แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ : 241-249 (2555). KHON KAEN AGR. J. 40 SUPPLMENT : 241-249 (2012).

การใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดิน น้ำส้มควันไม้เป็นสารแช่เมล็ด กับการพัฒนาของต้นกล้าข้าว

Using biochar as soil amendment, wood vinegar as priming agent in relation to rice seedling development

ดรุณี โชติษฐยางกูร[1*] จาวภา มะนาวนอก[1] สันติไมตรี ก้อนคำดี[1] และ เกษสุดา เดชภิมล[2]

Darunee Jothityangkoon[1*], Jawapa Manownok[1], Santimaitree Gonkhamdee[1] and Ketsuda Dejbhimon[2]

บทคัดย่อ: ถ่านชีวภาพได้รับความสนใจในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อเป็นการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและลดการปลดปล่อย CO_2 ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่บรรยากาศ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และน้ำส้มควันไม้เป็นสารแช่เมล็ดต่อการพัฒนาของต้นกล้าข้าว ทำการศึกษาในแปลงนาเกษตรกร บ้านยางหย่อง ตำบลโคกสี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ในฤดูนาปี 2554 ใช้แผนการทดลองแบบ split-split plot in RCB จำนวน 4 ซ้ำ โดย main plot ได้แก่ ข้าว 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 1 และชัยนาท 1, sub-plot ได้แก่ อัตราการใช้ถ่าน 2 อัตรา คือ 0 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ และ sub-sub plot ได้แก่ วิธีการแช่เมล็ดก่อนหว่าน 2 วิธี คือ เมล็ดที่ผ่านแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วบ่ม 48 ชั่วโมง และวิธีการแช่เมล็ดในสารละลายน้ำส้มควันไม้เจือจาง 300 เท่า 48 ชั่วโมงก่อนหว่าน ผลการทดลอง พบว่า ข้าว 3 พันธุ์มีการพัฒนาของต้นกล้าที่ระยะ 30 วันหลังงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ถ่านชีวภาพทำให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 มีพื้นที่ใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เพิ่มขึ้นในพันธุ์ปทุมธานี 1 การแช่เมล็ดด้วยน้ำส้มควันไม้ก่อนหว่าน ในแปลงที่ไม่มีการใส่ถ่านชีวภาพ ทำให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 มีความยาวรากรวมต่อต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการแช่เมล็ดในน้ำส้มควันไม้ทำให้ข้าวมีความยาวรากรวมต่อต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ระยะ 45 วันหลังการหว่าน การใส่ถ่านชีวภาพทำให้น้ำหนักแห้งรากต่อต้นของพันธุ์ปทุมธานี 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1

คำสำคัญ: ถ่านไม้ การกักเก็บคาร์บอน ก๊าซเรือนกระจก ควัน ข้าวนาหว่าน

Abstract: Biochar has been of interest as soil amendment and carbon sequestration that resulted in reduced CO_2 greenhouse gas. This study aimed to investigate the effect of biochar used as soil amendment and wood vinegar used as priming agent on

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

[2] ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Agricultural Development Research Center in Northeast: Research Annex (ADRC Annex), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand

[*] Corresponding author: darcho@kku.ac.th

rice seedling development. Experiment was conducted in farmer's field at Ban Yangyong Tumbon Koksri, Amphur Muang,Khon Kaen Provice during rainy season 2011. Split-split plot in RCBD was employed with four replicates. Main plots were varieties, KDML 105, Phatum Thani 1 and Chainat 1, sub-plots were two biochar application rates, 0 and 300 kg/rai and sub-sub plots were soaking methods, soaked seed 24 hours in water and subsequently incubated for 48 hours, and soaked seed in wood vinegar (WV) at 300 times dilution for 48 hour before seeding. Results revealed that growth of three varieties, at 30 days after seeding, was significantly different. Biochar application significantly reduced leaf area of KDML 105 and Chainat 1, but signiciantly increased in Phatum Thani 1. Soaking seed in WV significantly increased total root length/plant of KDML 105, Phatum Thani 1 when grown in plot without biochar application but dereased in total root length was evident when biochar and WV were applied together. At 45 days after seeding, biochar enhanced total root dry weight of Phatum Thani 1 but dereased those of KDML 105 and Chainat 1.

Keywords: charcoal, carbon sequestration, greenhouse gas, derived smoke, direct seeding rice

บทนำ

ถ่านเป็นพลังงานชีวมวลที่มีการใช้ในครัวเรือนมาเป็นเวลานาน การเผาถ่านถูกมองว่าเป็นส่วนหนึ่งของการทำลายป่า แต่ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้เข้ามาร่วมส่งเสริมการปลูกป่า และส่งเสริมให้มีเผาถ่านจากเศษไม้ที่เกิดจากการตัดสาง โดยใช้เตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูง ที่เรียกว่าเตาอิวาเตะ (iwate kiln) ต่อมามีการดัดแปลงเป็นเตาเผาที่ทำมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตร จึงทำให้มีเตาเผาถ่านขนาดเล็กกระจายอยู่ในพื้นที่การส่งเสริมจำนวนมาก (จิระพงษ์, 2553) ในปัจจุบัน ถ่าน หรือ ถ่านชีวภาพ (biochar) ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน (soil amendment) (Lehmann et al., 2003; Lehmann, 2007) และเพื่อเป็นการกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) ไว้ในดิน ลดการปลดปล่อย CO_2 ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่บรรยากาศ การใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดินสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดในปีที่ 2-3 หลังการใช้ (Major et al., 2010) เพิ่มผลผลิตของข้าว โดยเฉพาะในสภาพที่พื้นที่ปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Haefele et al., 2011) อย่างไรก็ตามการใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดิน จะสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวได้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับการจัดการปุ๋ยในแต่ละสภาพการผลิตด้วย (Asai et al., 2009) การใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดิน สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้อาจเป็นผลจากทางตรง หรือทางอ้อม โดยการใส่ถ่านอาจไปมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างของดิน ช่องว่างในดิน ความหนาแน่นของดิน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน กิจกรรมของจุลินทรีย์ และสถานะของธาตุอาหารบริเวณรอบๆ ราก ซึ่งจากการรวบรวมงานวิจัยของ Warnock et al. (2007) ได้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดินสามารถเพิ่มปริมาณของเชื้อรา mycorrhiza บริเวณรากพืช และส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น

การเผาถ่านยังมีผลพลอยได้ คือ น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar หรือ pyroligneous acid) ซึ่งเกิดจากการควบแน่นของควัน เมื่อผ่านควันกับสภาพอากาศเย็น น้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยน้ำ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และมีสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ กว่า 200 ชนิด เช่น acetic acid, methyl alcohol, acetone, aldehydes และ phenol มีการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์หลายด้าน (จิระพงษ์, 2553) ส่วนการใช้ในทางการเกษตรนั้น มีมานานกว่า 100 ปีในประเทศญี่ปุ่น แต่การใช้ประโยนช์ยังไม่แพร่หลาย จนกระทั่งในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาที่การใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้เริ่มกลับมาแพร่หลาย ทั้งในญี่ปุ่น ไต้หวัน และเกาหลี การใช้น้ำส้มควันไม้ในนา

ข้าว พบว่าการฉีดพ่นทางใบในข้าวไวแสงพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในอัตราเจือจาง 300 เท่า โดยฉีดพ่นทางใบทุก 2 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเพิ่มขึ้น จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อกอเพิ่มขึ้น ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 50-80 กิโลกรัมต่อไร่ (ชญานิษฐ์ และ คณะ, 2547; ศิริวรรณ และ คณะ, 2550; ศิรษา และคณะ, 2553; Jothityangkoon et al., 2007a, b; Hok et al., 2009) และยังช่วยกระตุ้นการงอก การพัฒนาของรากและต้นกล้าข้าว (ศิรษา และคณะ, 2553; Jothityangkoon et al., 2007b) การพัฒนาของรากของต้นกล้าข้าวโพด (Staden et al., 2006) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดิน น้ำส้มควันไม้เป็นสารแช่เมล็ดกับการพัฒนาของต้นกล้าข้าว

วิธีการศึกษา

สถานที่ทำการทดลอง และแผนการทดลอง

ทำการศึกษาในแปลงนาเกษตรกร บ้านยางหย่อง ตำบลโคกสี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ในฤดูนาปี 2554 ใช้ แผนการทดลองแบบ split-split plot in RCB จำนวน 4 ซ้ำ โดย main plot ได้แก่ ข้าว 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 1 และชัยนาท 1, sub-plot ได้แก่ อัตราการใช้ถ่าน 2 อัตรา คือ 0 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ และ sub-sub plot ได้แก่ สภาพการเตรียมเมล็ดก่อนหว่าน 2 วิธี คือ เมล็ดที่ผ่านแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และบ่ม 48 ชั่วโมง (วิธีปฏิบัติของเกษตรกร) และวิธีการแช่เมล็ดในสารละลายน้ำส้มควันไม้เจือจาง 300 เท่า 48 ชั่วโมงก่อนหว่าน

การปฏิบัติดูแลรักษา ทำการเตรียมดินโดยไถดะ และไถแปร ทำคันนาล้อมรอบแปลงย่อยขนาด 3 x 7 เมตร จำนวน 48 แปลงย่อย หว่านปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 กิโลกรัม รองพื้น 7 วัน ก่อนหว่านเมล็ด ทำการสุ่มกรรมวิธีลงในแปลงย่อย ตามแผนการทดลอง ในกรรมวิธีที่ใส่ถ่าน ทำการหว่านถ่านที่บดละเอียดร่อนผ่านตะแกรงรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ในอัตรา 0 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วพรวนก่อนการหว่านเมล็ด ทำการปล่อยน้ำเข้าแปลงย่อย และรักษาระดับน้ำในแปลงย่อยให้อยู่ในระดับ 5 –10 เซนติเมตร เหนือผิวดินหลังเมล็ดงอก 14 วัน ตลอดฤดูปลูก ใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านข้าวเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

การเก็บข้อมูล

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าว จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย ที่ระยะ 30 และ 45 วันหลังหว่าน ทำการวัดความสูง นับจำนวนหน่อต่อต้น วัดพื้นที่ใบโดยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (LD 3100) วัดค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบข้าวทางอ้อมด้วยเครื่อง SPAD-502 Minolta, Tokyo, Japan โดยวัดที่ใบธง บริเวณโคน กลาง และปลายใบ เก็บรากที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อวัดความยาวรากและพื้นที่รากด้วยโปรแกรม WinrhizoPro2004a แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักแห้งราก

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Statistix 8

ผลการศึกษา และวิจารณ์

ที่ระยะ 30 วันหลังการหว่าน ข้าว 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 1 และชัยนาท 1 มีการเจริญเติบโตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความสูง ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ความยาวราก และน้ำหนักแห้งรากต่อต้น สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และมีน้ำหนักแห้งรากต่อต้น สูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) การใส่ถ่านชีวภาพมีผลต่อพื้นที่ใบ และทำให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรากต่อต้นน้อยกว่าการไม่ใส่ถ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) และพบการตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ โดยการใส่ถ่านชีวภาพทำให้พื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เพิ่มขึ้นในพันธุ์ปทุมธานี 1 (**Table 2**) นอกจากนี้ยังพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับการใส่ถ่านชีวภาพ และ การแช่เมล็ดก่อนหว่านต่อความยาวรวมของรากต่อต้น ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 โดยในแปลงที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพ การแช่เมล็ดด้วยน้ำส้มควันไม้ก่อนหว่านทำให้ข้าวมีความยาวรากรวมต่อต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่แปลงที่มีการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการแช่เมล็ดในน้ำส้มควันไม้ ทำให้ข้าวมีความยาวรากรวมต่อต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (**Table 2**) ที่ระยะ 45 วันหลังการหว่าน พบการตอบสนองในทำนองเดียวกัน โดยพบความแตกต่างในการเจริญเติบโตระหว่างพันธุ์ (**Table 3**) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับการใส่ถ่านชีวภาพ โดยการใส่ถ่านชีวภาพทำให้น้ำหนักแห้งรากต่อต้นของพันธุ์ปทุมธานี 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 (**Table 4**)

การพบการตอบสนองของพันธุ์ต่อการใส่ถ่านชีวภาพ และการแช่เมล็ดที่แตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลเนื่องจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวพันธุ์ไวแสง ส่วนข้าวอีก 2 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 และชัยนาท 1 เป็นข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง และมีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อปลูกโดยการหว่านในช่วงเดือน กรกฎาคม มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 125 วัน (สุรพงษ์, ม.ป.ป.) ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 1 และชัยนาท 1 มีอายุเก็บเกี่ยว 104-126 วัน และ 121-130 วัน ตามลำดับ (กรมการข้าว, ม.ป.ป.) การที่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างสั้นกว่าพันธุ์อื่น อาจมีส่วนที่ทำให้การพัฒนาของต้นกล้าในช่วงแรกเร็วกว่าพันธุ์อื่นๆ การใส่ถ่านชีวภาพมีผลทำให้การเจริญเติบโต เมื่อประเมินจากพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วง 30 วันหลังการหว่าน ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี 1 กลับเพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลจากการงอกของเมล็ดพืช เป็นกระบวนการที่ไวต่อการใส่ถ่านชีวภาพเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (Rogovska et al., 2011) การใส่ถ่านชีวภาพ อาจส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำ การดูดซับแสงส่งผลต่ออุณหภูมิดินที่เพิ่มขึ้น หรือ การดูดซับธาตุอาหาร ซึ่งล้วนส่งผลต่อความงอก และการพัฒนาของพืช การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ อาจมีผลทำให้เกิดการชะลอการพัฒนาของรากในระยะ 30 วันหลังการหว่าน ซึ่งยังต้องการข้อมูลคุณสมบัติของดินในการประกอบการอธิบายการตอบสนองนี้ การแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่มีรายงานว่ากระตุ้นการงอก การพัฒนาของรากและต้นกล้าข้าว (ศิริยา และคณะ, 2553; Jothityangkoon et al., 2007b) การพัฒนาของรากของต้นกล้าข้าวโพด (Staden et al., 2006) นั้น แต่ในการทดลองนี้พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำส้มควันไม้อย่างเดียวจะช่วยส่งเสริมการพัฒนาของราก แต่เมื่อใช้ร่วมกับการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุบำรุงดินกลับไปชะลอการพัฒนาของรากของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ปทุมธานี 1 แต่ไม่พบอิทธิพลในพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าทั้งน้ำส้มควันไม้ ซึ่งมีสารที่ได้จากการเผาไหม้ของเซลลูโลส และมีคุณสมบัติเป็นฮอร์โมนในกลุ่มคาร์ริคิน (Karrikin hormone-like substance) (Chiwocha et al., 2009) อาจมีในถ่านเช่นเดียวกัน และการใช้ร่วมกัน อาจทำให้มีในความเข้มข้นที่มากขึ้น ส่งผลต่อการชะลอการพัฒนาของรากได้ แต่เมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น จนถึงที่ระยะ 45 วันหลังการหว่าน จะมีเพียงพันธุ์ปทุมธานี 1 เท่านั้นที่การใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินจะช่วยให้ข้าวมีการพัฒนาของรากข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาเบื้องต้น ชี้ให้เห็นว่าการใส่ถ่านเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุง

ดิน อาจต้องมีเงื่อนไขของการใช้หลายประการเพิ่มขึ้น เช่น ระยะเวลาของการใส่ เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่จัดสรรงบประมาณ หมวดเงินทุนอุดหนุนทั่วไป ปีงบประมาณ 2554 และโครงการบ่มเพาะนักวิจัยเพื่อให้สร้างผลงานวิจัยในระดับนานาชาติ เพื่อสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. ม.ป.ป. องค์ความรู้เรื่องข้าว. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/rice_xx2-02_New_index.html เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2554.

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2553. การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์เกษตรธรรมชาติ กรุงเทพฯ.

ชญานิษฐ์ รวมตะคุ, ดรุณี โชติษฐยางกูร และ อนันต์ พลธานี. 2547. ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวหอมมะลิ 105. หน้า 246-256. *ใน* ประสิทธิ์ ใจศิล และคณะ (บรรณาธิการ) รายงานการสัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 2547. 26-27 มกราคม 2547. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิรยา สังวาลย์, ดรุณี โชติษฐยางกูร, สดุดี วรรณพัฒน์ และ อนันต์ พลธานี. 2553. น้ำส้มควันไม้กับศักยภาพการใช้เป็นสารแช่เมล็ดในข้าวนาหว่านน้ำตม. หน้า 244-250. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553 วันที่ 25-26 มกราคม 2553. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิริวรรณ ทิพรักษ์, ดรุณี โชติษฐยางกูร และ อนันต์ พลธานี. 2550.ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105. แก่นเกษตร 35(ฉบับพิเศษ): 9-16.

สุรพงษ์ ใจดี. ม.ป.ป. ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ ๑๐๕ ต่างระยะเวลาปลูก. ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์. จังหวัดสุรินทร์. สืบค้นข้อมูลจาก http://srn-rrc.ricethailand.go.th/srrc/textpdf/KDML.doc เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2554.

Asai, H., B.K. Samson, H.M. Stephan, K. Songyikhangsuthor, K. Homma, Y. Kiyono, Y. Inoue, T. Shiraiwa and T. Horie. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physics properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research 111:81-84.

Chiwocha, S.D.S., K.W. Dixon, G.R. Flematti, E.L. Ghisalberti, D.J. Merritt, D.C. Nelson, J.M. Riseborough, M. Smith and J.C. Stevens. 2009. Karrikins: A new family of plant growth regulators in smoke. Plant Science 177:252-256.

Haefele, S.M., Y. Konboon, W. Wongboon, S. Amarante, A.A. Maarifat, E.M. Pfeiffer and C. Knoblauch. 2011. Effects and fate of biochar from rice residuces in rice-based system. Field Crops Research 121:430-440.

Hok, L., D. Jothityangkoon, and A. Polthanee. 2009. Yield and nutrient accumulation of KDML105 rice as influcenced by farmyard manure and wood vinegar. pp. 368-372. *In* Agricultural Annual Seminar 2009, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand. 26-27 January 2009. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand.

Jothityangkoon, D., C. Ruamtakhu, S. Tipparak, S. Wanapat and A. Polthanee. 2007a. Using

wood vinegar in increasing rice productivity. pp. 28-34. *In* Proceedings of the 2nd International Conference on Rice for the Future, 5-9 November 2007. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

Jothityangkoon, D., C. Ruamtakhu, S. Tipparak, S. Wanapat and A. Polthanee. 2007b. Wood vinegar enhances seed germination and seedling development of rice. pp. 35-40. *In* Proceedings of The 2nd Internatinal Conference on Rice for the Future. 5-9 November 2007. Queen Sirikit National Convention Center,, Bangkok, Thailand.

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

Lehmann, 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.

Major, J., M. Rondon, D. Molina, S.J. Riha and J. Lehmann. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Columbian savanna oxisol. Plant and Soil 333:117-128.

Rogovska, N., D. Laird, R. Cruse, T. Trabue and E. Heaton. 2011. Germination tests for assessing biochar quality. Journal of Environmental Quality (In Press).

Staden, Van J., S.G. Sparg, M.G. Kulkarni and M.E. Light. 2006. Post-germination effects of the smoke-derived compound 3-methyl-2*H*-furo[2,3-*c*]pyran-2-one, and its potential as a preconditioning agent. Field Crops Research 98:98-105.

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.

Table 1. Effect of biochar used as soil amendment, wood vinegar (WV) as priming agent on rice seedling development grown during rainy growing 2011.

Treatment	At 30 days after seeding					
	Height (cm)	LA (cm^2/plant)	SPAD	TADW (mg/plant)	TRL (cm/plant)	TRDW (mg/plant)
Variety (V)						
KDML 105 (V1)	43.49 a	393	25.73 ab	29.63 ab	143 a	46.50 b
Pathum Thani 1 (V2)	45.26 a	456	28.94 a	35.72 a	163 a	100.60 a
Chainat 1 (V3)	37.81 b	379	23.62 b	24.30 b	90 b	31.60 b
Biochar (B)						
0 (B1)	42.43	442 a	26.02	30.05	140	63.30 a
300 (B2)	41.94	376 b	26.17	29.71	124	55.80 b
Soaking (S)						
Water (S1)	42.71	423	25.26	29.83	137	59.4
WV(S2)	41.66	395	26.92	29.93	128	59.70
Significance level						
V	**	ns	*	**	**	**
B	ns	*	ns	ns	ns	*
S	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V X B	ns	*	ns	ns	ns	ns
V X S	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B X S	ns	ns	ns	ns	**	ns
V X B X S	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)						
V	9.48	28.27	17.09	21.05	29.53	29.62
V X B	5.55	18.60	16.18	19.49	36.92	17.17
V X B X S	6.35	20.84	16.30	16.93	33.82	42.23

LA = leaf area, SPAD = chlorophyll meter reading (SCMR), TADW = Total above-ground dry weight, TRL = Total root length, TRDW = Total root dry weight

ns, *, ** = not significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and 0.01, respectively.

Means in the same column with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD

Table 2. Interaction between variety and biochar application on leaf area and interaction between variety, biochar, wood vinegar (WV) application on total root length of rice seedling at 30 days after seeding, grown during rainy growing season 2011.

Treatment		At 30 days after seeding			
Variety (V)	Biochar (B)	LA (cm^2/plant)			
KDML 105 (V1)	0 (B1)	451	-	-	-
	300 (B2)	335	-	-	-
Pathum 1 (V2)	0 (B1)	435	-	-	-
	300 (B2)	476	-	-	-
Chainat 1 (V3)	0 (B1)	439	-	-	-
	300 (B2)	318	-	-	-
SED		21.96			
Biochar (B)	Soaking (S)		TRL (cm/plant)		
0 (B1)	Water (S1)		124	-	-
	WV (S2)		157	-	-
300 (B2)	Water (S1)		150	-	-
	WV (S2)		99	-	-
SED			12.93		
Variety (V)	Biochar (B)	Soaking (S)		TRL (cm/plant)	
KDML 105 (V1)	0 (B1)	Water (S1)	-	121	-
	0 (B1)	WV (S2)	-	174	-
	300 (B2)	Water (S1)	-	176	-
	300 (B2)	WV (S2)	-	103	-
Pathum Thani 1 (V2)	0 (B1)	Water (S1)	-	159	-
	0 (B1)	WV (S2)	-	204	--
	300 (B2)	Water (S1)	-	198	-
	300 (B2)	WV (S2)	-	93	-
Chainat 1 (V3)	0 (B1)	Water (S1)	-	91	-
	0 (B1)	WV (S2)	-	94	-
	300 (B2)	Water (S1)	-	76	-
	300 (B2)	WV (S2)	-	100	-
SED				22.40	

LA = leaf area, TRL = Total root length; SED = standard error of the difference

Table 3. Effect of biochar used as soil amendment, wood vinegar (WV) as priming agent on rice seedling development at 45 days after seeding grown during rainy growing season 2011.

Treatment	At 45 days after seedi		
	Height (cm)	LA (cm^2/plant)	SPAD
Variety (V)			
KDML 105 (V1)	50.64 a	483 b	21.88 b
Pathum Thani 1 (V2)	42.69 b	595 a	26.98 a
Chainat 1 (V3)	48.83 a	481 b	19.11 c
Biochar (B)			
0 (B1)	47.75	531	22.09
300 (B2)	47.02	509	23.21
Soaking (S)			
Water (S1)	47.77	553	22.63
WV(S2)	47.00	487	22.67
Significance level			
V	**	*	**
B	ns	ns	ns
S	ns	ns	ns
V X B	ns	ns	ns
V X S	ns	ns	ns
B X S	ns	*	ns
V X B X S	ns	ns	ns
CV (%)			
V	8.69	22.47	9.64
V X B	7.98	24.19	15.58
V X B X S	10.21	26.45	12.56

LA = leaf area, SPAD = chlorophyll meter reading (SCMR), TADW = Total above-ground dry weight, TRL = Total root length, TRDW = Total root dry weig

Means in the same column with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD

Table 4. Interaction between variety and biochar application on total root length of rice seedling at 45 days after seeding, grown during rainy growing season 2011.

Treatment		At 45 days after seeding
Variety (V)	Biochar (B)	TRDW (mg/plant)
KDML 105 (V1)	0 (B1)	131.4
	300 (B2)	113.2
Pathum Thani 1 (V2)	0 (B1)	146.9
	300 (B2)	256.3
Chainat 1 (V3)	0 (B1)	124.9
	300 (B2)	86.6
SED		22.9

LA = leaf area, TADW = Total above-ground dry weight, TRDW = Total root dry weight; SED = standard error of the difference