

การศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพร่วมกับคุณสมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็ม ภายหลังมีการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด 1 ปี

Study on soil biological and chemical property in the salt-affected area after one year of various species trees plantation in northeast Thailand

ธรรารัตน์ ตุราช¹, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย^{1*} และ บุปผา โทภาคงาม¹

Tarat Turach¹, Chuleemas Boonthai Iwai^{1*} and Bubpha Topark-ngarm¹

บทคัดย่อ: การศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพร่วมกับคุณสมบัติทางเคมีของพื้นที่ดินเค็มภายหลังมีการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด 1 ปี โดยทำการศึกษาระยะพื้นที่อ่างเก็บน้ำเอกกษัตริย์สุนทร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ในปี พ.ศ. 2552-2553 บนเนื้อที่ประมาณ 10 ไร่ แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 โซน ตามลักษณะสังคมพืชและความลาดเอียงของพื้นที่ จากการศึกษาคุณสมบัติดินพบว่าเมื่อทำการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดบนพื้นที่ดินเค็ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าที่ลดลง ค่าการนำไฟฟ้า(dS/m) มีค่าที่ลดลงในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ppm) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (c mol(+)/kg) มีค่าที่เพิ่มขึ้น ค่าปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าที่ลดลง อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุระหว่างมะขามเทศและสนทะเล พบว่ามะขามเทศมีอัตราการย่อยสลายที่สูงกว่าสนทะเล และการย่อยสลายในโซนที่ 2 สูงที่สุด รองลงมาคือ โซนที่ 3 โซนที่ 1 และ control ตามลำดับ สัมพันธ์กับอัตราการหายใจของจุลินทรีย์ดินที่มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกโซน และมีอัตราสูงในโซนที่ 2 และโซนที่ 3 ในขณะที่ระดับน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษามีการลดระดับลงในปี 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำใต้ดินในปี 2552

คำสำคัญ: พื้นที่ดินเค็ม, สนทะเล, มะขามเทศ, อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ, การหายใจของจุลินทรีย์ดิน

Abstract: Soil biological and chemical property in the salt-affected area after one year of various species trees plantation in northeast Thailand were studied at Ek-kasat-soontorn reservoir area, Somsanook village, Borabue district, Mahasarakam province, northeast Thailand from February 2009 to July 2010. The study area was about 10 rais (1.6 ha.) of low sloping land. In this study the area was divided into three zones (sub area) by the differences in community vegetation growths which were depended on some physical factors i.e. flooding level and salinity. Soil sample were collected around the roots and the space between trees of common ironwood (*Casuarina equisetifolia* J. R. & C. Forst.) and manila tamarind (*Pithecolobium dulce*) in the study area. The results showed that after planting trees, pH and EC were decrease , organic matter (%), total N (%),available P (ppm),exchangeable K (ppm),and cation exchange capacity (c mol(+)/kg) were increase, exchangeable Na

¹สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Land Resources and Environment Section, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: chulee_b@kku.ac.th

(ppm) were decrease. Decomposition rate of manila tamarind leave and the common ironwood were higher after tree plantation. Decomposition rate of manila tamarind leave were higher than the common ironwood and higher in zone 2, 3, 1 and control, respectively, relate with soil respiration (mg CO₂ per day) were increased, the same as decomposition rate. Groundwater table in the studied area in 2010 was depleted, compared to 2009.

Key words: salt-affected area, common ironwood, manila tamarind, organic matter content, soil respiration

บทนำ

พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินที่มีเนื้อทราย และพบว่ามีดินเค็มแพร่กระจายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพบว่าดินเค็มแพร่กระจายอยู่เกือบทุกจังหวัดคิดเป็นพื้นที่ 17.81 ล้านไร่ หรือ ประมาณร้อยละ 17 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สมศรี, 2539) ความเสื่อมโทรมของพื้นที่ดินเค็มบริเวณนี้สามารถพบเห็นคราบเกลือปรากฏขึ้นตามผิวดินและมักเป็นพื้นที่ว่างเปล่าไม่ได้ทำการเกษตร หรือมีวัชพืชทนเค็มขึ้นอยู่ พื้นที่ดินเค็มจัดบางแห่งมีน้ำใต้ดินอยู่ตื้นประมาณ 1-2 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ลุ่มต่ำที่เป็นแหล่งรวมของน้ำซึ่งอาจจะมีการเกลือละลายอยู่เพียงเล็กน้อย แต่หากนานเข้าก็เกิดการสะสมเกลือ และเกิดการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็มเนื่องมาจาก การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่รับน้ำเพื่อเป็นการเกษตรและที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับปริมาณของประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อมีการทำลายพื้นที่ป่าไม้แล้วก็จะทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดินเกิดการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศน์มากขึ้น ระบบการหมุนเวียนธาตุอาหารในพื้นที่เปลี่ยนไป เกิดการทำลายระบบรากลึกของพื้นที่ป่า การเสื่อมโทรมของพื้นที่ก็เกิดได้เร็วขึ้น กิจกรรมดังกล่าวเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ปริมาณและแรงดันของน้ำใต้ดินในที่ลุ่มเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อันมีผลให้น้ำใต้ดินเค็มซาบซึมขึ้นมาสู่ผิวดินได้ ความหลากหลายทางชีวภาพของดินลดลง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และเกิดปัญหาการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็มในที่สุด ดังนั้น แนวทางการฟื้นฟูที่เลียนแบบระบบป่าไม้

ธรรมชาติ เพื่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ พื้นที่พุ่มสนับดินและการหมุนเวียนธาตุอาหารในพื้นที่ สภาวะวัฏจักรของน้ำใต้ดินซึ่งมีทั้งการรับและการสูญเสียก็จะอยู่ในสภาพสมดุลธรรมชาติ ในทางตรงกันข้าม เมื่อพื้นที่รับน้ำไม่มีป่าปกคลุมการไหลของน้ำลงสู่ระดับน้ำใต้ดินเป็นไปอย่างรวดเร็วสมดุลของระบบก็จะเสียไป ระดับน้ำใต้ดินเค็มคืบขึ้นมาใกล้ผิวดิน บริเวณที่แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้มากที่สุดก็คือบริเวณพื้นที่รับน้ำตอนล่าง ซึ่งมักเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) ดังนั้น การปลูกไม้ยืนต้นที่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ลุ่มดินเค็ม เนื่องจากไม้ต่างชนิดกันมีความสามารถในการทนเค็มได้ต่างกัน เจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เจริญเติบโตเร็ว และช่วยในการลดระดับน้ำใต้ดินได้ ในพื้นที่ลุ่มที่จะทำการศึกษาก็ได้เลือกเอามะขามเทศ อันเป็นพืชพื้นถิ่นและทนทะเล อันเป็นพืชที่มีความสามารถในการทนเค็มได้ดีเป็นพืชตัวแทนในการศึกษา อย่างไรก็ตามการติดตามคุณสมบัติทางชีวภาพและเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มจากการฟื้นฟูโดยการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสำคัญและจำเป็นเพื่อติดตามผลของการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดในการฟื้นฟูทรัพยากรดินในพื้นที่ดินเค็ม เพื่อการจัดการและใช้ประโยชน์พื้นที่ดินภายใต้อิทธิพลของเกลืออย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลักในดินระหว่างดินรอบๆ รากต้นสนทะเล รากต้นมะขามเทศ และบริเวณที่ว่าง

ระหว่างสนทะเลและมะขามเทศ ศึกษากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินภายหลังมีการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดและการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน

วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาที่บริเวณอ่างเก็บน้ำเอกษัตริย์สุนทร หมู่บ้านหนองลิ้ม อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม มีเนื้อที่ประมาณ 10 ไร่ แบ่งขอบเขตพื้นที่การศึกษาออกเป็น 3 ขอบเขตพื้นที่การศึกษาตามลักษณะของสังคมพืชและความลาดเอียงของพื้นที่ ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร บริเวณรอบโคน manila tamarind โคน common ironwood และบริเวณพื้นที่ว่างระหว่างต้นไม้ โดยใช้ soil ogers เพื่อทำการวิเคราะห์ ค่าการนำกระแสไฟฟ้า (1:2.5 ดิน:น้ำ) pH (1:5 ดิน:น้ำ) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ทำการศึกษากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินโดยวิธี Anderson method (Anderson, 1982) โดยวิเคราะห์อัตราการใช้ CO_2 ของสิ่งมีชีวิตภายในดินภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง กิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยวิธี litterbag method (Crossley and Hoglund, 1962; Heneghan et al., 1999) ใช้ถุงตาข่ายขนาด 20x20 เซนติเมตร บรรจุใบมะขามเทศและใบสนทะเล นำไปฝังไว้บริเวณต้นพืชทั้งสองชนิดเป็นเวลา 4 เดือนจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาน้ำหนักที่หายไป วิธีวิเคราะห์ระดับน้ำใต้ดินโดยวิธี piezo meter โดยทำการเก็บข้อมูลทุกเดือนตั้งแต่ปี 2551 ถึงปี 2553

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ในแต่ละขอบเขตพื้นที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรม Statistix 8.

สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า ภายหลังจากปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดในพื้นที่ศึกษา ค่า pH มีค่าที่ลดลงเล็กน้อยในโซนที่ 2 และโซนที่ 3 แต่ในโซนที่ 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าการนำกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีค่าที่ลดลง ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าปริมาณธาตุอาหารหลักมีค่าที่เพิ่มขึ้น ค่าปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าที่ลดลงอย่างชัดเจน ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนมีค่าที่เพิ่มขึ้น (Table 1) ในขณะที่อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุมีของมะขามเทศมีอัตราการย่อยสลายที่ดีกว่าสนทะเล และสามารถย่อยสลายได้สูงในโซนที่สอง (Table 2) สัมพันธ์กับกิจกรรมการหายใจของจุลินทรีย์ดินที่พบว่าเมื่อทำการฟื้นฟูพื้นที่โดยการปลูกไม้ยืนต้น อัตราการหายใจของจุลินทรีย์มีค่าที่เพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นในโซนที่สองสูงที่สุด (Table 3) ในขณะที่ระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่มีการลดระดับลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2553 (Figure 1) การปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ลุ่มดินเดิมสามารถช่วยฟื้นฟูทรัพยากรดินได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีการปกคลุมพื้นที่ของต้นไม้และมีการใช้น้ำของพืชทำให้เกิดการลดระดับของน้ำใต้ดิน (รัฐกร, 2550) เมื่อน้ำใต้ดินเกิดการลดระดับการพาเกลือของน้ำใต้ดินขึ้นมาสู่ผิวดินลดการร่วนหล่นของเศษซากกิ่งไม้และใบไม้ ทำให้เกิดการย่อยสลายปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารพืช และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น แต่ค่าปริมาณโซเดียมในพื้นที่ลดลง ทำให้เกิดกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ กิจกรรมการหายใจของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (บุปผา, 2547) เมื่อมีการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดครอบคลุมพื้นที่ เกิดการสะสมและหมุนเวียนธาตุอาหาร ทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ และระบบการหมุนเวียนธาตุอาหารพืชอย่างยั่งยืน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการวิจัย “การฟื้นฟูและการใช้ประโยชน์พื้นที่ลุ่มดินเค็มโดยการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดโดยชุมชนมีส่วนร่วม” คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2544. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็ม. กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- บุปผา โตภาคงาม. 2547. ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.
- รัฐกร สืบคำ. 2550. การลดความเสื่อมโทรมของดิน ภายหลังการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการทำไร่อ้อยเป็นการปลูกไม้ยืน

ต้นหลากหลายชนิดบนพื้นที่ลาดเอียง. วิทยานิพนธ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- Anderson, J.M., and S.I. Ingram. 1992. Tropical Soil Biology and Fertility a Handbook of Methods. CAB International., Wallingford, Oxon.
- Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. pp 831–871. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, (eds.) Agronomy Monograph Number 9, part II. Chemical and Biological Properties, 2nd Edition. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison.
- Crossley, D. A. and M.P. Hoglund. 1962. A litter-bag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter. Ecology 43 : 571–573.
- Heneghan, L., D.C. Coleman, X. Zou, D.A. Crossley Jr., and B.L. Haines. 1999 Soil microarthropod contribution to decomposition dynamic: Tropical-temperate comparisons of a single substrate. Ecology 80 : 1873-1882

Table 1 Change in chemical properties of soils taken from rhizosphere of Common ironwood and Manila tamarind and soils between the trees.

Item	pH (1:2.5 H ₂ O)		EC (1:5) (dS/m)		OM (%)		Total N (%)		Avaii.P (ppm)		Exch.K (ppm)		Exch.Na (ppm)		CEC (e mol(±)/kg)																			
	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09	Feb '09	July '09																		
Manila tamarind	5.3a	4.6b	5.1b	5.4b	0.07a	0.033a	0.03a	0.025a	0.4a	0.5b	0.3a	0.7b	0.02b	0.02a	0.05a	0.07a	11ab	6a	5b	8b	83a	45a	68a	40ab	563a	200a	63a	44a	2.7a	2.3ab	1.3b	4.9a		
Zone 1 Between	4ab	5.4a	4.8a	4.9a	0.03b	0.111a	0.102a	0.239b	0.4a	0.4ab	0.3a	0.9ab	0.02ab	0.02a	0.03a	0.10a	6a	4a	13a	6a	57a	50b	60b	33b	223b	286a	46b	28a	3.4a	2.1a	1.5ab	6.7a		
Common ironwood	5.7b	4.8a	4.8b	4.8b	0.05b	0.107a	0.035a	0.077b	0.4a	0.5a	0.3a	0.7a	0.01a	0.02a	0.03a	0.11a	7b	5a	12a	10b	56a	67b	65ab	31a	403b	556a	56b	71a	1.9a	1.9b	1.6a	6.4a		
Average	5	4.9	4.9	5.0	0.05	0.084	0.056	0.189	0.4	0.5	0.3	0.8	0.02	0.02	0.04	0.09	8	5	10	8	65	54	64	35	396	347	55	48	2.6	2.1	1.4	6.0		
Manila tamarind	6.7a	6.5b	6.3b	5.6b	0.02a	0.056a	0.003a	0.009a	0.6a	0.7b	0.7a	1.1b	0.02b	0.03a	0.05a	0.14a	9ab	19a	22b	23b	54a	26a	30a	33ab	96a	510a	29a	37a	2.9a	2.3ab	1.6b	6.9a		
Zone 2 Between	5.9ab	6.7a	6.3a	5.6a	0.002b	0.092a	0.002a	0.015b	0.6a	0.6ab	0.7a	0.9ab	0.02ab	0.02a	0.08a	0.14a	9a	7a	22a	15a	45a	19b	44b	33b	38b	246a	23b	35a	3.6a	2a	1.9ab	6.5a		
Common ironwood	7.2b	6.8a	6.8b	5.4b	0.004b	0.061a	0.002a	0.013a	0.6a	0.6a	0.7a	1.2a	0.02a	0.02a	0.04a	0.19a	10b	8a	18a	13b	62a	23b	41ab	33a	63b	226a	16b	38a	4.1a	2.7b	2.2a	6.6a		
Average	6.9	6.7	6.4	5.9	0.007	0.07	0.003	0.012	0.6	0.6	0.7	1.1	0.02	0.02	0.06	0.15	9	11	20	17	53	22	38	33	65	327	23	37	3.5	2.33	1.9	6.7		
Manila tamarind	5.4a	6.5b	5.1b	4.8b	0.001a	0.073a	0.002a	0.012a	0.6a	0.8b	0.8a	1.4b	0.03b	0.03a	0.05a	0.16a	7ab	8a	16b	6b	47a	31a	43a	40ab	39a	143a	13a	41a	4a	1.7ab	3b	7a		
Zone 3 Between	5.3ab	6.7a	5.5a	4.9a	0.002b	0.075a	0.003a	0.016b	0.5a	0.7ab	1.1a	1.3ab	0.03ab	0.02a	0.04a	0.19a	4a	4a	15a	2a	36a	17b	53b	39b	18b	153a	14b	45a	3.2a	1.5a	2.8ab	5.9a		
Common ironwood	5.6b	6.8a	4.8b	4.8b	0.002b	0.075a	0.001a	0.008b	0.6a	0.7a	0.5a	1.6a	0.03a	0.02a	0.06a	0.13a	6b	6a	18a	10b	49a	17b	34ab	40a	18b	173a	13b	37a	3.7a	1.5b	2.2a	7.0a		
Average	5.4	6.7	5.2	4.9	0.002	0.074	0.002	0.012	0.5	0.7	0.8	1.4	0.03	0.02	0.05	0.16	6	6	16	6	44	21	43	40	25	156	14	41	3.6	1.57	2.5	6.5		
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV	9.34	4.45	5.53	5.74	64.04	36.57	116.11	79.01	28.77	9.45	33.00	14.65	15.00	21.21	34.38	50.23	23.41	54.47	19.05	37.31	20.04	25.57	15.03	7.68	61.5351	0.0020	4330.6118	3912.1313	3110.23					

ns = non significant; *, ** = significant at = p< 0.05, p< 0.01, respectively.

Means within the same column with a common letter are not significantly different by DMRT (P<0.01)

Table 2 Decomposition rates (%) of Common ironwood and Manila tamarind

	Common ironwood						Manila tamarind								
	Aug '08	Feb'09	July'09	Mar'10	July'10	Aug '08	Feb'09	July'09	Mar'10	July'10	Aug '08	Feb'09	July'09	Mar'10	July'10
control	66.20 ab	82.41 ab	49.22 b	34.66 b	78.45 ab	76.28 b	75.82 a	55.34 b	33.385 b	100 a	58.35 c	48.89 b	31.28 b	33.508 b	36.08 b
Zone 1	49.27 b	44.34 b	27.59 b	34.52 b	66.24 a	82.37 ab	87.90 a	46.915 b	57.468 b	64.19 ab	91.57 a	98.08 a	64.87 ab	41.810 b	21.28 b
Zone 2	81.89 a	87.56 a	50.59 b	57.25 a	72.17 a	77.14±14.0	77.67±21.2	49.60±14.	41.542±11.	61.82±39.	71.11±17	75.95±21.2	71.11±17.0	75.95±21.2	51.8175±21.
Zone 3	87.09 a	89.49 a	79.87 a	65.51 a	43.87 b										
Average	71.11±17	75.95±21.2	71.11±17.0	75.95±21.2	51.8175±21.										
F-test	*	*	*	*	*	**	*	*	*	**	**	*	*	*	**

*, ** = significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, respectively.

Means within the same column with a common letter are not significantly different by DMRT ($P < 0.01$)

Table 3 Soil microbial respiration rate (mg CO₂ /day) after various tree species plantation.

	Nov '09	Mar '10	Jul '10
control	13.48	14.12	17.23
zone I	0.89	13.99	22.86
zone II	16.29	18.88	111.83
zone III	19.22	17.05	79.81



Figure 1 Groundwater level after various tree species plantation.