

อิทธิพลของพืชต่างชนิดต่อลักษณะความชื้นดินในพื้นที่อับฝน จังหวัดกาญจนบุรี

Impact of different crops on soil moisture characteristics in rain shadow area, kanchanaburi province

วรรณัย อ้นสำราญ¹, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม^{1*} และ สุภิณา ธนะจิตต์¹

Wattanaï Onsumrarn¹, Somchai Anusontpornperm^{1*} and Suphicha Thanachit¹

บทคัดย่อ: ทำการศึกษาอิทธิพลการใช้ที่ดินต่อลักษณะความชื้นดินในพื้นที่อับฝน จ.กาญจนบุรี โดยใช้เครื่องวัดความชื้น Time Domain Reflectometry แบ่งเป็นดินเนื้อละเอียดปานกลาง ได้แก่ แปลงมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน แปลงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน แปลงอ้อยอายุ 6 เดือน แปลงป่าปลูกสะเดาอายุ 8 ปี ดินเนื้อปานกลาง ได้แก่ แปลงป่าเสื่อมโทรม แปลงป่าปลูกยูคาลิปตัสอายุ 8 ปี และแปลงมันสำปะหลังอายุ 1 ปี เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะดินและชนิดพืช ดินเนื้อละเอียดปานกลาง (Typic Calcicustert) เกิดจากตะกอนน้ำพาท้องถิ่นวางตัวบนวัสดุตกค้างของหินปูน ส่วนดินเนื้อปานกลาง (Ultic Paleustalf) เกิดจากตะกอนน้ำพาท้องถิ่นของหินควอร์ตไซต์ ผลการศึกษาพบว่า ดินเนื้อละเอียดปานกลางมีความจุความชื้นรวมอยู่ในพิสัย 38.40-51.17% โดยปริมาตร ซึ่งสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (29.26-48.53% โดยปริมาตร) ดินแรกมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 6.74-10.96% โดยปริมาตรโดยน้ำส่วนใหญ่บรรจุอยู่ในช่องว่างขนาดเล็ก ส่วนดินหลังมีค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 7.07-10.01% โดยปริมาตร แต่ดินมีการแจกกระจายของขนาดช่องว่างค่อนข้างสม่ำเสมอ การเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับความลึกต่างๆ ตั้งแต่เดือน ก.ย. 51-มี.ค. 52 พบว่า เพิ่มขึ้นตามความลึกในทุกบริเวณ แปลงอ้อยมีความชื้นรวมสูงสุดเกือบทุกระดับความลึกความชื้นที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ในดินทั้งสองมีค่าต่ำกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรภายหลังจากที่ฝนหยุดตกได้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ไม่มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ความชื้นทำให้ความชื้นที่ชั้นดินตอนบนสูญเสียโดยการระเหยได้ง่าย ขณะที่การดูใช้น้ำส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 30-40 ซม. ไม่โตเร็ว เช่น สะเดา และยูคาลิปตัสมีการใช้น้ำที่ระดับความลึกต่ำกว่า 60 ซม. ในปริมาณมากซึ่งมีผลทำให้ชั้นดินอึดตัวแคพิลลารีข้างใต้มีปริมาณความชื้นลดลง การอนุรักษ์ความชื้นในดินทั้งสองซึ่งพบในพื้นที่อับฝน ควรมีการใช้วัสดุคลุมดินหรือการทิ้งเศษเหลือของพืชคลุมดินเพื่อลดการสูญเสียความชื้นที่ผิวดินโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง

คำสำคัญ: ลักษณะความชื้น, ดินเนื้อละเอียดปานกลาง, ดินเนื้อปานกลาง, ระบบการปลูกพืช, พื้นที่อับฝน

Abstract: A study on impact of different crop practices on soil moisture characteristics in rain shadow area, Kanchanaburi province using TDR (Time Domain Reflectometry) for monitoring moisture content at various depths was carried out in seven areas, comprising 1, 3-month old cassavas, 6-month old sugarcane, 8-year old neem plantation on moderately fine-textured soil and degraded forest, 8-year old eucalyptus plantation and 1-year old cassava on medium-textured soil. The study aimed at investigating soil moisture changes in relation to soil

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author: somchai_a@ku.ac.th

characteristics and as affected by different crop practices. Moderately fine-textured soil (Typic Calciustert) derived from local alluvium over residuum of limestone and the medium-textured soil (Ultic Paleustalf) formed from local alluvium of quartzite. Result showed that moderately fine-textured soil contained total water content of 38.40-51.17% by volume, which was higher than that of medium-textured soil (29.26-48.53% by volume). The former had 6.74-10.96% volumetric available water capacity (AWC) with most of water filling in micropores whilst the latter containing 7.07-10.01% by volume of AWC due to its having rather good distribution of pore size. Changes of soil moisture content in soils monitored from September 2008-March 2009 revealed that the content increased with increasing depth. Sugarcane held the greatest amount of soil moisture at almost all depths measured. Moisture contents at 0-30 cm depths in both soils were lower than the amount held at permanent wilting point, approximately 2-3 weeks after the last rain. Cassava characteristically had no efficiency in conserving soil moisture, resulting in moisture in the upper part of the soils being lost quite rapidly by evaporation. This plants normally consumed water from the depths between 30 and 40 cm. Fast growing trees such as neem and eucalyptus used gigantic amount of water in soils at the depth of 60 cm downward of which moisture content in capillary fringe zone was reduced as a result. Soil moisture conservation measure for both soils in rain shadow area should consider the use of soil mulching or leaving crop residues on the ground surface in order to reduce the loss of soil moisture by evaporation, especially during drought period.

Keywords: soil moisture characteristic, moderately fine-textured soil, medium-textured soil, cropping system, rain shadow area

บทนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถเก็บน้ำไว้เพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การเกษตรโดยอาศัยน้ำฝนจะประสบความสำเร็จได้จึงขึ้นอยู่กับความสามารถของดินที่จะกักเก็บน้ำ หรือความจุความชื้นของดินเพื่อพืชสามารถใช้ประโยชน์ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ไม่มีฝนตก ซึ่งดินแต่ละชนิดมีความจุความชื้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดิน ชนิดของพืช และรูปแบบการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้นในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Hillel, 1982)

สถานีวิจัยกาญจนบุรีตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เป็นที่ราบสลับเนินเขาและป่าละเมาะ พื้นที่ดังกล่าวมีความแห้งแล้งและกันดาร มีความแตกต่างของระดับอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืนค่อนข้างมาก นอกจากนี้พื้นที่มีความแห้งแล้งเนื่องจากเป็นเขตที่การกระจายตัวของฝนในรอบปีไม่สม่ำเสมอแล้ว ดินในพื้นที่ยังขาดความชื้นได้ง่าย (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530) โดยในกลุ่มดินเนื้อปูน ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากหินที่มีปฏิกิริยาเป็นต่าง ได้แก่ หินปูนและมาร์ล ซึ่งคล้ายคลึงกับดินเนื้อปูนที่พบในบริเวณพื้นที่อื่น

ของประเทศไทยที่มีข้อจำกัดด้านสมบัติทางกายภาพ ข้อจำกัดนี้จะลดลงได้มากเมื่อดินมีปริมาณความชื้นเพียงพอ (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2537) ขณะที่ในกลุ่มดินตะกอนน้ำพาท้องถิ่นมักมีเนื้อหยาบกว่าทำให้มีปัญหาด้านการเก็บกักความชื้น พืชพรรณที่ปลูกในพื้นที่โดยรอบของสถานีวิจัยกาญจนบุรีมีทั้งที่เป็นไม้ผลและพืชไร่ แต่ส่วนใหญ่จะได้แก่ มันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกแบบเกษตรน้ำฝน ขณะที่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ความชื้นในดินของเกษตรกร เช่นเดียวกับข้อมูลเกี่ยวกับความจุความชื้นของดินในพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ที่ดินยังคงไม่มีความชัดเจน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดินที่มีเนื้อแตกต่างกัน 2 ชนิดกับสมบัติด้านความชื้น รวมถึงความสัมพันธ์ของการกระจายความชื้นที่ระดับความลึกต่างๆ ภายในหน้าตัดดินที่ได้รับอิทธิพลจากพืชพรรณที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาน่าจะเกิดประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปใช้สำหรับการจัดการดินเพื่อการอนุรักษ์ความชื้นในดินในพื้นที่ รวมถึงการเลือกพืชปลูกที่เหมาะสมกับลักษณะดินและสมบัติด้านความชื้น

วิธีการศึกษา

ดำเนินการในพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณสถานีวิจัยกาญจนบุรี ต.วังดั่ง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี โดยคัดเลือกพื้นที่ศึกษา และใช้เครื่องมือการตรวจวัดความชื้นในดิน Time Domain Reflectometry วัดความชื้นที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 ซม. ในดิน 2 ชนิด ได้แก่ ดินเนื้อละเอียดปานกลาง และดินเนื้อปานกลาง ในดินแรกประกอบด้วยแปลงมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน แปลงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน แปลงอ้อยอายุ 6 เดือน และแปลงปาลูกสะเดาอายุ 8 ปี ส่วนดินประเภทที่สอง ประกอบด้วย แปลงมันสำปะหลังอายุ 1 ปี แปลงป่าเสื่อมโทรม และแปลงปาลูกยูคาลิปต์สอายุ 8 ปี ทำการตรวจวัดความชื้นทุกวันตั้งแต่วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2551-12 มีนาคม พ.ศ. 2552 แล้วนำค่าความชื้นที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายสัปดาห์ รวมถึงศึกษาลักษณะ และสมบัติของดินตัวแทนในพื้นที่ (site characterization) โดยการขุดหลุมศึกษาหน้าตัดดิน และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพน้ำในดินขณะอิ่มตัว โดยใช้วิธีมาตรฐาน (เอิบ, 2533; เอิบ, 2542) และทำการจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อย (subgroup) (Soil Survey Staff, 1999)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

ดินเนื้อละเอียดปานกลาง วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นทับถมบนวัสดุตกค้างของหินปูน (local alluvium over residuum derived from limestone) พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 66 ม. สภาพพื้นที่เป็นที่ราบตกค้างที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดในระบบคาร์สต์ (residual undulating plain in karst topography) มีความลาดเทประมาณร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดีจนถึงปานกลาง มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้

ปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า พัฒนาการของชั้นกำเนิดดินภายในหน้าตัดดินแบ่งได้เป็น Ap-Bss1-Bss2-Bss3 ดินบนมีสีดำถึงสีดำเทาเข้ม ดินล่างมีสีเทาเข้มและมีชั้นส่วนของปูนปะปน เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงเป็นดินร่วน สามารถจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Calcicustert

ดินเนื้อปานกลาง วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่สลายตัวมาจากหินควอร์ตไซต์ (local alluvium of quartzite) พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 64 เมตร สภาพพื้นที่เป็นพื้นผิวลูกคลื่นลอนลาดที่ถูกกร่อน (erosional undulating surface) มีความลาดเทประมาณร้อยละ 3 ดินมีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้เร็ว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง พัฒนาการของชั้นกำเนิดดินแบ่งได้เป็น Ap1-Ap2-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5 ดินชั้นบนมีสีน้ำตาลเข้ม ดินชั้นล่างมีสีน้ำตาลถึงเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนแดงถึงน้ำตาลปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนไปถึงดินร่วนปนทราย ดินนี้สามารถจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Ultic Paleustalf

สมบัติทางกายภาพของดิน (Table 1) พบว่าดินเนื้อละเอียดปานกลางมีการแจกกระจายของอนุภาคทั้งสามขนาดค่อนข้างใกล้เคียงกัน มีความหนาแน่นรวมค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (1.6-2.1 เมกะกรัม/ม³) สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวต่ำมาก (< 0.16 ซม./ซม.) ส่วนดินเนื้อปานกลางมีอนุภาคขนาดทรายเป็นอนุภาคหลัก ขณะที่อนุภาคขนาดดินเหนียวมีอยู่น้อยมากพบในพิสัย 121-173 ก/กก. และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างสูงถึงสูง (1.6-1.9 เมกะกรัม/ม³) และมีสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวปานกลางถึงต่ำมาก (< 0.16 ซม./ซม.) โดยเฉพาะในชั้น Bt5 ที่พบลักษณะการเชื่อมตัวของดินทำให้น้ำเกือบจะไม่สามารถซึมผ่านได้ ซึ่งลักษณะของเนื้อดินความหนาแน่นรวม และสภาพการนำน้ำของดินค่อนข้างมีความสัมพันธ์กัน (วิทยา และสุนทร, 2524)

Table 1 Physical properties of moderately fine- and medium-textured soils in the study.

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution (g/kg) (USDA grading)			Textural class	Bulk density (Mg/m ³)	Hydraulic conductivity (cm/hr)
		sand	silt	clay			
Typic Calcicustert							
0-26	Ap	314	367	319	CL	1.8	0.16
26-40/50	Bss1	329	359	312	CL	1.8	0.03
50-70	Bss2	303	422	275	CL	1.6	0.01
70-85+	Bss3	284	468	247	L	2.1	0.00
Ultic Paleustalf							
0-10	Ap1	614	245	141	SL	1.7	1.57
10-22	Ap2	602	253	145	SL	1.6	3.06
22-40	Bt1	567	312	121	SL	1.8	0.66
40-60	Bt2	500	354	146	L	1.7	0.30
60-80	Bt3	468	359	173	L	1.7	1.53
80-100	Bt4	439	422	140	L	1.9	0.26
100-120+	Bt5	454	405	141	L	1.9	0.00

ปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ทำการตรวจวัดความชื้น

บริเวณสถานีวิจัยกาญจนบุรีอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นเงาฝน โดยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่วัดได้เท่ากับ 1026.5 มม./ปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) ปริมาณน้ำฝนที่วัดในพื้นที่ศึกษาตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2551 - วันที่ 12 มีนาคม 2552 ซึ่งในระยะเวลาที่ทำการศึกษามีฝนตกเฉพาะในเดือนกันยายน ตุลาคม และ

พฤศจิกายนเท่านั้น ขณะที่ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2551 ถึงเดือนมีนาคม 2552 ไม่มีฝนตก ดังนั้น ในกรณีของกราฟน้ำฝนจึงแสดงเฉพาะในเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนปีเดียวกันเท่านั้น และเมื่อนำมาเฉลี่ยเป็นสัปดาห์เพื่อการเปรียบเทียบกับความชื้นที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา ระยะเวลาที่มีฝนตกจะอยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 4-9 (Figure 1)

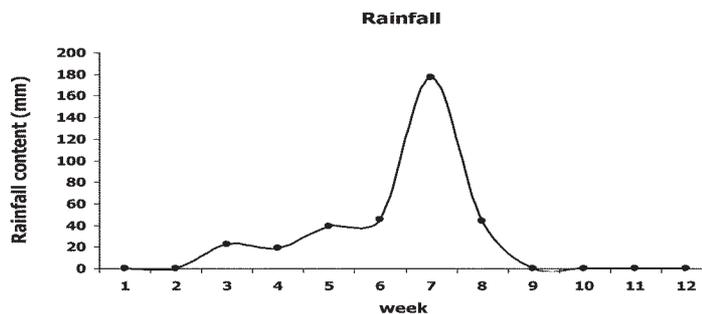


Figure 1 Weekly rainfall distribution during soil moisture monitoring period.

ลักษณะความชื้นของดิน

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการแช่ดินให้อิ่มตัว แล้วผลักน้ำออกจากดินด้วยแรงดันอากาศที่พลังงานกำกับก่อนดินเท่ากับ 0.1, 10, 33, 100, และ1,500 กิโลปาสคาล (กป.) โดยปริมาณความชื้นที่พลังงานกำกับก่อนดินต่างๆ และความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้แสดงไว้ใน **Table 2** พบว่า ดินเนื้อละเอียดปานกลาง (Typic Calcicustert) มีความจุความชื้นรวมอยู่ในพิสัย 38.40-51.17% โดยปริมาตร ซึ่งโดยเฉลี่ยมีปริมาณสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (Ultic Paleustalf) ซึ่งมีปริมาณอยู่ในพิสัย 29.26-48.53% โดยปริมาตร โดยดินเนื้อละเอียดปานกลางมีค่าสูงสุดในดินชั้นบน (Ap) ขณะที่ดินเนื้อปานกลางมีค่าสูงสุดในดินชั้นล่างสุด (Bt4) เนื่องจากในดินเนื้อละเอียดปานกลางมีปริมาณของอนุภาคดินเหนียวสูงกว่า ทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กมากมายจากพื้นที่ผิวที่มีขนาดเล็กของอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นดินเนื้อละเอียดปานกลางจึงมีปริมาตรของช่องว่างโดยรวมมากกว่าดินเนื้อปานกลาง รวมทั้งมีความหนาแน่นรวมสูงกว่า และสภาพน้ำในดินขณะอิ่มตัวต่ำกว่า

ดินเนื้อละเอียดปานกลางมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 6.74-10.96% โดยปริมาตร โดยในชั้นดินตอนบนมีค่าสูงสุด ส่วนดินเนื้อปานกลางมีค่าอยู่ในพิสัย 7.07-10.01% โดยปริมาตร โดยพบว่าดินบนทั้งสองชั้น (Ap1 และ Ap2) มีค่าต่ำกว่าชั้นดินอื่นซึ่งเป็นผลมาจากดินทั้งสองชั้นนี้มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูงกว่าดินชั้นอื่น ดินจึงเกิดช่องว่างขนาดใหญ่ ทำให้เก็บกักความชื้นได้น้อยกว่า จากผลการวิเคราะห์ความชื้นแสดงให้เห็นว่า ในดินเนื้อละเอียดปานกลางน้ำส่วนใหญ่บรรจุอยู่ในช่องว่างขนาดเล็ก (micropores) มากกว่าครึ่งหนึ่งของความจุความชื้นรวมทั้งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยสังเกตได้จากปริมาณความชื้นที่วัดได้ที่ระดับความดัน 1500 กป. ซึ่งความชื้นที่สะสมอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กมากขณะที่ดินเนื้อปานกลางมีการกระจายขนาดของช่องว่างดีกว่าทำให้ปริมาตรน้ำในช่องว่างขนาดใหญ่ (macropores) ใกล้เคียงกับปริมาตรน้ำที่บรรจุอยู่ในช่องว่างขนาดเล็ก

Table 2 Volumetric soil moisture content at various suctions with depth of soils chosen.

Horizon	Depth (cm)	kPa					Available Water Capacity
		-0.1	-10	-33	-100	-1,500	
Typic Calcicustert							
Ap	0-20	51.17	40.41	35.86	30.98	25.25	10.60
Bss1	20-40/50	49.57	41.11	36.94	32.22	25.97	10.96
Bss2	50-70	38.40	35.02	34.02	30.35	24.24	9.78
Bss3	70-85+	45.57	40.93	39.08	38.79	32.34	6.74
Ultic Paleustalf							
Ap1	0-10	29.26	23.02	18.67	14.67	11.56	7.11
Ap2	10-22	32.77	23.97	19.23	15.66	12.16	7.07
Bt1	22-40	29.34	28.03	25.24	18.83	15.23	10.01
Bt2	40-60	36.84	31.38	27.17	21.86	17.63	9.54
Bt3	60-80	38.54	32.52	28.07	23.53	19.48	8.59
Bt4	80-100+	48.53	39.90	32.34	28.35	23.28	9.06

เส้นอัตรลักษณ์ของน้ำในดิน (soil moisture characteristics curve) ของดินที่ทำการศึกษา

เมื่อนำปริมาณความชื้นที่บรรจุอยู่ในช่องว่างที่ความดันระดับต่างๆ มาทำเส้นอัตรลักษณ์ของน้ำในดิน (Figure 2) พบว่า เส้นกราฟความชื้นในช่วงแรงดึงระหว่าง -0.1 ถึง -10 กป. ในชั้น Ap และ Bss1 ของดินเนื้อละเอียดปานกลาง ดินชั้นบนมีความชื้นสูงกว่าดินชั้นล่าง แสดงให้เห็นว่า ดินชั้นบนมีช่องว่างขนาดใหญ่มากกว่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ดินชั้น Bss2 และ Bss3 มีลักษณะแน่นทึบกว่า และมีช่องว่างขนาดเล็กน้อยกว่าในดินสองชั้นบน ทำให้ดินมีปริมาณความชื้นที่อยู่ในช่องว่างน้อยกว่า ขณะเดียวกันดินทั้งสองชั้นนี้ก็มีช่องว่างขนาดเล็กมากกว่า มีผลทำให้น้ำในดินถูกกักเก็บไว้ในช่องว่างขนาดเล็กมากกว่า ปริมาณความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรจึงมีค่าสูงกว่า โดยเฉพาะในชั้น Bss3 ที่มีความชื้น 32.34% โดยปริมาตร

ดินเนื้อปานกลาง ในชั้น Bt4 เป็นชั้นดินตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน ซึ่งมีปริมาตรรวมของช่องว่างขนาดต่างๆ สูงสุด ทำให้ดินชั้นนี้มีความจุความชื้นรวมสูงสุดที่ทุกระดับความดัน เนื่องจากดินชั้นนี้มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งสูงกว่าชั้นอื่นๆ ทำให้

ช่องว่างขนาดใหญ่และขนาดกลางถูกแทนที่ด้วยอนุภาคทรายแป้ง จึงมีผลทำให้ช่องว่างขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากเส้นอัตรลักษณ์ความชื้นนี้แสดงให้เห็นว่า ดินนี้มีปริมาณของช่องว่างขนาดเล็กเพิ่มขึ้นตามปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งที่เพิ่มขึ้นตามความลึกภายในหน้าตัดดิน ขณะที่ดินชั้นบนทั้งสองชั้น (Ap1 และ Ap2) มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูงกว่าชั้นสะสมดินเหนียว (Bt) ทำให้มีปริมาตรรวมของช่องว่างน้อยกว่า ดินจึงมีความจุความชื้นรวมต่ำกว่าในชั้นดินล่าง แต่ในกรณีของชั้น Bt1 พบว่า ดินชั้นนี้มีแนวโน้มของค่าความจุความชื้นต่ำกว่าดินชั้นอื่น เนื่องจากอนุภาคขนาดละเอียดเคลื่อนย้ายลงมาสะสมทำให้ช่องว่างขนาดใหญ่ถูกอุดตันแต่การอุดตันของช่องว่างเกิดไม่สมบูรณ์เนื่องจากอนุภาคที่เคลื่อนย้ายลงมาส่วนมากมีขนาดพอๆ กับช่องว่างขนาดใหญ่ จึงทำให้น้ำที่สะสมในช่องว่างขนาดกลางอยู่มาก ส่งผลทำให้น้ำที่สะสมในช่องว่างที่ระดับความดันระหว่างความจุความชื้นสนามและจุดเหี่ยวถาวรมีปริมาณสูงสุด ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินชั้นนี้จึงมีค่าค่อนข้างสูงกว่าในดินชั้นอื่นภายในหน้าตัดดิน

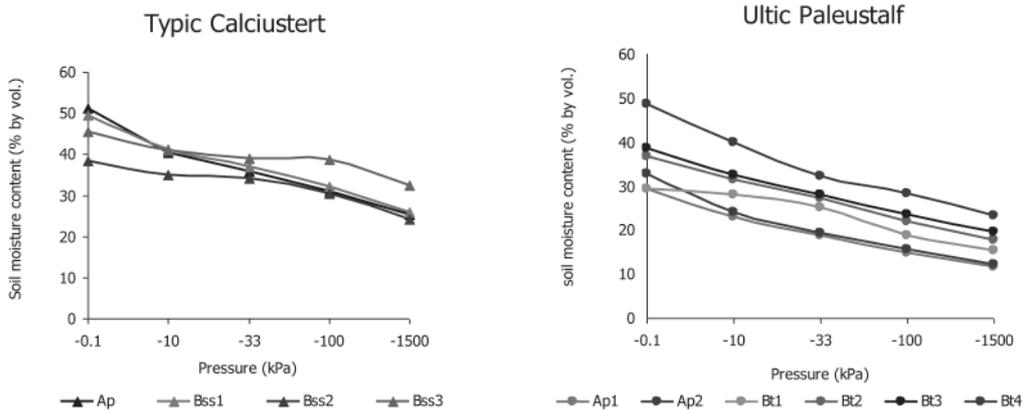


Figure 2 Moisture retention curve of genetic horizons in soils chosen.

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายใต้พืชต่างชนิด ระดับความลึก 10 ซม.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับ 10 ซม. จากผิวดิน (Figure 3) พบว่า ในดินเนื้อละเอียดปานกลาง แปรลงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรตลอดการวัด ขณะที่แปรลงมันสำปะหลังอายุ 1 เดือนมีความชื้นเกินจุดเหี่ยวถาวรเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกเท่านั้น เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกเป็นแถว และมีระยะห่างระหว่างแถวค่อนข้างมาก รวมถึงมีการยกร่องทำให้ดินสูญเสียความชื้นโดยการระเหยได้ง่าย ในแปลงอ้อยและป่าปลูกสะเดามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ความลึกระดับนี้ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน คือความชื้นเริ่มลดลงจนต่ำกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรประมาณสัปดาห์ที่ 15 หรือหลังจากที่ฝนหยุดตกแล้วประมาณ

เดือนครึ่ง เนื่องจากอ้อยที่อายุมากกว่า 8 เดือนนั้นมีทรงพุ่มที่ชิดกันและมีเศษใบอ้อยร่วงปกคลุมผิวดินค่อนข้างแน่นหนา ส่วนสะเดาเป็นพืชที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่เมื่อมีอายุมากกว่า 8 ปี ทรงพุ่มค่อนข้างชิดกันมาก ทำให้ทั้งสองแปลงมีปริมาณความชื้นที่ระดับความลึก 10 ซม.หลงเหลืออยู่ได้นานกว่าแปรลงมันสำปะหลัง ส่วนในดินเนื้อปานกลาง ความชื้นในแปลงมันสำปะหลังมีลักษณะเช่นเดียวกับดินเนื้อละเอียดปานกลาง แปลงป่าปลูกยูคาลิปตัส และแปลงป่าเลื่อมไทรพบว่ามีพืชพื้นล่างปกคลุมผิวดินจึงช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นโดยการระเหยได้อย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Harding et al. (1992) ทำให้ปริมาณความชื้นที่ระดับความลึกนี้มีปริมาณสูงกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรตลอดช่วงระยะเวลาของการวัด แม้อยู่ในช่วงกลางฤดูแล้งก็ตาม

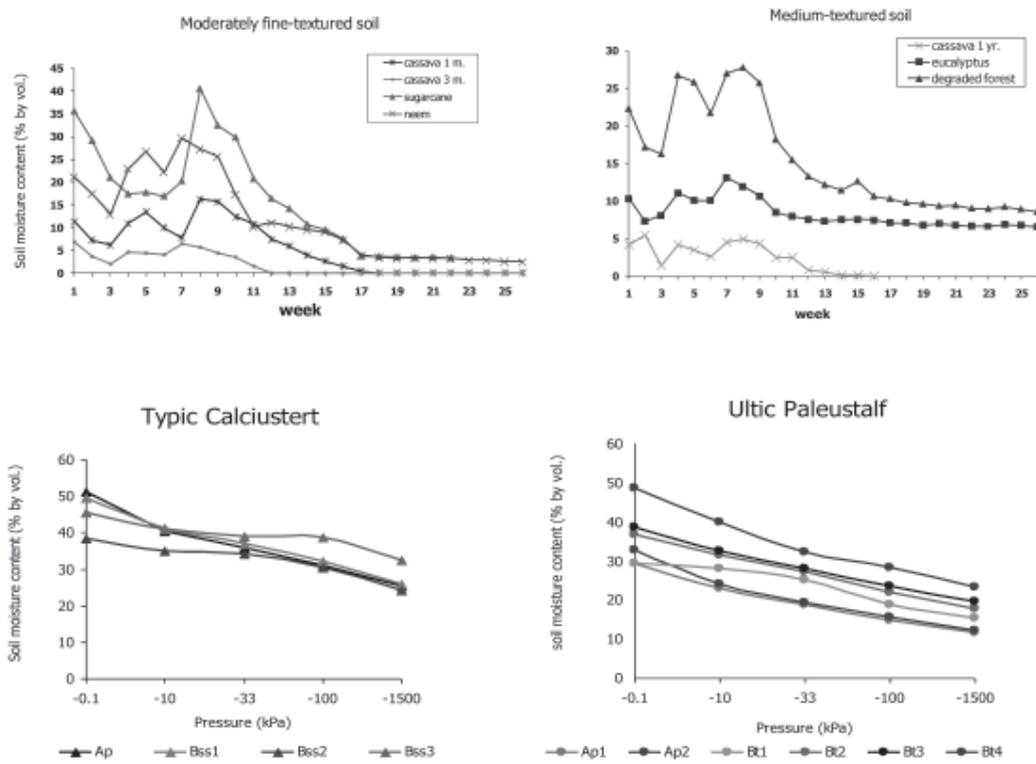


Figure 3 Moisture distribution among different crop practices at 10 cm depth.

ระดับความลึก 20 ซม.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับความลึกนี้พบว่า ในดินเนื้อละเอียดปานกลาง แผลงอ้อยยังคงมีความชื้นสูงสุดและใกล้เคียงกับแปลงป่าปลูกสะเดา แต่ความชื้นเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชตั้งแต่สัปดาห์ที่ 17 ของการวัด หรือภายหลังที่ขาดฝนประมาณ 8 สัปดาห์ (Figure 4) แต่อย่างไรก็ตามพืชทั้งสองชนิดอาจจะไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากอ้อยมีอายุมากกว่า 10 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่เก็บเกี่ยวได้แล้ว ขณะที่เขตรากสะเดาส่วนใหญ่จะอยู่ลึกกว่า 20 ซม. ในแปลงมันสำปะหลังทั้งสองแปลงคล้ายคลึงกับที่ระดับความลึก 10 ซม. โดยมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน สามารถใช้น้ำในส่วนนี้ได้จนกระทั่งมีอายุมากกว่า 4 เดือนที่รากส่วนใหญ่อยู่ลึกกว่า 20 ซม. ในดินเนื้อปานกลาง พบว่า เกือบตลอดระยะเวลาของการวัด ความชื้นที่ระดับความลึกนี้ทั้งสามแปลงมีค่าต่ำกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร โดยมีสาเหตุจาก

1) ดินมีการสูญเสียความชื้นจากการคายระเหยโดยพืชพื้นล่าง จำพวกหญ้า และวัชพืชขนาดเล็กอื่นๆ ซึ่งมีเขตรากอยู่ในระดับความลึกนี้ และ 2) ดินชั้นนี้มีเนื้อค่อนข้างหยาบ ซึ่งจากเส้นอัตราลักษณะของน้ำในดินแสดงให้เห็นว่า ดินนี้มีช่องว่างที่เป็นช่องระบายน้ำค่อนข้างมาก ทำให้ดินสูญเสียความชื้นได้ง่าย

ระดับความลึก 30 ซม.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเนื้อละเอียดปานกลางที่ระดับความลึกนี้ ในแต่ละพืชมีความคล้ายคลึงกันมาก ซึ่งความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 (Figure 5) เนื่องจาก 1) พืชดูดน้ำขึ้นไปใช้ ที่ระดับความลึกนี้มีรากของอ้อยและมันสำปะหลังสะสมอยู่ในปริมาณมาก ขณะที่ไม่มีน้ำเพิ่มเติมจากผิวดินเนื่องจากเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้ง และ 2) สูญเสียความชื้นขึ้นไปตามท่อแคพิลลารี เนื่องจากดินในตอนบนสูญเสียความชื้นโดยการระเหยค่อนข้างมาก

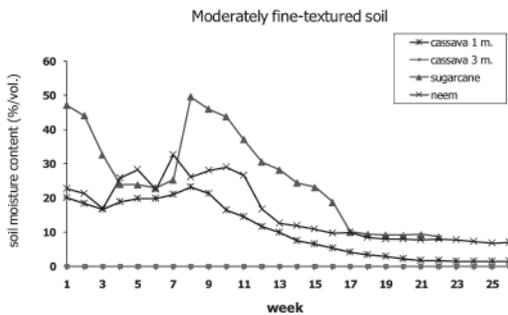


Figure 4 Moisture distribution among different crop practices at 20 cm depth.

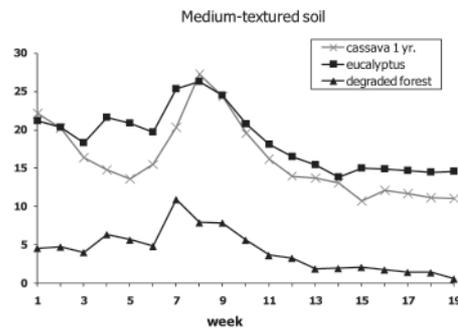
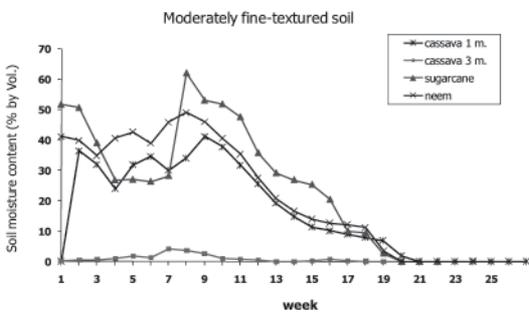
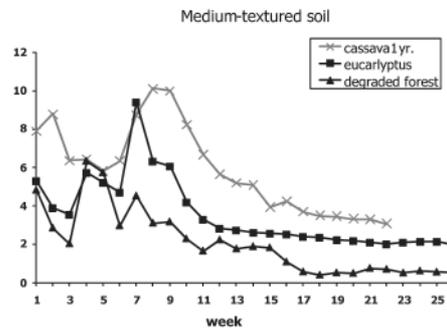


Figure 5 Moisture distribution among different crop practices at 30 cm depth.

ในขณะที่การเคลื่อนที่ของความชื้นที่ขึ้นมาตามท่อแคพิลลารีจากดินชั้นล่าง มีอัตราช้ากว่าการสูญเสียโดยการคายระเหย (evapotranspiration) โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 19 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นระยะที่เข้าสู่กลางฤดูแล้ง ส่วนในดินเนื้อปานกลาง แปลงป่าปลูกยูคาลิปตัสและแปลงมันสำปะหลังอายุ 1 ปี มีปริมาณความชื้นสูงกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรตลอดการวัดแสดงให้เห็นว่า พืชมีการใช้น้ำที่ระดับความลึกนี้น้อยกว่าอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำที่ขึ้นมาตามท่อแคพิลลารี แม้ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งต่างจากดินเนื้อละเอียดปานกลางที่น้ำถูกดูดยึดด้วยแรงวัสดุพื้นมากกว่าในแปลงป่าเสื่อมโทรม ความชื้นลดต่ำลงมากกว่าซึ่งเป็นไปได้ว่า พืชหญ้า วัชพืช และไม้พุ่มขนาดเล็กที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น ทำให้มีการใช้น้ำไปมากกว่า

ระดับความลึก 40 ซม.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับความลึกนี้ในดินเนื้อละเอียดปานกลาง แผลงอ้อย แปลงมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน และแปลงป่าปลูกสะเดามีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไปในลักษณะเดียวกัน และมีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์

หลังจากที่ฝนหยุดตก (Figure 6) เนื่องจากพืชใช้น้ำในปริมาณที่มากกว่าอัตราการเคลื่อนย้ายความชื้นที่ขึ้นมาตามท่อแคพิลลารี แต่ในแปลงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนพบว่า มีความชื้นอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่ามากเนื่องจากมันสำปะหลังที่มีอายุตั้งแต่ 3-4 เดือนขึ้นไปมีปริมาณรากที่ดูดใช้น้ำสะสมอยู่มากที่ระดับความลึกนี้ ซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินในแปลงมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน ที่ปลูกในดินเดียวกันที่ระดับความลึก 30 ซม. มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับที่ระดับความลึก 40 ซม. ของแปลงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน สำหรับดินเนื้อปานกลาง พบว่าลักษณะของเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงความชื้นคล้ายคลึงกันแต่ปริมาณความชื้นในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมต่ำกว่าในแปลงป่าปลูกยูคาลิปตัสและแปลงมันสำปะหลังอายุ 1 ปี แสดงให้เห็นถึงลักษณะการใช้น้ำของพืชที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในกรณีของป่าเสื่อมโทรม การสูญเสียน้ำในชั้นความลึกนี้ เกิดจากการคายระเหยโดยพืชจำพวกไม้พุ่มขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม อัตราการเคลื่อนย้ายของน้ำขึ้นมาตามท่อแคพิลลารีน่าจะใกล้เคียงกับอัตราการดูดใช้โดยพืช จึงทำให้ปริมาณความชื้นลดลงไม่มากนัก

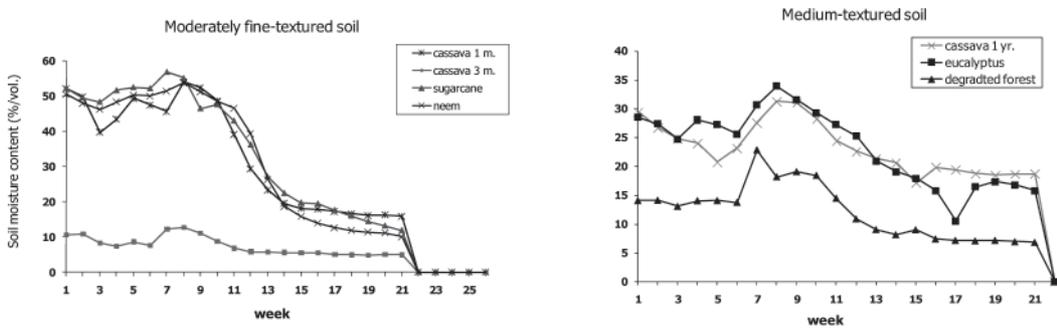


Figure 6 Moisture distribution among different crop practices at 40 cm depth.

ระดับความลึก 60 ซม.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในพืชทุกชนิดที่เจริญเติบโตในดินเนื้อละเอียดปานกลางมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน และมีปริมาณความชื้นสูงกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรตลอดการวัด โดยในฤดูแล้งตั้งแต่สัปดาห์ที่ 15 เป็นต้นไปความชื้นค่อนข้างคงที่ (Figure 7) แสดงว่าอัตราการสูญเสียน้ำโดยพืชดูดขึ้นไปใช้ หรือการเคลื่อนที่ขึ้นไปตามท่อแคพิลลารีใกล้เคียงกับอัตราที่ความชื้นเคลื่อนที่ขึ้นมาจากรชั้นดินอิมตัวแคพิลลารี (capillary fringe) (คณะกรรมการการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2550) ซึ่งอยู่ในส่วนลึกของหน้าตัดดินในกรณีของป่าปลูกสะเดา พบว่า ความชื้นที่ความลึกนี้เหลือน้อยที่สุดในช่วงฤดูแล้ง แสดงว่าสะเดามีเขตรากพืชส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณนี้จึงมีการดูดใช้น้ำมากกว่า ส่วนในดินเนื้อละเอียดปานกลางก็เช่นกัน กลุ่มพืชรากสั้นจะไม่ค่อยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับความลึกนี้

ระดับความลึก 100 ซม.

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเนื้อละเอียดปานกลางที่ระดับความลึกนี้ไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างพืชต่างชนิด และมีค่าสูงกว่าความจุความชื้นสนามตลอดระยะเวลาของการวัด (Figure 8) แสดงว่าชั้นนี้เป็นชั้นดินอิมตัวแคพิลลารีซึ่งมีน้ำบรรจุเต็มช่องว่างขนาดเล็ก ส่วนในดินเนื้อปานกลาง แผลงปลูกมันสำปะหลังมีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนแปลงป่าปลูกยูคาลิปตัส และแปลงป่าเสื่อมโทรม ความชื้นมีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างชัดเจนตั้งแต่สัปดาห์ที่ 14 เป็นต้นไป แสดงให้เห็นว่า มีการเคลื่อนที่ของความชื้นขึ้นไปตามท่อแคพิลลารี เนื่องจากมีการใช้น้ำค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 60 ซม. โดยเฉพาะในแปลงป่าเสื่อมโทรม แต่ไม่ได้หมายความว่ายูคาลิปตัสจะใช้น้ำน้อยกว่าพืชพรรณที่ขึ้นอยู่ในแปลงป่าเสื่อมโทรม เนื่องจากแปลงป่าปลูกยูคาลิปตัสนี้เพิ่งจะทำการตัดต้นไปได้ประมาณ 2 ปี ทำให้ต้นยูคาลิปตัสมีขนาดไม่ใหญ่มากนักการใช้น้ำจึงอาจจะน้อยกว่า เพราะโดยปกติแล้วยูคาลิปตัสเป็นพืชที่มีปริมาณการดูดใช้น้ำค่อนข้างมาก (วิชา, 2535)

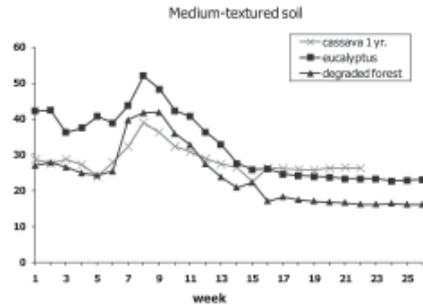
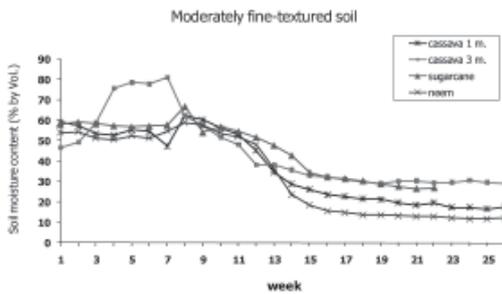


Figure 7 Moisture distribution among different crop practices at 60 cm depth.

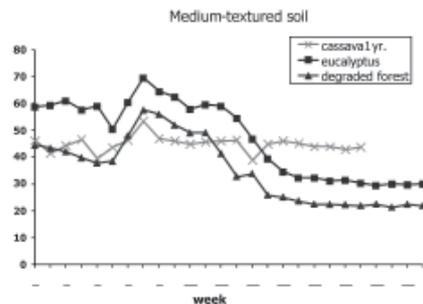
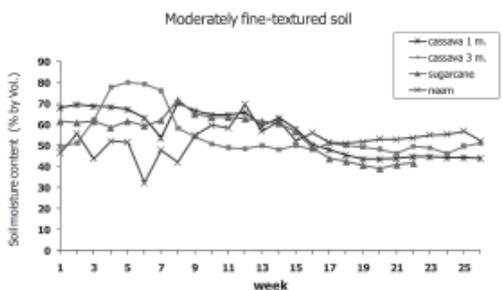


Figure 8 Moisture distribution among different crop practices at 100 cm depth.

สรุป

ดินตัวแทนที่ทำการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดินเนื้อละเอียดปานกลางจำแนกได้เป็น Typic Calciustert ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพาที่ถล่มทับถมอยู่บนวัสดุตกค้างของหินปูน ดินนี้มีการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินค่อนข้างสม่ำเสมอ มีเนื้อเป็นดินร่วนเหนียวถึงเป็นดินร่วน และดินเนื้อปานกลางจำแนกได้เป็น Ultic Paleustaf ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพาที่ถล่มทับถมของหินควอร์ตไซต์ที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นอนุภาคหลัก รองลงมาได้แก่อนุภาคขนาดทรายแป้งซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก มีเนื้อเป็นดินร่วนปนทรายถึงเป็นดินร่วน ดินแรกมีความจุความชื้นรวมสูงกว่าดินหลัง โดยในดินชั้นบนมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง และลดลงในดินชั้นล่าง ขณะที่ดินเนื้อปานกลางมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุดในชั้น Bt1 การแจกกระจายของขนาดช่องว่างมีผลทำให้ในดินเนื้อละเอียดปานกลางน้ำส่วนใหญ่บรรจุอยู่ในช่องว่างขนาดเล็ก ส่วนดินเนื้อปานกลางมีปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับช่องว่างขนาดเล็ก

การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายใต้พืชต่างชนิดพบว่า มันทึบหลังซึ่งเป็นพืชที่ต้องปลูกเป็นแถว และต้องกำจัดวัชพืชออก ความชื้นในดินตอนบน (0-30 ซม.) มีปริมาณต่ำกว่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร เนื่องจากดินสูญเสียความชื้นโดยการระเหยจากผิวน้ำดินได้ง่าย เพราะเป็นพืชที่มีระยะห่างระหว่างแถวค่อนข้างมาก (120 ซม.) ระดับความลึกที่มีการดูดใช้น้ำขึ้นอยู่กับอายุของมันทึบหลัง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับความลึก 60 ซม. ลงไป อ้อยเมื่ออายุมากกว่า 8 เดือนจะมีทรงพุ่มที่ชิดกัน และมีเศษซากของใบอ้อยปกคลุมผิวดินค่อนข้างมากทำให้การสูญเสียความชื้นโดยการระเหยเกิดขึ้นได้น้อย ความชื้นของดินชั้นบนจะลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงกลางฤดูแล้งซึ่งพืชมีความต้องการน้ำมาก เนื่องจากมีอายุพร้อมเก็บเกี่ยว สะเดามีเขตรากพืชอยู่ที่ระดับความลึก 60 ซม. ทำให้มีการดูด

ใช้น้ำในส่วนนี้มาก ส่วนความชื้นที่ผิวดินหลงเหลือคล้ายคลึงกับอ้อย เนื่องจากสะเดาที่มีอายุมากกว่า 8 ปีมีทรงพุ่มที่ค่อนข้างตึบชิดกัน ซึ่งช่วยลดการระเหยของน้ำจากผิวดิน ยูคาลิปตัสมีแนวโน้มการดูดใช้น้ำน้อยกว่าพืชพรรณที่ขึ้นในป่าเสื่อมโทรม เนื่องจากในกรณีศึกษาที่มีการตัดแล้วปล่อยให้งอกขึ้นมาใหม่ได้ไม่นาน ส่วนป่าเสื่อมโทรม ดินมีการสูญเสียความชื้นที่ระดับความลึก 0-40 ซม. มากกว่าทั้งยูคาลิปตัสและมันทึบหลังที่ปลูกในดินเนื้อปานกลาง เนื่องจากการดูดใช้ของพืชพื้นล่างขนาดเล็กที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น พืชเหล่านี้มีเขตรากพืชอยู่ในระดับความลึกดังกล่าว

เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ทำการศึกษา ระยะเวลาในการปลูกอ้อยในพื้นที่อับฝนนี้ควรเริ่มในช่วงต้นฤดูฝนประมาณปลายเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม เมื่ออ้อยอายุได้ประมาณ 8 เดือนซึ่งพื้นที่มักจะไม่มีฝนตกแล้วพืชก็จะมีประสิทธิภาพเพียงพอในการอนุรักษ์ความชื้นที่เขตรากพืช มันทึบหลังทั้งในดินเนื้อละเอียดปานกลางและดินเนื้อปานกลาง ควรเริ่มปลูกในช่วงต้นฤดูฝนหรือไม่เกินเดือนกันยายน เนื่องจาก ดินจะขาดความชื้นที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ประมาณ 2-3 สัปดาห์หลังจากที่ฝนหยุดตกในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน ซึ่งมันทึบหลังจะมีอายุได้ประมาณ 3 เดือนทำให้รากสามารถชอนไชลงไปดูดใช้ความชื้นในส่วนที่อยู่ต่ำกว่าได้ การปลูกไม้โตเร็วมีแนวโน้มทำให้ความชื้นดินในระดับล่าง (ลึกกว่า 60 ซม.) ลดลงอย่างมากในหน้าแล้ง หากปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ก็อาจจะทำให้น้ำใต้ดินลดระดับลงได้ แนวทางการอนุรักษ์ความชื้นในพื้นที่อับฝนพบว่า ควรมีการใช้วัสดุคลุมดินหรือการทิ้งเศษเหลือของพืชคลุมดินเอาไว้เพื่อรักษาความชื้นในตอนบนของดิน หรือช่วยลดการระเหยของน้ำจากชั้นผิวดิน ขณะที่การเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุในดินเนื้อปานกลางจะช่วยทำให้ดินในตอนบนมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหัวหน้าสถานี และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัย กาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับสถานที่ทดลอง และการช่วยเหลืองานในสนาม คุณดรฤณี ชัยโรจน์ หัวหน้าส่วนวิจัยกายภาพดิน นางสาวลลิตา ชัยเนตร นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินสำหรับงานวิเคราะห์สมบัติที่เกี่ยวข้องกับความชื้นดิน และ รศ.ดร.อัญชลี สุทธิประการสำหรับคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2530. แผนการใช้ที่ดินจังหวัดกาญจนบุรี. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2537. รายงานการสำรวจดินจังหวัดกาญจนบุรี. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณะกรรมการการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2550. พจนานุกรมปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิชา นิยม. 2535. อุทกวิทยาป่าไม้. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิทยา ตรีโลกศ และ สุนทร อัครธกุล. 2524. สมบัติด้านการนำน้ำของดิน. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2542. การสำรวจดิน: มโนทัศน์ หลักการ และเทคนิค. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Harding, R.J., R.L. Hall, M.H. Swaminath and K.V. S. Murthy. 1992. The soil moisture regimes beneath forest and agricultural crop in Southern India: measurement and modeling, pp. 244-269. In: Growth and Water Use of Forest Plantations. John Willey & Sons, Inc., NY.
- Hillel, D. 1980. Application of Soil Physics. Academic Press, NY.
- Hillel, D. 1982. Introduction to Soil Physics. Academic Press, NY.
- Soil Survey Division Staff. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd ed. Agr. Handbook No. 436. U.S. Dept. of Agr., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.