาที่ดินนำมาทำการผลิตน้ำหมักชีวภาพ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถ่านชีวภาพ พบว่าถ่านชีวภาพ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

8.2 ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 31.4 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้าของถ่านชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 0.01 เดซิซีเมนต่อเมตร ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 288 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนธาตุประจุบวกที่ถูกดูดยึด และสามารถแลกเปลี่ยนกับธาตุประจุบวกที่อยู่ในสารละลายดิน ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียม มีองค์ประกอบอยู่ในถ่านชีวภาพเท่ากับ 62.02 38.43 16.01 และ 14.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จากสมบัติของสารปรับปรุงดินทั้ง 4 ชนิดที่นำมาใช้ในการปรับปรุงดินทรายที่เป็นดินกรด จะเห็นได้ว่า ถ่านชีวภาพจากกากน้ำหมักชีวภาพที่ได้มาจากการผลิตโดยการใช้ขบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่ำ และเป็นการให้ความร้อนแบบช้า (อภิญญา และคณะ , 2553) ถ่านชีวภาพชนิดนี้นอกจาก จะมีความเป็นด่างแล้วยังมีอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 31.4 เปอร์เซ็นต์ และมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับค่อนข้างสูง การใส่ลงไปในดินทรายที่เป็นดินกรด ขาดความอุดมสมบูรณ์ และมีความจุในการแลกเปลี่ยน ประจุบวกต่ำ น่าจะสามารถลดความเป็นกรดของดิน เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยน ประจุบวก ทำให้ดินสามารถดูดยึดธาตุอาหารพืชไว้ไม่ให้สูญหายไป เนื่องจากการถูกชะล้าง และการมีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่สูง ก็เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชสำหรับพืชและจุลินทรีย์ในดินด้วย ส่วนเถ้าแกลบที่ได้จากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลก็มีความเป็นด่างสูง มีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยที่สุด ในบรรดาสารปรับปรุงดินทั้ง 4 ชนิด แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง แต่ค่าการนำไฟฟ้าของเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของถ่านแกลบนี้ไม่สามารถบอกได้ว่า สาเหตุที่เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลมีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย 1:5 อยู่ในระดับสูงมากกว่าถ่านแกลบจากการเผาด้วยเตาคุนตังมาจากสาเหตุใด และข้อสำคัญอีกประการหนึ่งคือการใช้เถ้าแกลบในการปรับปรุงดินกรดมีค่าใช้จ่ายเพียงค่าขนส่งจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลไปยังพื้นที่แหล่งที่ที่ต้องการใช้ ส่วนถ่านแกลบจากการเผาแกลบด้วยเตาคุนตัง มีความเป็นด่างอยู่ระดับสูงและปริมาณอินทรียวัตถุอยู่มากกว่าเถ้าแกลบที่เป็นเศษเหลือจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเนื่องจากเป็นการใช้แกลบในการเผาไหม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิง ส่วนแกลบที่ได้จากการเผาโดยการใช้เตาเผาคุนตังนั้นเป็นการให้ความร้อนแก่แกลบในระดับที่ป้องกันไม่ให้เกิดการเผาไหม้ในสภาพสมบูรณ์ เกษตรกรสามารถผลิตขึ้นมาเองได้ในพื้นที่เนื่องจากเตาเผาคุนตังไม่มีความสลับซับซ้อนมากนักจึงง่ายต่อการจัดทำขึ้นมาใช้ในท้องถิ่น จึงเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรสามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้จากแกลบที่มีในท้องถิ่น ส่วนถ่านไม้นั้น เนื่องจากผลิตมาจากไม้จึงมีราคาแพง แต่ถ้าสามารถหาเศษไม้ที่มีราคาถูกมาผลิตถ่านได้ก็จะเป็นแนวทางอีกทางหนึ่งในการใช้ถ่านชนิดนี้ในการเป็นสารปรับปรุงดิน และในปัจจุบันก็มีการใช้เศษถ่านผสมกับดินเป็นวัสดุปลูกพืชกระถางเนื่องจากมีความสามารถในการดูดยึดความชื้นในดินสูง

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งใช้แกลบในการเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ ได้ของเสียออกมาเป็นเถ้าแกลบซึ่งถ้ามีการจัดการไม่ดีจะมีผลกระทบสภาพแวดล้อมโดยฝุ่นของเถ้าแกลบที่ปนเปื้อนในอากาศและตกลงไปปกคลุมพืชและบ้านเรือน มีผลกระทบต่อการหายใจของคนและมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ จากการศึกษาพบว่าการใช้เถ้าแกลบในอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตของผักกาดหอมไม่แตกต่างกันทางสถิติกับถ่านชีวภาพ และถ่านแกลบที่ใช้ในอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ รวมไปถึงถ่านไม้ที่ใช้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย

15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ พบว่ามีความเป็นกรดเป็นด่าง 9.9 ในขณะที่ถ่านแกลบ ถ่านชีวภาพและถ่านไม้ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.5 8.2 และ 7.7 และอีกองค์ประกอบทางเคมีที่มีปริมาณมากของเถ้าแกลบได้แก่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 533 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ถ่านชีวภาพ ถ่านไม้และถ่านแกลบมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 288 126 และ 97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าการที่ผลผลิตของผักกาดหอมที่ได้รับเถ้าแกลบอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ น่าจะเนื่องมาจากการที่ค่าความเป็นเป็นด่างสูงสามารถใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรดของดิน ทำให้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินอยู่และธาตุอาหารในปุ๋ย 15-15-15 ที่ใส่ลงไปด้วยมีความเป็นประโยชน์ต่อผักกาดหอม รวมไปถึงการมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปริมาณสูงของเถ้าแกลบ ทำให้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอม การใช้ในอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติจึงสามารถแนะนำให้ใช้เถ้าแกลบในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ในการปลูกผักกาดหอมในดินทรายที่เป็นกรด ดังได้กล่าวมาแล้วเถ้าแกลบเป็นของเสียจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล การนำเอามาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่เป็นดินกรด โดยสามารถเพิ่มผลผลิตของผักกาดหอมให้มากกว่าการใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว จึงเป็นการนำเอาของเสียที่เกิดจากการใช้ของเหลือจากการเกษตรไปผลิตพลังงานไฟฟ้าแล้วนำของเสียที่เหลือภายหลังการใช้กลับมาเป็นวัสดุปรับปรุงดินกรด จึงเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมอันเนื่องมาจากเถ้าแกลบและยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมี 15-15-15 ซึ่งใช้น้ำมันในการผลิตทำให้ลดการใช้น้ำมันซึ่งเป็นการลดการนำเอาคาร์บอนที่ถูกเก็บไว้ในดินมาเผาไหม้แล้วปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ นอกจากนี้คาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในเถ้าแกลบยังกลับลงไปอยู่ในดินทำให้เป็นการนำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในบรรยากาศถูกตรึงโดยข้าวแล้วกลับลงไปเก็บไว้ในดินช่วยในการทำให้ลดผลกระทบของภาวะโลกร้อนได้อีกภายหลัง

ถ่านแกลบจากเตาคุนตังและถ่านชีวภาพจากการผลิตกากน้ำหมักชีวภาพโดยปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้าเมื่อคำนึงถึงอุปกรณ์ในการผลิตถ่านชีวภาพด้วยขบวนการไพโรไลซิสที่ต้องมีเตาปฏิกรณ์และมีการใช้พลังงานในรูปของก๊าซหุงต้มมาให้พลังงานความร้อนแก่กากน้ำหมักเปรียบเทียบกับการผลิตถ่านแกลบจากเตาคุนตังซึ่งเป็นเตาที่ใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร มาตัดแบ่งครึ่งแล้วมีปล่องสำหรับระบายอากาศด้วย เชื้อเพลิงที่ใช้ก็ใช้เศษไม้ไม่มากมาเป็นเชื้อเพลิงเบื้องต้นในการเผาแกลบ

การใช้ถ่านไม้ในการปรับปรุงดินกรดเพื่อปลูกผักกาดหอมพบว่าการใช้ถ่านไม้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแปลงควบคุมซึ่งขัดแย้งกับสมบัติทางเคมีของถ่านไม้ที่มีอินทรียวัตถุ และความสามารถในการดูดยึดประจุบวกมากกว่า เถ้าแกลบ ถ่านแกลบและถ่านชีวภาพ เพียงแต่มีความเป็นกรดเป็นด่างในระดับปานกลาง จากคุณสมบัติทางเคมีดังกล่าวน่าจะส่งเสริมงานการเจริญเติบโตของผักกาดหอม และจากงานวิจัยที่ดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ถ่านไม้จากการเผาแบบมีอากาศน้อยและถ่านชีวภาพที่ผลิตจากไม้ซึ่งต่างรายงานถึงสมบัติของถ่านไม้ที่มีอินทรียวัตถุและความสามารถในการดูดยึดประจุบวกสูงและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ในการทดลอง Malisa *et al*. (2011) ศึกษาผลของถ่านไม้ต่อผลผลิตของปอ พบว่าการใช้ถ่านไม้ในอัตรา 10 ตันต่อเฮกแตร์ หรือ 1.6 ตันต่อไร่ โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน 400 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ หรือ 64 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ผลผลิต ความสูง และความยาวใบเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่ถ่านไม้มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนสูงมากกว่าเถ้า

แกลบ ถ่านแกลบและถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากน้ำหมักชีวภาพทำให้การย่อยสลายถ่านไม้โดยจุลินทรีย์ต้องอาศัยไนโตรเจนในดินมาเป็นอาหารในการย่อยสลายถ่านไม้ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินน้อยกว่าการใช้สารปรับปรุงดินชนิดอื่น และธาตุอาหารที่มีอยู่ในองค์ประกอบของถ่านไม้ปลดปล่อยมาให้ผักกาดหอมได้ช้ากว่าทำให้ผลผลิตของผักกาดหอมที่ได้รับถ่านไม้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงควบคุมที่ใช้ปุ๋ย 15-15-15 เพียงอย่างเดียว แต่เมื่อใส่ถ่านไม้ในอัตราสูง 400 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีธาตุอาหารที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาในดินมากขึ้นจึงส่งผลให้ผลผลิตของผักกาดหอมเมื่อใช้ถ่านไม้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิต 3.92 ตันต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผลผลิตของผักกาดหอมที่ได้รับถ่านชีวภาพ ถ่านแกลบและเถ้าแกลบในอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

การศึกษาผลของถ่านแกลบต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ ควรดำเนินการต่อไป ทั้งนี้เพื่อยืนยันผลของถ่านแกลบต่อผลผลิตของพืช เนื่องจากการผลิตถ่านแกลบโดยการให้มีการเผาไหม้แล้วไม่สมบูรณ์ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นการผลิตถ่านชีวภาพที่เป็นการผลิตที่มีอากาศในขบวนการน้อย แต่เมื่อพิจารณาถึงสภาพของเกษตรในปัจจุบัน การผลิตถ่านชีวภาพโดยขบวนการไพโรไลซิส ยังต้องการอุปกรณ์และวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการผลิตหรือให้ได้ถ่านชีวภาพที่มีคุณภาพในการใช้เป็นสารปรับปรุงดิน จึงเมื่อเปรียบเทียบกับสารปรับปรุงดินชนิดอื่นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ถ่านชีวภาพจะมีอินทรียวัตถุสูงสุดถึง 31.4 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดเป็นด่าง 8.2 และความจุในการแลกเปลี่ยนถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากน้ำหมักชีวภาพมี ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน 20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แต่ยังมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงถึง 14.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม การนำเอาไปใช้เป็นสารปรับปรุงดินเพื่อปรับปรุงดินทรายที่เป็นกรด พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ถ่านแกลบ เถ้าแกลบและถ่านไม้ และการใช้ถ่านชีวภาพในอัตราสูงยังเป็นการสะสมโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ลงไปในดินซึ่งโซเดียมเป็นธาตุที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตต่อดิน น้ำ และพืชถ้ามีอยู่ในปริมาณที่มาก ดังนั้นการนำเอาถ่านชีวภาพ ที่มีองค์ประกอบโซเดียมมาใช้ จึงจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวัง

การใช้ถ่านชีวภาพโดยการผลิตด้วยวิธีการไพโรไลซิสกับวัสดุอื่นๆ ทางด้านการเกษตร พบว่าทำให้ได้ถ่านชีวภาพที่มีธาตุอาหารสูง มีความสามารถในการดูดยึดธาตุประจุบวก และมีความเป็นกรดเป็นด่างสูงที่จะใช้ขณะเป็นการปรับปรุงดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ ความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารต่ำ และมีความเป็นกรดสูง แต่เนื่องจากถ่านชีวภาพที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นถ่านชีวภาพที่ได้มาจากการใช้กากที่เหลือจากการผลิตน้ำหมักชีวภาพ จากกรมพัฒนาที่ดินมาใช้ในการผลิตทำให้เมื่อนำมาผลิตถ่านชีวภาพทำให้ได้ถ่านชีวภาพที่มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย จึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมเมื่อใช้ในอัตราสูง แต่การผลิตถ่านชีวภาพด้วยขบวนการผลิตแบบไพโรไลซิสแบบช้า นอกจากถ่านชีวภาพและน้ำมันชีวภาพหรือน้ำส้มควันไม้ (Vinegar) ที่สามารถนำเอาไปใช้ในการป้องกันศัตรูพืชได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงราคาของน้ำส้มควันไม้ที่เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ได้ จากการผลิตถ่านชีวภาพจะพบว่าการผลิตถ่านชีวภาพเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อพิจารณาจากปริมาณก๊าซหุงต้มที่ใช้ในการให้ความร้อนชีวมวล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของน้ำส้มควันไม้ที่จะสามารถขายได้

ดังนั้นการผลิตถ่านชีวภาพโดยขบวนการไพโรไลซิส จำเป็นต้องมีการพัฒนาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสเพื่อให้มีรูปแบบที่ง่าย ใช้เชื้อเพลิงน้อย เกษตรกรสามารถสร้างขึ้นมาด้วยงบประมาณไม่สูงหรือ

สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้ในที่ที่มีชีวมวลจะทำให้การใช้ถ่านชีวภาพได้รับการยอมรับมากขึ้นช่วยส่งผลในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเนื่องมาจากการเผาไม้ชีวมวล ถึงแม้ว่าการเผาไหม้ชีวมวลจะเป็นการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้มาจากการตรึงของบรรยากาศโดยพืช แต่การนำเอาชีวมวล มาผลิตเป็นถ่านชีวภาพและใช้เป็นสารปรับปรุงดินและเก็บกักไว้ในดินเป็นการศึกษาคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาเก็บไว้ในรูปของคาร์บอนที่มีความคงทน ไม่ย่อยสลายและสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ย ซึ่งผลิตจากการใช้น้ำมัน การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการลดการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจน รวมไปถึงการเพิ่มความสามารถในการดูดยึดความชื้นในดินทำให้ประหยัดน้ำมันในการให้น้ำ

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของถ่านไม้ เถ้าแกลบ ถ่านแกลบ และถ่านชีวภาพ เก็บตัวอย่าง 9 มิถุนายน พ.ศ. 2553 โรงไฟฟ้าชีวมวล อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด และสำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 1 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

สมบัติทางเคมี	ถ่านไม้	เถ้าแกลบ	ถ่านแกลบ	ถ่านชีวภาพ
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.7	9.9	8.5	8.2
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	18.5	5.30	7.40	31.4
ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100
ค่าการนำไฟฟ้า 1:5 (เดซิซีเมนต่อเมตร)	0.01	1.93	0.53	0.01
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)	27.90	7.30	17.80	20.00
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	126	533	97	288
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)	19.41	20.02	9.48	62.02
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)	43.55	10.52	5.83	38.43
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)	5.21	7.41	3.15	16.01
โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)	4.06	2.03	0.83	14.80

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ผลของชนิดและอัตราของถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม

จากการวิเคราะห์การแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบต่อต้นของผักกาดหอม (ตารางที่ 3) พบว่า การใช้ถ่านไม้ เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ถ่านแกลบจากเตาคุนตัง และถ่านชีวภาพที่ได้จากการให้ความร้อนกากน้ำหมักชีวภาพด้วยปฏิกรณ์ไพโรไลซิส และแปลงควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ถ่านไม้ ถ่านแกลบจากเตาคุนตังและเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวล และถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากหมักชีวภาพด้วยเตาปฏิกรณ์ระบบไพโรไลซิส ในอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้จำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุมที่ให้ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 และไม่ใช้ถ่านชีวภาพแต่ให้ปุ๋ย 15-15-15 ให้จำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผักกาดหอมมีจำนวนใบต่อต้นอยู่ระหว่าง 9-10 ใบต่อต้น (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบต่อต้น

SOV	df	SS	MS	Computed F	Tabular F 5%	Tabular F 1%
Rep	2	6.17	3.08	3.21^{ns}	3.63	6.23
Treatment	8	3.80	0.48	0.49^{ns}	2.59	3.89
Error	16	15.38	0.96			
Total	26	25.35				

CV 10.33%

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ผลของถ่านชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อจำนวนใบต่อต้นของผักกาดหอม อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 28 พศจิกายน พ.ศ. 2553

ตำรับการทดลอง	จำนวนใบต่อต้น
ควบคุม	9.47
ถ่านไม้ 200 กิโลกรัมต่อไร่	9.97
ถ่านไม้ 400 กิโลกรัมต่อไร่	9.93
เถ้าแกลบ 200 กิโลกรัมต่อไร่	9.43
เถ้าแกลบ 400 กิโลกรัมต่อไร่	10.00
ถ่านแกลบ 200 กิโลกรัมต่อไร่	9.00
ถ่านแกลบ 400 กิโลกรัมต่อไร่	9.13
ถ่านชีวภาพ 200 กิโลกรัมต่อไร่	9.43
ถ่านชีวภาพ 400 กิโลกรัมต่อไร่	9.03

แต่เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตของผักกาดหอม พบว่าการใช้ถ่านไม้ เถ้าแกลบ ถ่านแกลบ ถ่านชีวภาพ และแปลงควบคุม มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5) โดยการใช้ถ่านแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาคุนตัง อัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมสูงสุด เท่ากับ 4.68 ตันต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอมที่ได้รับถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากน้ำหมักชีวภาพด้วยขบวนการไพโรไลซิสอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ถ่านแกลบจากเตาคุนตัง อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านไม้อัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวล อัตรา 400 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านไม้อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดผักกาดหอมเท่ากับ 4.65 4.11 4.02 3.92 3.80 และ 2.93 ตันต่อไร่ ในขณะที่แปลงควบคุมที่ให้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตน้ำหนักสดเท่ากับ 2.16 ตันต่อไร่ แต่การใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลและถ่านไม้อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การที่จำนวนใบต่อต้นของผักกาดหอมที่ได้รับสารปรับปรุงดินทั้ง 4 ชนิดในอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแปลงควบคุมซึ่งให้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว แต่ผลผลิตของผักกาดหอมที่ได้รับถ่านชีวภาพแตกต่างกับการใช้ปุ๋ย

เพียงอย่างเดียวคงเพราะเนื่องมาจากการที่ถ่านชีวภาพมีผลในการส่งเสริมให้ใบมีความหนาและมีขนาดใหญ่กว่าทำให้น้ำหนักรวมของใบต่อพื้นที่ออกมามากกว่าการใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว จึงทำให้ผลผลิตของผักกาดหอมที่มีการใช้ถ่านชีวภาพสูงกว่า

การใช้ถ่านแกลบซึ่งได้มาจากการเผาแกลบในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete combustion) โดยการเผาด้วยเตาคุนตังซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นเศษไม้หรือเศษวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ในปริมาณน้อยเพื่อให้เป็นตัวทำให้แกลบเกิดการเผาไหม้เนื่องจากแกลบเป็นวัสดุที่ติดไฟยากและในระหว่างการผลิตถ่านแกลบจะใช้แกลบสุมทับแกลบที่ติดไฟอยู่ทำให้การเกิดการเผาไหม้แกลบจากภายในกองแกลบค่อยๆ ลามออกมาข้างนอกโดยมีเตาคุนตังที่ภายในมีกองไฟขนาดเล็กทำการเผาแกลบจนแกลบกลายเป็นสีดำทั้งหมด การใช้ถ่านแกลบอัตรา 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตผักกาดหอมสูงสุด แต่เมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีของถ่านแกลบพบว่าถ่านแกลบมีความเป็นกรดเป็นด่าง 8.5 สูงกว่าถ่านไม้แต่น้อยกว่าถ่านชีวภาพและเถ้าแกลบ ในขณะที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน 17.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในขณะที่ถ่านไม้และถ่านชีวภาพมีค่าเท่ากับ 27.90 และ 20.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ดังนั้นสาเหตุที่การใช้ถ่านแกลบให้ผลผลิตของผักกาดหอมสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ถ่านชีวภาพที่มีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่า โดยได้มีผู้เสนอว่ากรณีถ่านแกลบช่วยให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้นเนื่องจากการใช้ถ่านแกลบจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของอาบัสคูลาไมคอร์ไรซาในพืชหลายชนิดและปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน (Ezawa *et al*., 2002) ส่วน Ishii and Kadoya (1994) รายงานผลของถ่านแกลบที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไมคอร์ไรซ่าในต้นกล้าของส้ม และ Ogawa and Yasuyuki (2010) ศึกษาผลของถ่านแกลบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตและอัตราการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือ งในดินทรายที่เป็นกรด พบว่าการใช้ถ่านแกลบทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตและอัตราการตรึงไนโตรเจนของถั่วสูงขึ้น การใช้อัตรา 10 ตันต่อเฮกแตร์ ได้ผลที่สุด ทำให้สมบัติทางกายภาพของดิน ความพรุนความสามารถในการดูดซับน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างและความสามารถในการดูดยึดธาตุ ประจุบวกดีขึ้น ส่วน Chuan *et al*. (2011) รายงานว่าการใช้ถ่านแกลบเพิ่มธาตุอาหาร ลดความเป็นกรด เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและพื้นที่ผิวของดินทำให้มีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและมีรายงานถ่านชีวภาพจากวัตถุดิบที่ทำมาจากไม้มีผลในการลดก๊าซไนตรัสออกไซด์และการชะล้างของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจนมากกว่าถ่านชีวภาพที่ผลิตจากมูลสัตว์ แต่ภายหลังการใส่ถ่านชีวภาพ 4 เดือน ถ่านชีวภาพทุกชนิดมีความสามามารถในการลดการสูญเสียไนตรัสออกไซด์และการชะล้างแอมโมเนียมไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน โดยสามารถลดการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ 73 เปอร์เซ็นต์ และแอมโมเนียมไนโตรเจน 94 เปอร์เซ็นต์ของแปลงควบคุม (Singh *et al*., 2010)

โดยเมื่อพิจารณาถึงอัตรา ของถ่าน ที่ใช้ในการทดลอง ระหว่าง 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าการใช้ถ่านแกลบ ถ่านชีวภาพ เถ้าแกลบ และถ่านไม้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมมากกว่าการใช้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดของผักกาดหอมเมื่อใช้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับการใช้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดของผักกาดหอมเมื่อมีการใช้ถ่านแกลบ ถ่านชีวภาพ เถ้าแกลบ และถ่านไม้เท่ากับ 16 11 10 และ 34 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสดของผักกาดหอมเมื่อใช้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าการเพิ่มสารปรับปรุงดิน 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 10-33 เปอร์เซ็นต์ และในกรณีของถ่านชีวภาพพบว่าการใช้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมน้อยกว่าการใช้ถ่านชีวภาพในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้น่าจะเกิดจากการที่ถ่าน

ชีวภาพที่ผลิตจากกากน้ำหมักชีวภาพที่เป็นส่วนที่เหลือหลังจากนำเอาขยะมาผลิตน้ำหมักชีวภาพจะเห็นว่าในถ่านชีวภาพ 1 กิโลกรัม มีโซเดียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ปนเปื้อนอยู่ 14.80 เซนติโมล การใช้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ใส่ลงไปในดินซึ่งปริมาณที่ใส่ลงไปนี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมทำให้เมื่อใช้ในอัตราสูงจึงมีผลในการลดลงของน้ำหนักสดของผักกาดหอม ดังนั้นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการใช้ถ่านแกลบ ถ่านชีวภาพในดินทรายที่เป็นกรดสามารถใช้ได้ในอัตราต่ำแต่การใส่ในอัตราสูงในกรณีของถ่านแกลบ เถ้าแกลบและถ่านไม้จะเป็นการสะสมธาตุอาหารพืชลงไปในดินและดินที่ทำการศึกษาเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางแต่มีปัญหาด้านการเป็นกรดปานกลาง การใส่ถ่านชีวภาพลงไปทำให้สามารถปรับสภาพความเป็นกรดของดินทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินออกมาเป็นประโยชน์ต่อผักกาดหอมทำให้ผลผลิตของผักกาดหอมที่ได้รับถ่านชีวภาพมีผลผลิตออกมาแตกต่างกับการไม่ใส่ถ่านชีวภาพ

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักกาดหอม

SOV	df	SS	MS	Computed F	Tabular F 5%	Tabular F 1%
Rep	2	1.143	0.57	0.98^{ns}	3.63	6.23
Treatment	8	15.65	1.96	3.35*	2.59	3.89
Error	16	9.34	0.58			
Total	26	26.13				

CV 19.75%

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 6 ผลของถ่านชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อน้ำหนักสดของผักกาดหอม อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 28 พศจิกายน พ.ศ. 2553

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสดผักกาดหอม (ตันต่อไร่)
ควบคุม	2.16^{c}
ถ่านไม้ 200 กิโลกรัมต่อไร่	2.93^{bc}
ถ่านไม้ 400 กิโลกรัมต่อไร่	3.92^{ab}
เถ้าแกลบ 200 กิโลกรัมต่อไร่	3.43^{abc}
เถ้าแกลบ 400 กิโลกรัมต่อไร่	3.80^{ab}
ถ่านแกลบ 200 กิโลกรัมต่อไร่	4.02^{ab}
ถ่านแกลบ 400 กิโลกรัมต่อไร่	4.68^{a}
ถ่านชีวภาพ 200 กิโลกรัมต่อไร่	4.65^{a}
ถ่านชีวภาพ 400 กิโลกรัมต่อไร่	4.11^{ab}

4.68^{a} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมัน 95%

สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การใช้ถ่านแกลบอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตผักกาดหอมสูงสุด 4.68 ตันต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ถ่านชีวภาพอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดผักกาดหอม 4.65 ตันต่อไร่

2. ผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว ให้ผลผลิตน้ำหนักสดของผักกาดหอมเพียง 2.16 ตันต่อไร่ แต่ไม่แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ กับการใช้เถ้าแกลบอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดผักกาดหอม 2.93 และ 3.43 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

3. การใช้ ถ่านชีวภาพควรใช้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากการใช้ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้อยกว่าการใช้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องมีเกลือโซเดียมเป็นองค์ประกอบ การใช้ในอัตราสูงเกินมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดินที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการใช้ชนิดและอัตราต่างๆ ของถ่านชีวภาพ

2. ศึกษาปฏิกิริยาร่วมระหว่างถ่านชีวภาพและปุ๋ยเคมี

3. ควรมีการศึกษาผลของการใช้ร่วมกันระหว่างชนิดและอัตราของถ่านชีวภาพกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ กันต่อการชะล้างไนเตรทและแอมโมเนียม และการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากดิน

4. การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินเมื่อมีการให้ถ่านชีวภาพ

5. ศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของถ่านชีวภาพที่มีการผลิตแตกต่างกันในการนำมาใช้เพื่อการพัฒนาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบง่าย มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ เกษตรกรหรือกลุ่มของเกษตรสามารถจัดหามาใช้ในการผลิตถ่านชีวภาพได้

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นการจัดการชีวมวลให้มาอยู่ในรูปที่สามารถใช้ประโยชน์ในการเกษตรโดยคำนึงถึงผลกระทบของการย่อยสลายชีวมวลที่มีผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน

2. นำเอาของเสียจากอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรลดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมและเป็นการลดภาระในการกำจัด

3. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินกรด ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ดินที่มีความสามารถในการดูดยึดความชื้นและธาตุอาหารต่ำ

4. เป็นการสะสมคาร์บอนลงไปในดิน และลดการปลดปล่อยคาร์บอน และไนตรัสออกไซด์สู่บรรยากาศ

เอกสารอ้างอิง

กรุง ศรีตะธานี. 2553. การเผาแกลบแบบ “Kuntung” (คุนตัง) โครงการฝึกอบรม การจัดการมวลชีวภาพอย่างครบวงจรเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ภายใต้ความร่วมมือระหว่างกรมพัฒนาที่ดินกับสำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2553 ณ ห้องประชุมสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 ต.ลำผักกูด อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110 5 หน้า

กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ เอกสารวิชาการเล่ม 28 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 76 หน้า

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2552. การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ (Charcoal &Wood Vinegar) บริษัทออฟเซ็ทครีเอชั่นจำกัด กรุงเทพฯ 80 หน้า

บรรเจิด พลางกูร. 2523. ทรัพยากรที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 228 หน้า

อุทัย อารมณ์รัตน์ วรวิชญ์ รุ่งรัตนกสิน และสมศักดิ์ อิทธิพงษ์. 2536. การปรับปรุงดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยการใช้ถ่านแกลบ ใน การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนของการเกษตร และสิ่งแวดล้อมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น หน้า 302-314 455 หน้า

อภิญญา ดวงจันทร์ พิริยะปิ่นทอง และนิธิ นิลฉวี. 2553. การเปลี่ยนกากน้ำหมักชีวภาพไปเป็นน้ำมันชีวภาพ และถ่านชีวภาพด้วย กระบวนการไพโรไลซิส ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ 76 หน้า

Chan, K.Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie and S. Joseph. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. Australian Journal of Soil Research. 46:437-444.

Chuan**,** Chi Chien, Pin Huang Ying , Gau Sah Jy , Jie Cheng Wen , Yan Chang Ru , Shih Lu Yueh. 2011. Application of Rice Husk Charcoal on Remediation of Acid Soil. Materials Science Forum. 685: 169-180.

Ezawa, T., K. Yamamoto and S. Yoshida. 2002. Enhancement of the effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi by inorganic soil amendments. Soil Science and Plant Nutrition. 48:897-900.

Hidetoshi, A., K.S. Benjamin, M.S. Haefele, S. Khamdok, H. Koki, K. Yoshiyuki, I. Yoshio, S. Tatsuhiko and H. Takeshi. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research. 111:81–84.

Ishii, T. and K. Kadoya. 1994. Effects of charcoal as soil conditioner on citrus growth and VA mycorrhizal development. Journal of the Japanese Society of Hort. Sci. 63: 529-535.

Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment. 5:381-387.

Lehmann, J., J. Gaunt and M. Rondon. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems–a review. Mitigation and adaptation strategies for global change. 11:395-419.

Lehmann, J., J.P. da Silva Jr., C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil. 249:343–357.

Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Grossman, B. O'Neill, J.O. Skjemstad, J. Thies, F.J. Luiza O, J. Petersen and E.G. Neves. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 1719-1730.

Malisa, M.N., J. Hamdan and M.H.A. Husni. 2011. Yield response of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) to different rates of charcoal and nitrogen fertilizer on Bris soils in Malaysia. Middle-East Journal of Scientific Research 10: 54-59.

Ogawa, M. and O. Yasuyuki. 2010. Pioneering works in biochar research, Japan. Australian Journal of Soil Research. 48:489-500.

Priyadharshini, J. and T.H. Seran. 2009. Paddy husk ash as a source of potassium for growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). The Journal of Agricultural Sciences**.** 4:67-76.

Ragland, J.L. 1997. Managing soil acidity in Northeast Thailand. In: Fukai S, Cooper M., Soil Fert. 9:122-130.

Singh, B.P., B.J. Matton, B. Signh and A.L. Cowie. 2010. The role of biochar in reducing nitrous oxide emission and nitrogen leaching from soil. Paper presented at 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia.

Steinbeiss, S., G. Glexner and M. Antonietti. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biology and Biochemistry. 41: 1301-1310.

Steiner, C., B. Glaser, W.G. Teixeira, J. Lehmann, W.E.H. Blum, and W. Zech. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonion Ferralsol ammended with compost and charcoal. J. of Plant Nutrition and Soil Science. 171:893-899.

Steiner, C., W.G. Teixeira, J. Lehmann, T. Nehls, J.L.V. de Macedo, W.E.H. Blum and W. Zech. 2007. Long term effect of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazon upland soil. Plant Soil. 291:275-290.

Warnock, D.D., J. Lehmann, T.W. Kuyper and M.C. Rillig. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil-concepts and mechanisms. Plant and Soil. 300:9-20.