ความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอชาร์เพื่อเพิ่มผลผลิตในระบบการผลิตข้าวนาสวน
Feasibility of bio-char production for yieldincrement at lowland rice system

ทัพไท หน่อสุวรรณ[1] อรรถชัย จินตะเวช[1]และสิทธิชัย ลอดแก้ว[1]
Tupthai Norsuwan [1], Atthachai Jintrawet [2], Sittichai Lordkaew [3]

บทคัดย่อ

ทำการเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ไบโอชาร์ (bio-char) 4 อัตรา ประกอบด้วย 0, 640 1,280 และ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพรวนลงดินก่อนการปักดำข้าว พบว่าการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 2,560กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มจำนวนหน่อข้าวอย่างมีนัยสำคัญเป็นผลให้มีจำนวนรวงข้าวมากกว่าการไม่ใส่ไบโอชาร์อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามการใส่ไบโอชาร์ทุกอัตราไม่ทำให้น้ำหนักเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดเต็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อตรวจสอบพบว่าน้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ด และเปอร์เซ็นเมล็ดเต็มของกรรมวิธีที่ใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 2,560 กิโลกรัม มีค่าน้อยที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงควรใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยกับการใช้ไบโอชาร์เพื่อการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา เมื่อระยะข้าวสร้างน้ำนมพบว่าการใส่ไบโอชาร์ไม่ทำให้ SPAD-value ที่ใบธงของหน่อหลักไม่มีความแตกต่างกัน และการใส่ไบโอชาร์ที่อัตรา 1,280 และ 2,560 กิโลกรัม ทำให้ดินนาสามารถรักษาแอมโมเนียมไอออนได้มากกว่าอย่างมีนัย นอกจากนี้ศึกษาการผลิตไบโอชาร์ใช้เตาเผาซึ่งดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร พบว่าการเผาเศษไม้ที่ระยะเวลา 2 และ 3 ชั่วโมง ใช้เศษไม้หนัก 50.5 ± 5.2และ 44.4 ± 10.4 กิโลกรัม ตามลำดับ สามารถผลิตไบโอชาร์ได้ 10.3 ± 2.8 และ 4.8 ± 1.3 กิโลกรัมตามลำดับ เมื่อประเมินผลตอบแทนพบว่าการผลิตไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงดินนา 1 ไร่ ในปีแรกตาม 4 อัตรา ข้างต้น ได้ผลตอบแทน 1594.59, -1544.48 และ -4,741.75 บาท ตามลำดับ

คำสำคัญ : ข้าวนาสวน, ไบโอชาร์

Abstract

Bio-char is an organic material that is passed the pyrolysis process producing the highly porous organic material. It has potential to adsorb plant nutrients and also reduce carbon dioxide and methane emission from lowland rice field. To study bio-char production, furnace were adapted from 200 liter barrels. It was found that burning wood chips at 2 and 3 hours by using 50.5 ± 5.2 and 44.4 ± 10.4 kg wood chip were able to produce 10.3 ± 2.8 and 4.8 ± 1.3 kg bio-char, respectively. Moreover, the result of bio-char utilization showed that bio-char producing for improving 1 rai of paddy soil following 4 rates as concentration of: 0, 640, 1,280 and 2,560 kg per rai by adding bio-char at the first year. It could receive benefit as 1,594.59, -1,544.48 and -4,741.75 bath, respectively. To conduct an experiment comparing the effects of bio-char at 4 rates above, bio-char were mixed into paddy soil before rice transplantation. Results showed that the addition of 2,560 kg bio-

[1]ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[1] Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 E-mail tupthai.n@cmu.ac.th

char significantly increased tiller number, and as a result, the panicle number increased more than those without adding bio-char. However, every increasing rate of adding bio-char could not make grain weight, and filled grain weight differed significantly in all case. That is because 1,000 grain weight and percentage of filled grain ratio of the adding 2,560 kg bio-char were least but not differed with those without adding bio-char. In milling stage, the SPAD-value of main tiller's flag leaf was not different at all cases, and the addition of 1,280 and 2,560 kg bio-char per rai were significantly able to maintain the ammonium ion more than other rates. Therefore, it should evenly collaborated chemical fertilizers with improving bio-char for improving paddy soil abundance.

Keywords: Lowland rice, Bio-char

บทนำ

ข้าวนาสวน คือข้าวที่ปลูกในนาที่มีการกักเก็บน้ำในระดับน้ำลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร มีปลูกทุกภาคของประเทศไทยซึ่งคิดเป็น 94 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่การผลิตข้าวทั้งหมด 61 ล้านไร่ ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของพื้นการผลิตข้าวดังกล่าวเกี่ยวข้องโดยตรงกับอินทรียวัตถุที่ส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการการย่อยสลายและปลดปล่อยออกไปในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนทั้งระหว่างขั้นตอนการเตรียมดินก่อนปลูกข้าวและในฤดูปลูก

แนวความคิดหนึ่งที่ได้รับการพิจารณาในวงกว้างเพื่อช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน คือการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน โดยเฉพาะในรูปของไบโอชาร์ (bio-char) หรือ อินทรียวัตถุที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการสลายมวลสารด้วยความร้อนในสภาวะไร้อากาศในช่วงอุณหภูมิสูง วิธีการหนึ่งคือการให้ความร้อนในอัตราน้อยกว่า 10 องศาเซลเซียสต่อวินาที ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 500 องศาเซลเซียส เรียกว่า slow pyrolysis จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันดินและถ่านไม้ (charcoal)(1) จากการประเมินในรายงานของ Lehmann, Gaunt & Rondon (2006)(2) พบว่าการนำอินทรียวัตถุมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสจะทำให้สูญเสียคาร์บอนไปในกระบวนการดังกล่าว 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปใส่ลงในดินจะสามารถกักเก็บคาร์บอนให้อยู่ในดินได้มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านไป 100 ปี ในขณะที่อินทรียวัตถุที่ไม่ผ่านกระบวนการดังกล่าวจะย่อยสลายและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทั้งหมด

จากกระบวนการไพโรไลซิสทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอชาร์เป็นผลึกคาร์บอนมีลักษณะรูพรุนมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอนุภาคดินเหนียว (>1,500 ตารางเมตรต่อกรัม) ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้ไบโอชาร์มีความสามารถในการดูดซับโมเลกุลทั้งที่เป็นประจุบวกและประจุลบ เช่นเดียวกับสารอาหารของพืชและโมเลกุลของน้ำ(3) ไบโอชาร์สามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินโดย pH, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity) และ การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ของดินเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและความสามารถในการระบายน้ำของดินเป็นผลให้ปริมาณสารอาหารที่พืชสามารถเอาไปใช้ได้เพิ่มขึ้นจากทั้งสารอาหารที่มีในไบโอชาร์ที่ปลดปล่อยอย่างช้าๆและสารอาหารที่ถูกกักเก็บไว้เนื่องจากคุณสมบัติของไบโอชาร์(4, 5) นอกจากนี้ไบโอชาร์ยังสามารถช่วยลดการชะล้างไนโตรเจนจากผิวดินโดยการดูดซับแอมโมเนียมไอออนไว้(6-8) ทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวสาลีสูงขึ้น(9) น้ำหนักเมล็ดของข้าวไร่สูงขึ้นเมื่อมีการใช้ไบโอชาร์ในอัตรา 8 ตันต่อเฮกตาร์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ไบโอชาร์ในอัตราที่สูงขึ้นทำให้น้ำหนักเมล็ดลดลงเนื่องจากเกิดการจำกัดการดูด ใช้ไนโตรเจนของข้าว(10) ในข้าวนาสวนพบว่าการใช้ไบโอชาร์ที่ผลิตจากแกลบในอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้จำนวน

หน่อข้าวจาก 9 หน่อ เพิ่มขึ้นเป็น 17.33 หน่อ และจำนวนรวงข้าวจาก 5 รวง เพิ่มขึ้นเป็น 9.67 รวง แตกจากการไม่ใส่ไบโอชาร์(11) นอกจากนี้การนำไบโอชาร์ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินยังช่วยลดการปลดปล่อยมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์จากดินนาน้ำขังได้(12)

การพิจารณาความเป็นไปได้ที่เกษตรกรรายย่อยจะดำเนินงานผลิตและนำไบโอชาร์มาใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีแรกของการดำเนินงานจำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การศึกษานี้จึงมีความพยายามที่จะนำเสนอผลการตอบสนองของผลผลิตข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากการใส่ไบโอชาร์ในดินนาและผลตอบแทนที่เกษตรกรจะได้รับในปีแรกของการใช้ไบโอชาร์ปรับปรุงที่นาของตน

วิธีการศึกษา

วิธีการทดลองอิทธิพลของไบโอชาร์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวนาสวน

ดำเนินการทดลอง ณ สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (19^0N, 99^0E) เริ่มดำงานตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ - มิถุนายน 2554 ดำเนินการเปรียบเทียบอิทธิพลของอัตราการใช้ไบโอชาร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวนาสวน โดยใช้ไบโอชาร์ที่ผลิตจากกากน้ำหนักชีวภาพซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาที่ดิน ใช้แผนการทดลอง Completely Randomized Design ทำการเปรียบเทียบ 4 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่มีการใส่ไบโอชาร์) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ไบโอชาร์อัตรา 640 กิโลกรัมต่อไร่ ในบ่อซีเมนต์และคลุกไบโอชาร์กับดินที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 3 ใส่ไบโอชาร์อัตรา 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ (ปริมาณ 2 เท่าของกรรมวิธีที่ 2) และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ไบโอชาร์อัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ (ปริมาณ 4 เท่าของกรรมวิธีที่ 2) ทำซ้ำ 4 ครั้ง เป็นจำนวนทั้งสิ้น 16 หน่วยการทดลอง แต่ละหน่วยทดลองดำเนินการในบ่อซีเมนต์เส้นผ่านศูนย์กลาง ยาว 0.8 เมตร สูง 0.6 เมตร ใช้ดินที่มาจากแหล่งเดียวกันใส่ดินสูงจากก้นบ่อ 0.4 เมตร คลุกไบโอชาร์ในดินตามอัตราที่ทำการเปรียบเทียบขังน้ำไว้ในดิน 10 วัน ต่อจากนั้นปักดำกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 25 วัน จำนวน 12 กล้าต่อหน่วยทดลอง และรักษาระดับน้ำไว้ที่ 10 - 15 เซนติเมตรไปจนถึงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 15 วัน **การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ**

นำตัวอย่างไบโอชาร์มาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารก่อนคลุกลงในดินโดยวิธีการมาตราฐานของการวิเคราะห์ดิน ติดตามการเจริญเติบโตของข้าวโดยการนับจำนวนหน่อทุก 15 วันหลังปักดำ เก็บตัวอย่างโคลน ลึก 10 เซนติเมตร 4 จุดต่อหน่วยการทดลอง นำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมเนียมไอออนตามวิธีโฟลอินเจคชันคอนดักโตเมตรี(13) พร้อมกับวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบธงของหน่อหลัก 3 จุดต่อใบ ของข้าว 4 กอ จาก บริเวณกลางบ่อซีเมนต์ โดยใช้ Chlorophyll meter SPAD-502 (MINOLTA CO<LTD JAPAN) ในระยะข้าวสร้างน้ำนม และสุดท้ายเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตข้าว 4 กอ กลางบ่อซีเมนต์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Satistix 8 Version 8.0 เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนหน่อ, องค์ประกอบผลผลิตข้าว, SPAD-value ของใบธงที่หน่อหลักของข้าว และปริมาณแอมโมเนียมไอออนในดิน ของแต่ละกรรมวิธีที่ใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 0, 640 1,280 และ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่

การศึกษาการผลิตไบโอชาร์ด้วยเตาที่ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร

ดำเนินการดัดแปลงถังน้ำมัน 200 ลิตร จำนวน 3 ใบ เพื่อสร้างเตาเผาจำนวน 2 เตา ทดลองผลิตไบโอชาร์ที่ระยะเวลา 2 และ 3 ชั่วโมง ทำซ้ำ 3 ครั้ง โดยบรรจุเศษไม้จนเต็มถัง นำเศษไม้ขนาดเล็กและใบไม้มาวางเหนือเศษไม้ที่ต้องการเผาเพื่อง่ายต่อการติดไฟ เผา จนได้ไบโอชาร์นและนำไปเข้าตู้อบ อบ 2 วัน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้น บันทึกขนาดของไม้ที่นำมาบรรจุในเตาเผา, น้ำหนักของไม้ที่นำมาเผา, น้ำหนักผลผลิตไบโอชาร์ที่ได้ และชั่วโมงทำงานที่ใช้ในการผลิต

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ไบโอชาร์ในการผลิตข้าวนาสวนในปีแรก

ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ไบโอชาร์ในปีแรกของพื้นที่การผลิต 1 ไร่ โดยนำข้อมูลผลผลิตข้าวและข้อมูลการผลิตไบโอชาร์จากการทดลองมาใช้คำนวณต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวโดยการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 0, 640 1,280 และ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อประกอบการตัดสินใจนำไบโอชาร์มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวนาสวน

ผลการศึกษา

อิทธิพลของไบโอชาร์ที่มีต่อจำนวนหน่อของข้าว

การติดตามจำนวนหน่อของข้าวที่ 15, 30, 45, 60 และ 75 วันหลังปักดำ (Table 1) พบว่าการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มจำนวนหน่อข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกระยะวันหลังปักดำเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ไบโอชาร์เลย ในการนับจำนวนหน่อครั้งสุดท้ายที่ 75 วันหลังปักดำ พบว่าการใส่ไบโอชาร์อัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มจำนวนหน่อเป็น 10.19 หน่อ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใส่ไบโอชาร์เลยมีจำนวนหน่อเพียง 7.94 หน่อ อย่างไรก็ตามการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 640 และ 1280 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่สามารถเพิ่มจำนวนหน่อข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ไบโอชาร์แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ไบโอชาร์ที่อัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่ไบโอชาร์เลยมีจำนวนหน่อน้อยที่สุด

Table 1 Effects of bio-char levels with Tiller number per hill of lowland rice following the days after transplant (DAT) in cement ponds

Rate of adding bio-char to drainage soil (kg/rai)	Days after transplant				
	15	30	45	60	75
0	2.63 (B)	7.94 (B)	9.50 (B)	7.94 (B)	7.94 (B)
640	2.94 (AB)	9.13 (AB)	10.63 (AB)	9.75 (AB)	9.43 (AB)
1,280	3.12 (AB)	9.25 (AB)	10.75 (AB)	9.19 (AB)	9.25 (AB)
2,560	3.50 (A)	10.37 (A)	11.94 (A)	10.19 (A)	10.19 (A)
F-test	*	*	*	*	*
$LSD_{0.05}$	0.58	1.75	1.87	1.71	1.74

[1] = mean of 16 hill

* = significant difference ($P<0.05$)

อิทธิพลของไบโอชาร์กับ SPAD-value ที่ใบธงของหน่อหลักและปริมาณแอมโมเนี่ยมไอออนในดินลึก 0-10 เซนติเมตร ในระยะข้าวสร้างน้ำนม

การวัด SPAD-value ที่ใบธงของหน่อหลักในระยะข้าวสร้างน้ำนมที่ 30 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว (Table 2) พบว่า การใส่ไบโอชาร์ในระดับต่างๆ ไม่มีผลทำให้ SPAD-value แตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใส่ไบโอชาร์ไม่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของข้าวที่ระยะข้าวสร้างน้ำนม แต่อย่างไรก็ตามจากการวัดปริมาณแอมโมเนี่ยมไอออนของดินลึก 0-10 เซนติเมตร ในระยะข้าวสร้างน้ำนม (Table 2) พบว่าการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 1,280 และ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถตรึงแอมโมเนี่ยมไอออนได้ 5.32 และ 5.37 มิลิกรัมต่อกิโลกรัมดินแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ไบโอชาร์และการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 640 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสามารถ

ตรึงแอมโมเนียมไอออนได้ 4.82 และ 4.68 มิลิกรัมต่อกิโลกรัมดินแห้ง ตามลำดับ และการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 640 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ทำให้ปริมาณแอมโมเนียมไอออนแตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์

Table 2 Effects of bio-char on SPAD-value in main tiller's flag leaf and ammonium ion in 0-10 cm depth at milling stage of lowland rice (30 days before harvesting) in cement ponds

Rate of adding bio-char at drainage soil (g/rai)	SPAD-value	Ammoniumion (mg/kg in dry soil)
0	37.95[1]	4.82[2] (B)
640	36.98	4.68 (B)
1,280	38.24	5.32 (A)
2,560	37.23	5.37 (A)
F-test	ns	**
$LSD_{0.05}$	-	0.39

[1] = mean of 16 hill; [2] = mean of 8 times of measurement

ns = non- significant difference (P>0.05); ** = significant difference (P<0.01)

อิทธิพลของไบโอชาร์กับองค์ประกอบผลผลิตข้าว

การตรวจสอบองค์ประกอบผลผลิตข้าว (Table 3) ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 2,560 กิโลกรัม ทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อมากที่สุดแตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์เลยอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 640 และ 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อเปรียบเทียบการไม่ใส่ไบโอชาร์เลยกับการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 650 และ 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าจำนวนหน่อของข้าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดและน้ำหนักเมล็ดเต็ม พบว่าการใส่ไบโอชาร์ที่อัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดสูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น อย่างไรก็ตามน้ำหนักเมล็ดเต็มของกรรมวิธีการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 640 กิโลกรัม สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนเมล็ดเต็มโดยน้ำหนัก พบว่าการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้อัตราส่วนเมล็ดเต็มโดยน้ำหนักต่ำที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์และการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 640 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้อัตราส่วนเมล็ดเต็มโดยน้ำหนักสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์และการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 1,280 กิโลกรัม จากการตรวจสอบน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่าการใส่ไบโอชาร์ที่อัตรา 640 และ 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด สูงกว่าการไม่ใส่ไบโอชาร์เลยและการใส่ไบโอชาร์ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารโดยน้ำหนักและพื้นที่ผิวของไบโอชาร์

จากการนำไบโอชาร์ที่ผลิตจากกากน้ำหมักชีวภาพมาวิเคราะห์สารอาหารพบว่า ประกอบด้วยไนโตรเจน 3.46%, ฟอสฟอรัส 0.86%, โปแทสเซียม 2.84%, แคลเซียม 2.66% และแมกนีเซียม 0.38% โดยน้ำหนักไบโอชาร์ จากรายงานของดวงจันทร์, พิริยะ ปิ่นทอง และนิธิ นิลฉวี(1) ที่ได้ทำการตรวจสอบหาพื้นที่ผิวแบบ Brunauer-Emmett-Teller โดยเครื่อง Autosorb คำนวณแบบ Multipoins ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ พบว่าไบโอชาร์ที่ผลิตจากกากน้ำหมักชีวภาพมีพื้นที่ผิว 5.16 ตารางเมตรต่อกรัม

Table 3 Effect of bio-char with lowland rice's yield components in cement ponds

Rate of adding bio-char to drainage soil (kg/rai)	Yield components per hill				
	Panicles number	Grain weight (g)	Filled grain eight (g)	Filled grain weight ratio	1000 grain weight (g)
0	7.31 (B)	28.31	26.01	0.920 (AB)	31.017 (B)
640	8.44 (AB)	31.13	29.33	0.938 (A)	32.211 (A)
1,280	7.87 (AB)	29.56	26.98	0.916 (AB)	32.308 (A)
2,560	9.31 (A)	32.06	28.47	0.893 (B)	30.927 (B)
F-test	*	ns	ns	*	*
$LSD_{0.05}$	1.64	6.51	5.89	0.028	1.147

[1] = mean of 16 hill

ns = non- significant difference (P>0.05); * = significant difference (P<0.05)

ผลการผลิตไบโอชาร์ด้วยเตาที่ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร

ดำเนินการดัดแปลงถังน้ำมัน 200 ลิตร จำนวน 3 ถัง เป็นเตาเผาเพื่อผลิตไบโอชาร์ 2 เตา (Figure 1) ค่าใช้จ่ายในการผลิตเตาเผา 2 เตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร จำนวน 3 ถังราคาถังละ 450 บาท เป็นเงิน 1,350 บาท จ้างเหมาดัดแปลงถังน้ำมันเพื่อสร้างเตาเผาไบโอชาร์ราคา 150 บาทต่อเตา จำนวน 2 เตา เป็นเงิน 300 บาท ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นในการสร้างเตาเผา 2 เตา รวมเป็นเงิน 1,650 บาท

การทดสอบการผลิตไบโอชาร์ด้วยเตาที่ดัดแปลงขึ้นโดย (Figure 2, 3) โดยบรรจุเศษไม้ที่เตรียมไว้ (Table 4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ± 2.4 เซนติเมตร, ยาว 20 ± 6.3 เซนติเมตร (n=30) จนเต็มถัง ใช้เวลาในการเผา 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า การเผาเศษไม้หนัก 44.4 ± 10.4 (n=3) กิโลกรัม นาน 3 ชั่วโมง สามารถผลิตไบโอชาร์ได้ 4.8 ± 1.3 กิโลกรัม และการเผาเศษไม้ 50.5 ± 5.2 กิโลกรัม นาน 2 ชั่วโมง สามารถผลิตไบโอชาร์ ได้ 10.3 ± 2.8 กิโลกรัม

Figure 1 200 liter barrel were adapted to bio-char kiln

Figure 2 Wood chips were contained into 200 litter-barrel kiln (left) before leaves and small wood chips had been topped (right)

Figure 3 Burning wood chips in a 200 litter-barrel kiln (left) and bio-char products (right)

Table 4 Efficiency 200 liter-barrel kiln for bio-char production from wood chip (4 ± 2.4 cm diameter, 20 ± 6.3 cm length, n = 30)

	Production time	
	3 hour	2 hour
Load weight (kg)	44.4[1] ± 10.4	50.5 ± 5.2
Char weight (kg)	4.8 ± 1.3	10.3 ± 2.8
% char conversion	11.67	20.80

[1] = mean of 3 times ± standard error

ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ไบโอชาร์ในการผลิตข้าวนาสวนในปีแรก

ในการผลิตไบโอชาร์เพื่อนำมาปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาในพื้นที่ 1 ไร่ มีเงื่อนไขในการคิดคำนวณดังนี้ การผลิตไบโอชาร์มีต้นทุนในการผลิตประกอบด้วย เตาเผาที่ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร มูลค่า 825 บาทต่อเตา, ค่าแรงงานชั่วโมงละ 37.5 บาท ซึ่งในการเผาหนึ่งรอบต้องใช้เวลาในการจัดหาและตัดแต่งเศษไม้ 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เศษไม้ 50 กิโลกรัม และใช้เวลาในการเผา 2 ชั่วโมง เพื่อผลิตไบโอชาร์ 10.3

กิโลกรัม (อ้างอิงข้อมูลจากการทดลองผลิต) และเพื่อสอดคล้องกับแนวคิดที่จะตรึงคาร์บอนจากอินทรียวัตถุในป่าในรูปของไบโอชาร์(2) จึงไม่คิดราคาของไม้ที่นำมาเผา โดยเมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวได้ผลผลิต 665.85, 750.08, 690.69 และ 728.83 กิโลกรัมต่อไร่ จากการใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 0, 640, 1,280 และ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (อ้างอิงผลจากการทดลอง) แล้วสามารถขายข้าวได้ราคา 10.55 บาทต่อกิโลกรัม

จากการนำเงื่อนไขทั้งหมดมาคำนวณ พบว่าการผลิตไบโอชาร์โดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุดต้องดำเนินดังนี้ การใส่ไบโอชาร์ 640 กิโลกรัมต่อไร่ จะต้องใช้เตาเผา 4 เตา ใช้เวลา 80 ชั่วโมง เป็นต้นทุนในการผลิตทั้งสิน 6,300 บาท, การใส่ไบโอชาร์ 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ จะต้องใช้เตาเผา 5 เตา ใช้เวลา 125 ชั่วโมง เป็นต้นทุนในการผลิตทั้งสิน 8,812.5 บาท และการใส่ไบโอชาร์ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ จะต้องใช้เตาเผา 8 เตา ใช้เวลา 155 ชั่วโมง เป็นต้นทุนในการผลิตทั้งสิน 1,2412.5 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการใส่ไบโอชาร์ในนา 1 ไร่ ใช้เวลา 0.5 ชั่วโมง คิดเป็น 18.75 บาทต่อไร่ รวมเป็นต้นทุนในการดำเนินงานทั้งสิ้น 0, 6,318.75, 8,831.25 และ 14,431.25 บาท และมีรายรับจากขายข้าว 7,024.72, 7,913.34, 7,286.77 และ 7,689.16 ทำให้ได้สุดท้ายกำไรสุทธิ 7,024.72, 1,594.59, -1,544.48 และ -4,741.75 บาท จากการใส่ไบโอชาร์ตามอัตรา 0, 640, 1,280 และ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

Table 6 Production cost and economic return of 3 rates of adding bio-char into paddy field and without adding bio-char for 1 rai (1600 m^2) at first year by calculating from study results

Item	Without adding bio-char	Bio-char rate (kg per rai)		
		640	1,280	2,560
1) Bio-char production cost (baht)	0	6,300	8812.5	1,2412.5
- production cost of bio-char kiln (baht)	0	3,300 (4)[1]	4,125 (5)	6,600 (8)
- labour cost of preparing and loading wood chips (baht)	0	1,800 (48)[2]	2,812.5 (75)	3,487.5 (93)
- labour cost for burning	0	1,200 (32)[2]	1,875 (50)	2325.25 (62)
2) Management cost (baht) -labor cost for sowing bio-char (0.5 hour)	0	18.75	18.75	18.75
3) Total cost (baht) = 1) + 2)	0	6,318.75	8,831.25	14,431.25
4) Yield (kg)	665.85	750.08	690.69	728.83
5) Sale price of rice (baht per kg)	10.55	10.55	10.55	10.55
6) Total income (baht) = 4) * 5)	7,024.72	7,913.34	7,286.77	7,689.16
7) Net profit = (6) – (3)	7024.72	1594.59	-1544.48	-4741.75

[1]Kiln number; [2]Working hour (300 baht per day)

วิจารณ์และสรุปผล

การใส่ไบโอชาร์ในอัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มจำนวนหน่อของข้าวได้ตั้งแต่ 15 วันหลังปักดำ จนถึง 75 วันหลังปักดำ เป็นผลทำให้มีจำนวนรวงมากที่สุดแตกต่างกับการที่ไม่ใส่ไบโอชาร์เลย จำวนรวงที่เพิ่มสูงขึ้นนี้มีความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของฟอสฟอรัสที่สูงขึ้น(14, 15) ซึ่งมีอยู่ในไบโอชาร์ที่ใส่ลงไป (0.86% ฟอสฟอรัส โดยน้ำหนักไบโอชาร์ จากผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารโดยน้ำหนัก) แต่อย่างไรก็

ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตกลับพบว่าน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดและน้ำหนักเมล็ดเต็มต่อกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากอัตราส่วนเมล็ดเต็มโดยน้ำหนักและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ไบโอชาร์อัตรา 2,560 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าน้อยที่สุด ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์ สอดคล้องกับ SPAD-value ที่วัดได้ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในระยะข้าวสร้างน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการไม่ใส่ไบโอชาร์และการใส่ไบโอชาร์ในอัตราต่างๆ เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนที่จำกัดในระยะข้าวสร้างน้ำนมประกอบกับจำนวนรวงที่มากกว่าทำให้การสะสมอาหารที่เมล็ดไม่สมบูรณ์ ถึงแม้ว่าปริมาณแอมโมเนียมไอออนในระยะข้าวสร้างน้ำนมในกรรมวิธีที่ใส่ไบโอชาร์อัตรา 2,560 และ 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ไบโอชาร์ และกรรมวิธีที่ใส่ไบโอชาร์ 640 กิโลกรัมต่อไร่ แต่อย่างไรก็ตามมีงานศึกษาจำนวนมากที่รายงานถึงดินที่มีไบโอชาร์ประกอบอยู่ในสัดส่วนที่สูงจะทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของดินสูงตามทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนของพืชลดลง (5, 10) เป็นผลให้การใช้ไบโอชาร์เพียงอย่างเดียวในอัตรา 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตข้าวไร่น้อยกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสร่วมกับการใช้ไบโอชาร์ในอัตรา 1,280 กิโลกรัมต่อไร่(10) สอดคล้องกับการทดลองในห้องปฏิบัติการของ Nelson, Agudelo, Yuan & Gan (2009)(16) พบว่าในดินที่มีการใช้ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์จะต้องมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วยจึงจะทำให้ได้ผลิตภาพที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการตอบสนองของผลผลิตข้าวนาสวนกับการใช้ไบโอชาร์ปรับปรุงดินนาสวนร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี

จากการผลิตไบโอชาร์ด้วยเตาเผาที่ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร พบว่ามีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้และมีความเกี่ยวข้องปริมาณไบโอชาร์ที่สามารถผลิตได้ เช่น ชนิดและความชื้นของไม้ที่นำมาเผา, ขนาดของไม้ที่นำมาใช้เผา,อุณหภูมิขณะเผา และอากาศที่ผ่านเข้าไปในขณะที่เผาทำให้ได้ผลผลิตไบโอชาร์ลดลง(17) ทำให้การเผาครั้งนี้สามารถผลิตไบโอชาร์ได้สูงสุดที่ 20.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักก่อนเผา โดยทั่วไปการเผาถ่านจะทำในสภาวะที่อับอากาศดังนั้นหากมีการดัดแปลงเตาให้ปริมาณออกซิเจนที่เข้าไปในเตาลดลงจะทำให้ได้ปริมาณไบโอชาร์มากขึ้น ดังเช่นเตาเผาที่ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร ที่ถูกดัดแปลงในรูปแบบต่างๆอาจมีประสิทธิภาพสูงกว่า ดังเช่นเตาเผาถ่านในชุมชนที่การผลิตถ่านเป็นอาชีพอยู่นั้นซึ่งสามารถผลิตถ่านได้ 12.5 ถึง 42 เปอร์เซ็นของน้ำหนักก่อนเผา(18) อย่างไรก็ตามการใช้เตาเผาที่ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร มีข้อดีที่สามารถข้นยายเตาเผาได้สะดวกสามารถย้ายสถานที่ในการเผาเข้าใกล้แหล่งที่มีเศษไม้ในท้องถิ่นเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการขนย้ายไม้มายังที่สถานที่เผา

เมื่อพิจารณาจากต้นทุนการผลิตไบโอชาร์พบว่าต้นทุนในการใช้ไบโอชาร์ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาสูงขึ้นตามอัตราที่ต้องการใช้ และเนื่องจากผลผลิตข้าวไม่ได้ตอบสนองอย่างชัดเจนต่ออัตราการใส่ไบโอชาร์ที่สูงขึ้น จึงทำให้ผลตอบแทนจากการขายข้าวของเกษตรกรลดลงตามไปด้วยในปีแรก อย่างไรก็ตามการคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐกิจนี้นำข้อมูลเฉพาะจากกิจกรรมที่ต้องดำเนินงานแตกต่างกับการผลิตข้าวนาสวนทั่วไปเพื่อให้เห็นความแตกต่างกันเฉพาะต้นทุนในการใช่ไบโอชาร์ จึงไม่นำต้นทุนการเตรียมดิน, เมล็ดพันธุ์ข้าว, แรงงานในการปลูกข้าว, เก็บเกี่ยว ฯลฯ ร่วมคำนวณด้วย อีกทั้งการตอบสนองของผลผลิตข้าวนาสวนที่ได้รับอิทธิพลจากการใช้ไบโอชาร์ปรับปรุงดินร่วมกับการใช่ปุ๋ยเคมีในการผลิตยังไม่ได้พิสูจน์ในการศึกษาครั้งนี้ จึงไม่นำต้นทุนการใช่ปุ๋ยมาร่วมคำนวณด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร (ศวพก.) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.ชัยนาม ดิสถาพร กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้การสนับสนุนไบโอชาร์สำหรับการการทดลอง ขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. จรูญ จักรมุณี

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแอมเนียมไอออนตามวิธีโฟลอินเจคชันคอนดักโตเมตรี ขอบคุณอาจารย์จตุรงค์ พวงมณี และอาจารย์กุศล ทองงาม ศวพก. สำหรับการจัดสรรแรงงานในการดำเนินงานทดลองและคำปรึกษาในการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการผลิตไบโอชาร์เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของนา

อ้างอิง

1. ดวงจันทร์ อ, ปิ่นทอง พ, นิลฉวี น. เปลี่ยนกากน้ำหมักชีวภาพไปเป็นน้ำมันชีวภาพ และถ่านชีวภาพด้วย กระบวนการไพโรไลซิส: กรมพัฒนาที่ดิน; 2553 Contract No.: Document Number|.
2. Lehmann J, Gaunt J, Rondon M. Bio-Char Sequestration in terrestrial Ecosystem - A Review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2006;11:403-27.
3. Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant Soil. 2010;337:1-18.
4. Lehmann J, Rondon M. Bio-Char Soil Management on Highly Weathered Soil in the Humid Tropics. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. 2006:517-29.
5. DeLuca TH, MacKenzie MD, Gundale MJ. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformations. In: Lehmann J, Joseph S, editors. Biochar for Environmental Management: Earthscan Publishers Ltd 2009. p. 251-70.
6. Ding Y, Liu Y-X, Wu W-X, Shi D-Z, Yang M, Zhong Z-K. Evaluation of Biochar Effects on Nitrogen Retention and Leaching in Multi-Layered Soil Columns. Water Air Soil Pollut. 2010;213:47-55.
7. Singh BP, Hatton BJ, Singh B, Cowie AL. The role of biochar in reducing nitrous oxide emissions and nitrogen leaching from soil. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World; 2010 1 – 6 August 2010; Brisbane, Australia. 2010. p. 257-9.
8. Zheng W, Sharma BK, Rajagopalan N. Using Biochar as a Soil Amendment for Sustainable Agriculture: Illinois Sustainable Technology Center; 2010 Contract No.: Document Number|.
9. Zwieten LV, Kimber S, Morris S, Chan KY, Downie A, Rust J, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant Soil. 2010;327:235-46.
10. Asai H, Samson BK, Stephan HM, Songyikhangsuthor K, Hommaa K, Kiyono Y, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research. 2009;111:81-4.
11. Masulili A, Utomo WH, MS S. Rice Husk Biochar for Rice Based Cropping System in Acid Soil 1. TheCharacteristics of Rice Husk Biochar and Its Influence on the Properties of Acid Sulfate Soils and Rice Growth in West Kalimantan, Indonesia. Journal of Agricultural Science. 2010;2:39-47.

12. Liu Y, Yang M, Wu Y, Wang H, Chen Y, Wu W. Reducing CH4 and CO2 emissions from waterlogged paddy soil with biochar. J Soils Sediments. 2011.
13. จันทร์สมบูรณ์ จ, จักร์มุณี จ, editors. การพัฒนาวิธีโฟลอินเจคชันคอนดักโตเมตรีสำหรับการหาปริมาณแอมโมเนียมไอออนในดิน. 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.
14. จันทร์เจริญสุข จ, ช่วยบุดดา ร, มอญเจริญ พ, สโรบล เ. การศึกษาผลการใส่ซิลิกอน และฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39; 2544. 2544. p. 294-301.
15. Alam MM, Hasanuzzaman M, Nahar K. Tiller Dynamics of Three Irrigated Rice Varieties under Varying Phosphorus Levels. American-Eurasian Journal of Agronomy 2. 2009;2:89-94.
16. Nelson NO, Agudelo SC, Yuan W, Gan J. Nitrogen and Phosphorus Availability in Biochar-Amended Soils. Soil Science. 2011;176:218-26.
17. Quayle WC. Biochar potential for soil improvement & soil fertility. IREC Farmers' Newsletter. 2010:22-4.
18. Kammen DM, Lew DJ. Review of Technologies for the Production and Use of Charcoal. Berkeley: University of California; 2005 Contract No.: Document Number|.