

ผลของชนิดน้ำส้มควันไม้และขนาดหัวต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ของหัวแก่นตะวัน

Effects of wood vinegar type and tuber size on total soluble solids of Kaentawan (*Helianthus tuberosus* L.) tubers

รัชณี พุทธา^{1*} และ รัตติกาล เสนน้อย²

Ratchanee Puttha^{1*} and Rattikarn Sennoi²

บทคัดย่อ: หัวแก่นตะวัน หรือเยรูซาเล็มอาร์ติโชค (*Helianthus tuberosus* L.) มีอินนูลินปริมาณมาก และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารฟังก์ชันได้ น้ำส้มควันไม้เป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการไพโรไลซิสของชีวมวล และมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิด ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของพืช งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของชนิดน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากแหล่งชีวมวลที่แตกต่างกัน และขนาดหัวของแก่นตะวันที่ระยะเก็บเกี่ยวต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปัจจัยแรกคือ การไม่ใส่น้ำส้มควันไม้ (ชุดควบคุม) และการใส่น้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส และน้ำส้มควันไม้จากต้นลำไย และปัจจัยที่สองคือ ขนาดของหัวแก่นตะวัน ประกอบด้วยหัวขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก ทำการทดลองในกระถาง จัดทรีตเมนต์จำนวน 12 ทรีตเมนต์ ด้วยวิธีแฟคทอเรียล 4x3 ในแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกผสมบอร์น จำนวน 4 ซ้ำ เมื่อแก่นตะวันอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีทุกทรีตเมนต์ และเมื่อแก่นตะวันอายุ 30 60 และ 90 วันหลังย้ายปลูก ใส่น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด อัตรา 100 มล. ต่อ น้ำ 20 ลิตร ยกเว้นชุดควบคุม เก็บข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ จากหัวแก่นตะวันทั้ง 3 ขนาด ผลการทดลองพบว่าชนิดของน้ำส้มควันไม้ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) การใส่น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสทำให้หัวแก่นตะวันมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด มีค่า 25.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่ใส่น้ำส้มควันไม้ น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ และน้ำส้มควันไม้จากต้นลำไย มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 24.5 24.4 และ 24.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และขนาดหัวของแก่นตะวันไม่ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้แตกต่างกัน จากการศึกษาดังนี้การใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสสามารถเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในหัวแก่นตะวัน

คำสำคัญ: เยรูซาเล็มอาร์ติโชค, กรดไพโรลิกเนียส, ความหวาน, เนื้อไม้

ABSTRACT: Tubers of Kaentwan or Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) are rich in inulin and the tubers can be used as a raw material for functional food products. Wood vinegar is a product from pyrolysis of biomass and it contains varying degrees of organic components that are beneficial to crop growth and can improve crop quality. The objective of this study was to evaluate the effects of wood vinegar types from different sources of biomass and tuber size at harvest on total soluble solids of Kaentawan tubers. Untreated control and three wood vinegar types consisting of wood vinegar from bamboo wood, wood vinegar from eucalyptus wood and wood vinegar from longan wood were assigned as factor A, and three sizes of Kaentawan tubers

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว 27160

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, 27160

² สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110
Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, 20110

* Corresponding author: ratchaneeputtha@buu.ac.th, puttha_r@hotmail.com

consisting of large size, medium size and small size were assigned as factor B. The 12 treatments combinations of a 4×3 factorial were arranged in a randomized complete block design with four replications in pot experiment. At 30 days after transplanting (DAT), chemical fertilizer was applied to all treatment, and three types of wood vinegar at the rate of 100 ml/20 l water were applied to three treatments except for untreated control at 30, 60 and 90 DAT. Data were recorded for total soluble solids from the tubers of three sizes. Types of wood vinegar were significantly different ($P < 0.01$) for total soluble solids. Wood vinegar from eucalyptus wood had the highest total soluble solids of 25.9 %, whereas untreated control, wood vinegar from longan wood, and wood vinegar from bamboo wood had total soluble solids of 24.5, 24.4 and 24.4 %, respectively. Tuber sizes were not significantly different for total soluble solids. Application of wood vinegar from eucalyptus wood could increase total soluble solids in Jerusalem artichoke tubers.

Keywords: Jerusalem artichoke, pyroligneous acid, sweetness, wood

บทนำ

หัวแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) มีอินนูลินเป็นองค์ประกอบ 55-70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ขึ้นกับพันธุ์ อินนูลินเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) จัดอยู่ในกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) เนื่องจากเป็นอาหารที่มีสารอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกเหนือจากมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการทั่วไป โดยอินนูลินเป็นสารที่ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ความอ้วนและเบาหวาน และเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย (Munim et al., 2017) มีรายงานว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณอินนูลินในหัวแก่นตะวัน (Baldini et al., 2004) ดังนั้นค่าของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จึงอาจจะใช้เป็นดัชนีชี้วัดในการประเมินปริมาณอินนูลินในเบื้องต้นได้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในหัวของแก่นตะวัน ได้แก่ พันธุ์ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษาและปุ๋ย เป็นต้น (สำราญ และคณะ, 2559; สมพิศ และคณะ, 2553; Puangbuta et al., 2015; Terzić and Atlagić, 2009) น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) หรือกรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านจากไม้ทุกชนิด เช่น ไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ลำไย ไม้สะเดา ไม้มะขาม ไม้กระถินณรงค์ หรือแกลบ เป็นต้น ลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาล และมีกลิ่นเหมือนควันไฟ องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้เป็นน้ำ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และสารประกอบอินทรีย์หลากหลายชนิด แต่ที่พบส่วนใหญ่คือเมทานอลและกรดอะซิติก (Tiilikka et al., 2010)

การใช้น้ำส้มควันไม้มีประโยชน์ต่อการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืช ช่วยป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำส้มควันไม้ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสามารถเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลมะเขือเทศ (Mungkumchao et al., 2013) แต่ยังไม่พบรายงานเกี่ยวกับการใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของหัวแก่นตะวันขนาดแตกต่างกัน การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของชนิดน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากแหล่งชีวมวลที่แตกต่างกัน และขนาดหัวของแก่นตะวันที่จะย่อยเก็บเกี่ยวต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของแก่นตะวันสายพันธุ์ JA37 ที่ปลูกในกระถางและในสภาพโรงเรือน

วิธีการศึกษา

ทำการทดลอง ณ โรงเรือนทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ขั้นตอนเตรียมดินปลูก นำดินร่วนผสมแกลบเผา อัตรา 1:1 ใส่ในกระถางปลูกพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ให้มีปริมาตรเท่ากันทุกกระถาง เตรียมต้นกล้าโดยตัดหัวแก่นตะวันพันธุ์ JA37 ให้เป็นชิ้น มีตา 2-3 ตาต่อชิ้น นำชิ้นหัวแก่นตะวันบ่มในฟิทมอสนาน 7 วัน จะเริ่มมีตาสีขาวโผล่ออกมา ให้นำชิ้นหัวดังกล่าวย้ายลงถาดเพาะนาน 7 วัน จะได้ต้นกล้ามีใบจริง 2-3 คู่ทำการย้ายลงกระถางปลูก จัดพืชมงต้วยวิธีแฟกทอเรียล 4X3

ในแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (4X3 factorial in randomized complete block design) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 กระถาง การดูแลปฏิบัติ ทำการกำจัดวัชพืชโดยใช้มือและให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและเท่ากัน ทุกกระถางตลอดระยะเวลาการทดลอง การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ได้แก่การใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 10 กรัมต่อต้น เมื่อแก่ต้นอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก และการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 10 กรัมต่อต้น ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด คือน้ำส้มควันไม้จากไม้ ไม้ยูคาลิปตัส และต้นลำไย อัตรา 100 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยราดใส่โคนต้นแก่ต้นวัน ปริมาณ 1 ลิตรต่อกระถาง จำนวน 3 ครั้ง เมื่อแก่ต้นอายุ 30 60 และ 90 วันหลังย้ายปลูก และปัจจัยที่ 2 คือขนาดหัวแก่ต้นวัน ทำการคัดแยกหัวแก่ต้นวันจากทุกกระถางหรือต้น เป็น 3 ขนาดตามความยาวของหัว ได้แก่หัวใหญ่ (ความยาว>7 ซม.) หัวกลาง (5>ความยาว<7 ซม.) และหัวเล็ก (ความยาว<5 ซม.) และการเก็บข้อมูลเมื่ออายุเก็บเกี่ยว 120 วันหลังปลูก ทำการตัดต้นทิ้งและดึงหัวขึ้นมาปัด และเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนหัว นำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นทำการวัดความยาว เพื่อคัดแยกไซส์ตามที่กำหนด และวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Digital Pocket Refractometer (PAL-1, ATAGO CO.,LTD., Japan) โดยวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำมาหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Different (LSD) โดยใช้โปรแกรม

Statistix8

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในหัวแก่ต้นวัน เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีแต่ไม่ใส่น้ำส้มควันไม้ และการใส่ปุ๋ยเคมีรวมกับการใส่น้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มควันไม้จากไม้ ไม้ยูคาลิปตัส และต้นลำไย พบว่า ชนิดของน้ำส้มควันไม้ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในหัวแก่ต้นวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 1) การใช้ น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส ทำให้หัวแก่ต้นวัน มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด มีค่า 25.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการไม่ใส่น้ำส้มควันไม้ น้ำส้มควันไม้จากไม้ ไม้ และน้ำส้มควันไม้จากต้นลำไย มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 24.5 24.4 และ 24.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับการทดลองของ Zulkarami et al. (2010) ได้สรุปว่าการใส่น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยสูตรที่ใช้ประจำในท้องถิ่นช่วยเพิ่มความหวานให้กับเมล่อน (rock melon) ได้

การศึกษาผลของขนาดหัวของแก่ต้นวัน 3 ขนาด ได้แก่หัวใหญ่ หัวกลาง และหัวเล็ก พบว่าขนาดหัวมีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากเก็บเกี่ยวหัวแก่ต้นวัน ได้เก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นานเพียง 1-2 วัน ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่

Table 1 Mean squares of wood vinegar types and three tuber sizes for total soluble solid (°brix) of Kaentawan tubers

Sources	DF	MS
Replications (R)	3	0.47
Wood vinegar types (W)	3	6.36**
Tuber sizes (T)	2	1.75 ^{ns}
W*T	6	7.66**
Error	33	1.22
CV (%)	4.5	

^{ns}, ** Non-significant and significant at $P < 0.01$ probability level, respectively

Table 2 Mean of total soluble solid (°brix) of large, medium and small tuber size on three wood vinegars and control of Kaentawan tubers

Treatments	°Brix ^{1/}
Wood vinegar types (W)	
Control	24.5b
Wood vinegar from bamboo	24.4b
Wood vinegar from eucalyptus wood	25.9a
Wood vinegar from longan wood	24.4b
F-test (W)	**
Tuber sizes (T)	
Large	25.2
Medium	24.5
Small	24.7
F-test (T)	ns

^{1/} Values with different letters within the same column are significantly different at $P < 0.01$ by Least Significant Different
^{ns}, ** Non-significant and significant at $P < 0.01$ probability level, respectively

Table3 Mean of total soluble solid (°brix) as affected by interaction between wood vinegar types and tuber sizes of Kaentawan tubers

Wood vinegar types (W)	Tuber size (T)	°Brix ^{1/}
Control	Large	23.8bc
	Medium	24.4abc
	Small	25.4ab
Wood vinegar from bamboo	Large	25.2ab
	Medium	25.4ab
	Small	22.5c
Wood vinegar from eucalyptus wood	Large	a
	Medium	25.7ab
	Small	25.9a
Wood vinegar from longan wood	Large	25.7ab
	Medium	22.5c
	Small	ab
F-test		**

^{1/} Values with different letters within the same column are significantly different at $P < 0.01$ by Least Significant Different

** Significant at $P < 0.01$ probability level

ละลายน้ำได้มากนัก ดังเช่นงานทดลองของ สมพิศ และคณะ (2010) เก็บรักษาแก่ต้นพันธุ์ HEL65 ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-10 สัปดาห์ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากการศึกษาปฏิสัมพันธ์ของชนิดน้ำส้มควันไม้ และขนาดหัวแก่ต้นพันธุ์ พบว่าชนิดน้ำส้มควันไม้ และขนาดหัวแก่ต้นพันธุ์ทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) (Table 1) การใส่น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสและหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดใหญ่และเล็ก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด มีค่า 26.0 และ 25.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) รองลงมา คือการใส่น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสและหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดกลาง และน้ำส้มควันไม้จากต้นลำไย และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดใหญ่ (25.7 เปอร์เซ็นต์) การใส่น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดกลาง และการใส่น้ำส้มควันไม้และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดเล็ก (25.4 เปอร์เซ็นต์) การใส่น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดใหญ่ (25.2 เปอร์เซ็นต์) การใส่น้ำส้มควันไม้จากต้นลำไยและหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดเล็ก (25.0 เปอร์เซ็นต์) และการใส่น้ำส้มควันไม้และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดกลาง (24.4 เปอร์เซ็นต์) และการใส่น้ำส้มควันไม้และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดใหญ่ การใส่น้ำส้มควันไม้จากต้นลำไยและหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดกลาง และน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่และหัวแก่ต้นพันธุ์ขนาดเล็ก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด มีค่า 23.8 22.5 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุป

งานทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสมีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในหัวแก่ต้นพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาอัตราของน้ำส้มควันไม้และช่วงเวลาใส่ที่เหมาะสมในงานทดลองต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่เชื้อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยถั่วลิสงและแก่ต้นพันธุ์เพื่อเป็นอาหารเพื่อสุขภาพมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มอบหัวแก่ต้นพันธุ์เพื่อใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณนายเกริกชัย ชีระปฎิยุทธ์ บริษัท เอ.พี. น้ำส้มควันไม้ ผู้สนับสนุนน้ำส้มควันไม้เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- สมพิศ สายแก้ว รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย และอัมพร แซ่เอียว. 2553. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของหัวแก่ต้นพันธุ์สดภายหลังการเก็บเกี่ยว. ว. วิทย์. กษ. (พิเศษ). 41: 249–252.
- ลำราญ พิมราช ถวัลย์ เกษมาลา และทัศนิกา มุ่งคุณคำขาว. 2559. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆต่อการเพิ่มผลผลิตและขนาดหัวของแก่ต้นพันธุ์ (*Helianthus tuberosus* L.). ว. เกษตรพระวรุณ. 13: 126–138.
- Baldini, M., F. Danuso, M. Turi and G.P. Vaaozzi. 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. Ind. Crop Prod. 19: 25–40.
- Mungkumchao, T., T. Kesmla, S. Pimratch. B. Toomsana and D. Jothityangkoon. 2013. Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Sci. Hort. 154: 66–72.
- Munim, A., M. Rod, H. Tavakoli and F. Hosseini. 2017. An analysis of the composition, health benefits, and future market potential of the Jerusalem artichoke in Canada. J. Food Res. 6: 69–84.

- Puangbuta, D., S. Jogloy, N. Vorasoota, C.C. Holbrookc and A. Patanothai. 2015. Responses of inulin content and inulin yield of Jerusalem artichoke to seasonal environments. *Int. J. Plant Prod.* 9: 599–608.
- Terzić, S. and J. Atagić. 2009. Nitrogen and sugar content variability in tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). *GENETIKA*. 41: 289–295.
- Tiilikkala, K., L. Fagernäs and J. Tiilikkala. History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. *Open Agr. J.* 4: 111–118.
- Zulkarami, B., M. Ashrafuzzaman, M.O. Husni and M.R. Ismail. 2011. Effect of pyroligneous acid on growth, yield and quality improvement of rockmelon in soilless culture. *Aust. J. crop Sci.* 5: 1508–1514.