



# วิทยานิพนธ์

ผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของ  
ดินริมตลิ่งของห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

**EFFECT OF CHECK DAM ON STREAMBANK SOIL  
MOISTURE CHANGE AT HUAY PASAO, SANGKLABURI  
DISTRICT, KANCHANABURI PROVINCE**

นายพิสุทธิ์ แสงมณี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

### ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม

อนุรักษ์วิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินริมตลิ่ง  
ของห้วยป่าสาว อำเภอสว่างชะบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

Effect of Check Dam on Streambank Soil Moisture Change at Huay Pasao,  
Sangklaburi District, Kanchanaburi Province

นามผู้วิจัย นายพิสุทธิ์ แสงมณี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์วิชา นิยม, Ph.D. )

กรรมการ

( อาจารย์สการ ที่จันทิก, วท.ด. )

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณศิริ กำลิ่ง, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชนิ เอ็มพันธุ์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินริมตลิ่ง  
ของห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

Effect of Check Dam on Streambank Soil Moisture Change at Huay Pasao,  
Sangklaburi District, Kanchanaburi Province

โดย

นายพิสุทธิ์ แสงมณี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2550

พิสุทธิ์ แสงมณี 2550 ผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง  
ความชื้นของดินริมตลิ่งของห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ปรินญา  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดลอม) สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำ  
และสิ่งแวดลอม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์  
วิชา นิยม, Ph.D. 102 หน้า

การศึกษาผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินริม  
ตลิ่งของห้วยป่าสาว โดยใช้เครื่องวัดความชื้นของดินแบบ แ่งวัดความต้านทาน (electric  
resistance block) วัดปริมาณความชื้นของดินทุก 5 วัน ตั้งแต่ปลายฤดูฝน (10 ก.ย. 48) ถึงสิ้นสุด  
การไหลของน้ำท่า (20 ก.พ. 49) ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 5, 30, 60 และ 80 เซนติเมตร  
ตามลำดับ วัดอุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความผันแปรความชื้นดินตามระดับความลึก และ  
การกระจายความชื้นของดินตลิ่ง ระหว่างลำห้วยที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (check  
dam) 3 ลำห้วยตัวแทน กับลำห้วยที่ไม่มีฝาย 1 ลำน้ำ

ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปลายฤดูฝน ดินผิวนบน ที่ระดับความลึกดิน <30 เซนติเมตร ใน  
ลำห้วยที่มี และไม่มีการสร้างฝาย ความชื้นของดินไม่แตกต่างกัน จนเมื่อเข้าสู่ในช่วงฤดูแล้ง  
ความชื้นของดิน 30 เซนติเมตร ลำห้วยที่มีฝายมีความชื้นของดินสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝาย ประมาณ  
3-5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในระดับความลึกดิน ที่ระดับ 30-60, 60-80 เซนติเมตร พบว่า ลำห้วย  
ที่มีฝายมีความชื้นสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝายในตลอดระยะเวลาการศึกษา โดยในช่วงปลายฤดูฝน  
เท่ากับ 2 และ 3-5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 2-4 และ 5-6 เปอร์เซ็นต์โดย  
ปริมาตรตามลำดับ ความชื้นดินที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตรงกับระดับความลึกของดิน ซึ่งเป็นผลมาจาก  
ระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นจากการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า เมื่อคิดเป็นความสูงของน้ำ ลำ  
ห้วยที่มีการสร้างฝาย มีค่าสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีการสร้างฝาย เฉลี่ยในช่วงปลายฤดูฝน 0.15  
มิลลิเมตรเฉลี่ยต่อดิน 1 เซนติเมตร และในช่วงฤดูแล้ง เท่ากับ 0.29 มิลลิเมตรเฉลี่ยต่อดิน 1  
เซนติเมตร

Pisut Sangmanee 2007: Effect of Check Dam on Streambank Soil Moisture Change at Huay Pasao, Sangklaburi District, Kanchanaburi Province. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Associate Professor Wicha Niyom, Ph.D. 102 pages.

This study had been conducted during the late rainy season (Sept 10, 2005) until to end of stream flowing (Feb 20, 2006) by using electric resistance block to analyze soil moisture variation every 5 days. Streambank soil samples were taken from 3 check dams and one without check dam. They were collected a depth of 5, 30, 60 and 80 cm to compare the variation soil moisture between with and without check dams.

The result found that upper soil level at a depth of 5-30 cm with and without check dams were not difference in soil moisture during the late rainy season. In contrast, lower soil level at a depth of 30 cm which have check dam had higher soil moisture without check dam approximately at 3-5 % by volume in the early dry season. Soil moisture at 30-60, 60-80 cm of check dam were grester than without check dam along the study period with 2-4 % by volume and 3-5 % by volume in the late rainy season and 2-4 % by volume and 5-6 % by volume in the dry season respectively. Soil moisture increased with respect to soil depths effected by check dam. Average soil moisture with check dams had higher than without check dam approximately 0.15 mm / 1 cm soil depth in the late rainy season and 0.29 mm / 1 cm soil depth in the dry season.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

/ /

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วิชา นิยม ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์สการ ที่จันทัก กรรมการวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณศิริ กำลั้ง กรรมการวิชาการ ที่ได้ช่วยอบรม ตรวจทาน แก้ไข และให้คำแนะนำทางวิชาการ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจน อาจารย์รุ่งเรือง พูลศิริ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ซึ่งได้กรุณาแนะนำและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ชัชชัย ต้นตะลิวินทร์, อาจารย์ยุทธพงษ์ คีรีมั่งคละ และคุณชลาทรร ศรีตุลานนท์ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ในทุกๆ ด้าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่หน่วยจัดการต้นน้ำยางโทน ทุกๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านพื้นที่ศึกษา ที่พัก และอาหาร

ขอขอบคุณเพื่อนๆ วนศาสตร์รุ่น 64 และพี่ๆ น้องๆ นิสิตปริญญาโทและเอก สาขาการจัดการกลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในทุกๆ สิ่งตลอดในการศึกษาระดับปริญญาโทที่ผ่านมา และในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือ และส่งเสริมการศึกษามาโดยตลอด ประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบคุณความดี ให้กับทุกท่านที่เอ่ยนามมา

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	32
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุป	67
ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	72
ภาคผนวก	77

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลลักษณะอากาศของสถานีตรวจอากาศของผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เฉลี่ยในระยะเวลา 30 ปี พ.ศ. 2518-พ.ศ. 2537)	22
2	ลักษณะภูมิอากาศในบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำยางโตนหน่วยที่2จังหวัดกาญจนบุรี (1 กันยายน 2548-30 กุมภาพันธ์ 2549)	33
3	สมบัติบางประการของดินที่ระดับความลึกต่างๆในบริเวณจุดเก็บความชื้นของดิน ลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	35
4	ความชื้นของดิน ตามระยะห่างจากฝายชะลอการไหลของน้ำท่าจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ 1, 2 และ 3 เมตร ของดินตลิ่งลำห้วยป่าสาว	48
5	ความชื้นของดิน ตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้าง ที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร	53
6	ปริมาณความชื้นในดินลักษณะความสูงของน้ำของดินในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรีตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2549	62
7	ระดับความสูงของตะกอนหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่าในบริเวณลำห้วยป่าสาวอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	64
8	ปริมาตรของฝายและการกักเก็บตะกอนของลำห้วยที่มีฝายชะลอการไหลของน้ำท่า	66
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ลำห้วยที่ 1 (CK1)	83
2	ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ลำห้วยที่ 2 (CK2)	87

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3	ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ลำห้วยที่ 3 (CK3)	91
4	ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่าเฉลี่ยทั้ง 3 ฝาย (CKM)	95
5	ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่ไม่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (NCK)	99

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตของกลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	20
2	ลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	23
3	ลำห้วยที่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (CK1, CK2, และ CK3) และลำห้วยที่ไม่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (NCK) ในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	26
4	ตำแหน่งของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าและจุดเก็บตัวอย่างเพื่อวัดความชื้นของดิน กลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	27
5	ตำแหน่งจุดเก็บความชื้นของดินในแต่ละฝายชะลอการไหลของน้ำท่า	28
6	การกระจายของขนาดอนุภาคดินตามความลึกในพื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง	38
7	การกระจายความหนาแน่นรวมของดินตามความลึก	39
8	สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $K_s$ ) ตามระดับความลึกของดิน	39
9	ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 5 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	40
10	ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 30 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	43
11	ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 60 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	44
12	ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 80 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	45
13	จุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดินโดยยึดจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร	46
14	ความผันแปรของความชื้นรายเดือนของจุดเก็บตัวอย่างโดยทำการเปรียบเทียบระยะห่างไปทางต้นน้ำจากจุดหน้าฝาย 1, 2 และ 3 เมตร	49

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	ความผันแปรของความชื้นของจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบระยะห่างไปทางต้นน้ำจากจุดหน้าฝาย 1, 2 และ 3 เมตร ไปตามลำน้ำป่าสาว	50
16	จุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดินโดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร	51
17	ความผันแปรของความชื้นเป็นรายเดือนของจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดินโดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร	54
18	ความผันแปรของความชื้นของจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดิน โดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร	55
19	ความผันแปรและการกระจายความชื้นรายเดือนของดินตลิ่ง บริเวณลำห้วยที่ไม่มีการใช้ฝาย (NCK) เทียบกับลำห้วยที่มีการใช้ฝาย (CKM) ที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร	56
20	ความผันแปรและการกระจายความชื้นรายเดือนของดินตลิ่ง บริเวณลำห้วยที่ไม่มีการใช้ฝาย (NCK) เทียบกับลำห้วยที่มีการใช้ฝาย (CKM) ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร	57
21	ความผันแปรและการกระจายความชื้นรายเดือนของดินตลิ่ง บริเวณลำห้วยที่ไม่มีการใช้ฝาย (NCK) เทียบกับลำห้วยที่มีการใช้ฝาย (CKM) ที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร	59
22	ระดับความสูงของตะกอนหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี	65
22	ระดับความสูงของตะกอนหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่า และในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ในเดือนกุมภาพันธ์ 2549	66

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของห้วงวัดความต้านทานไฟฟ้า	78
2	เส้นโค้งเปลี่ยนค่าของความชื้นของดินลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี (แนวแกน X = ความต้านทาน(โอห์ม) แกน Y = ความชื้นของดิน (% โดยปริมาตร))	82

## ผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินริมตลิ่ง ของห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

### Effect of Check Dam on Streambank Soil Moisture Change at Huay Pasao, Sangklaburi District, Kanchanaburi Province

#### คำนำ

การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในประเทศไทยตั้งแต่ในอดีตที่ผ่านมาเป็นผลมาจากจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติซึ่งส่งผลทำให้ระบบการเกษตรในอดีตซึ่งเป็นระบบการเกษตรแบบยังชีพถูกผันเข้ามาสู่ระบบเกษตรแบบการค้าซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักอยู่ที่ผลผลิตและผลกำไร เพื่อวัตถุประสงค์ทั้งสองอย่างนี้การเพิ่มพื้นที่การเกษตรจึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่จะเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามต้องการจากพื้นที่ราบมุ่งไปสู่พื้นที่ภูเขา พื้นที่ป่าต้นน้ำจำนวนมากที่ถูกเปิดพื้นที่ออกเพื่อการทำการเกษตร การไถพรวนและการทำลายพืชธรรมชาติที่ขึ้นปกคลุมทำให้เกิดผลกระทบตามมาอย่างมากมายทั้งทางด้านระบบนิเวศ ความหลากหลายของธรรมชาติ ผลกระทบจากการเกิดการพังทลายของดิน และการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ในพื้นที่ที่มีป่าปกคลุมอย่างหนาแน่น และมีขนาดใหญ่จะให้ปริมาณน้ำในลำธารไหลอย่างสม่ำเสมอตลอดปี ในทางกลับกัน ในพื้นที่ป่าที่แห้งแล้งหรือป่าที่ถูกทำลายลงทำให้สูญเสียโครงสร้างของระบบที่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งน้ำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงมีน้ำไหลออกมาเพียงช่วงขณะหนึ่งเท่านั้น ซึ่งน้ำที่ลงสู่ลำธารส่วนใหญ่มาจากการเก็บกักไว้ของดินดังนั้นการฟื้นฟูสภาพป่าไม่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ และเพื่อจะช่วยเหลือสนับสนุนการเก็บกักน้ำไว้ในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำฝายชะลอการไหลของน้ำท่ามาใช้กั้นลำน้ำเพื่อที่จะเก็บกักความชื้นไว้ในดินเป็นวิธีที่ประหยัดรวดเร็ว แต่ยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัดว่าประสิทธิภาพของการนำฝายชะลอการไหลของน้ำท่ามาใช้ในการฟื้นฟูป่าไม้นั้นสามารถที่จะช่วยเพิ่มความชื้นไว้ในดินได้มากน้อยขนาดไหน จากข้อสงสัยดังกล่าวจึงนำไปสู่การศึกษาผลของฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินริมตลิ่ง เพื่อเปรียบเทียบกับลำห้วยที่ไม่ได้มีการนำเอาฝายชะลอการไหลของน้ำท่ามาใช้

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความผันแปรความชื้นของดินตลิ่งในแต่ละระดับความลึกของดินในริมลำห้วยป่าสาวที่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า และไม่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการกระจายของความชื้นของดินตลิ่งริมลำห้วยป่าสาวที่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า และไม่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า
3. เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะ และแนวทางในการจัดการลุ่มน้ำ และสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำ จากการศึกษาครั้งนี้

## ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาความผันแปรความชื้นของดินตลิ่งในลำห้วยป่าสาว ที่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เป็นการศึกษาความผันแปรความชื้น ในลำห้วยที่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า เปรียบเทียบกับลำห้วย ที่ไม่มีการสร้างฝาย เพื่อต้องการศึกษาการชะลอความชื้นของดินในช่วงปลายฤดูฝน ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2548 ถึง สิ้นสุดการไหลของน้ำท่า ในช่วงกลางฤดูแล้งในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549

## การตรวจเอกสาร

### 1. หลักการจัดการลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่ดิน (land) ที่รองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำ (water management) มีอาณาเขตไม่แน่นอน (no size) ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ที่จะเข้าไปจัดการเป็นสำคัญ (เกษม, 2539)

การจัดการลุ่มน้ำ หมายถึง การจัดการพื้นที่เพื่อให้ได้น้ำที่มีปริมาณมากพอ คุณภาพดี การไหลสม่ำเสมอ รวมทั้งควบคุมเสถียรภาพของดินและการใช้ทรัพยากรอื่นๆ ในลุ่มน้ำ (เกษม, 2539) ในช่วงปี ค.ศ. 1930 การจัดการลุ่มน้ำเกิดจากการสร้างโลกทัศน์ของนักวิชาการป่าไม้ที่มุ่งเน้นการจัดการพื้นที่ป่าบริเวณต้นน้ำลำธารแต่เพียงอย่างเดียว ต่อมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 กลุ่มนักวิชาการได้ขยายความคิดดั้งเดิมของการจัดการลุ่มน้ำให้ครอบคลุมออกไป ทำให้ความสนใจของนักวิชาการได้ขยายวงกว้างถึงทรัพยากรอื่นๆ ในลุ่มน้ำ อันประกอบด้วย ทรัพยากรกายภาพ ทรัพยากรชีวภาพ ทรัพยากรคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และทรัพยากรด้านคุณภาพชีวิต เกษม (2539) ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดการลุ่มน้ำ โดยพิจารณาจากความหมายของคำว่าจัดการลุ่มน้ำไว้ดังนี้

1.1 ปริมาณน้ำ หมายถึง การจัดการทรัพยากรในลุ่มน้ำเพื่อให้เอื้ออำนวยต่อน้ำ โดยคำนึงผู้ใช้น้ำและปริมาณน้ำที่ลุ่มน้ำมีศักยภาพให้ได้เป็นเกณฑ์

1.2 คุณภาพน้ำ หมายถึง การจัดการลุ่มน้ำมุ่งหวังให้ลุ่มน้ำเอื้ออำนวยน้ำให้กับพื้นที่ท้ายน้ำด้วยคุณภาพที่ดี เป็นน้ำที่ใสสะอาด ไม่มีสารแขวนลอย และปราศจากสารเคมีต่างๆ ที่เป็นโทษต่อสิ่งมีชีวิต ตลอดจนมีคุณภาพทางชีววิทยาของน้ำที่ดี ซึ่งหมายถึง ปราศจากสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส ฯลฯ หรือมีน้อยมากจนไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์จากการอุปโภคบริโภค

1.3 ระยะเวลาการไหลที่เหมาะสม หมายถึง การจัดการให้มึน้ำไหลในระยะเวลาที่พอเหมาะพอสมควร คือ ต้องมีน้ำใช้ในเวลาที่ต้องการใช้ โดยมุ่งให้มึน้ำไหลสม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยการป้องกันต้นน้ำลำธารให้อยู่ในสภาพดี รวมทั้งสามารถทำหน้าที่ในการควบคุมการไหลของน้ำ (water regulator) ได้

1.4 ควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายของดิน หมายถึง การจัดการให้มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรในลุ่มน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน สามารถเก็บกักน้ำได้น้อยและส่งผลให้เกิดอุทกภัย รวมทั้งปัญหาการสูญเสียหน้าดินซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ตามมา

1.5 ควบคุมการใช้ทรัพยากร หมายถึง การมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรในลุ่มน้ำให้สามารถเอื้ออำนวยผลผลิตได้อย่างเพียงพอและมีความยั่งยืน โดยต้องมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติด้วยความระมัดระวังถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์

## 2. แนวทางปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ

การจัดการลุ่มน้ำ เป็นแนวทางดำเนินงานในการจัดการทรัพยากรลุ่มน้ำทุกประเภทให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ไม่ฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็นจนเกิดปัญหาต่อการฟื้นตัว การทดแทน และเสถียรภาพของระบบ เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณ คุณภาพและช่วงเวลาการไหลของน้ำ โดยมีหลักปฏิบัติดังนี้ (เกษม, 2539)

การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่งมีสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีววิทยาของดินที่แตกต่างกันทำให้ดินมีสมรรถนะในการนำมาใช้ประโยชน์แตกต่างกันไป การจัดการลุ่มน้ำจึงต้องแบ่งชั้นประเภทที่ดินทั้งลุ่มน้ำตามสมรรถนะการใช้ประโยชน์ ซึ่งหลักปฏิบัติในการวางแผนใช้ประโยชน์ที่ดินโดยทั่วไป นิยมใช้ข้อมูลความสูงและความลาดชันของพื้นที่เป็นตัวชี้ว่าที่ดินบริเวณใดควรใช้ประกอบกิจกรรมอะไร ทั้งนี้ต้องมีเทคโนโลยีเข้าช่วยจึงจะทำให้ผลผลิตของการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ เพิ่มขึ้น

2.1 กำหนดแผนการใช้และอนุรักษ์ทรัพยากรในลุ่มน้ำ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติต้องเป็นไปตามหลักอนุรักษ์วิทยา เพื่อที่จะรักษาความสมดุลของทรัพยากรทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วนและการกระจาย ทรัพยากรแต่ละประเภทย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา ดังนั้นจึงควรวางแผนการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสมกับสถานการณ์และความจำเป็น โดยเฉพาะทรัพยากรประเภทที่ใช้แล้วหมดไป ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง และควรใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการผลิตทรัพยากรเหล่านี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีการสูญเสียให้น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังต้องควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับทรัพยากรประเภทที่มีการทดแทนได้ เช่น ทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรสัตว์ป่า ต้อง

ใช้เฉพาะส่วนที่เพิ่มพูน (increment) ของทรัพยากรนั้นๆ และต้องรักษาส่วนที่เป็นต้นทุน (stock) ของทรัพยากรเหล่านั้นให้มีศักยภาพในการให้ผลผลิตระยะยาว

2.2 การควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าจะมีการจัดการลุ่มน้ำด้วยการใช้ประโยชน์ ทรัพยากรตามหลักการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้วก็ตาม แต่ก็จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนด มาตรการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถดำเนินการได้ใน 3 ลักษณะ คือ

1) การควบคุมทางชีววิทยา (biological control) ได้แก่ การป้องกันการชะล้าง พังทลายของดิน (soil erosion) โดยใช้พืชควบคุม (vegetative control) การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัด น้ำเสีย เป็นต้น

2) การควบคุมทางเครื่องกล (mechanical control) ได้แก่ การใช้เครื่องมือ หรือ สิ่งก่อสร้างช่วยในการควบคุม เช่น การทำเขื่อนคักดินตะกอน (rock check dam) หรือการสร้าง ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

3) การควบคุมทางกฎหมาย (legal control) ได้แก่ การใช้กฎระเบียบ มาตรการ ต่างๆ มาเป็นตัวบังคับเพื่อช่วยในการควบคุม เช่น การกำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งออกจาก โรงงานอุตสาหกรรมหรือจากอาคาร การออกกฎหมายอุทยานแห่งชาติ กฎหมายผังเมือง เพื่อช่วยใน การควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น วัตถุประสงค์ของการจัดการลุ่มน้ำมีอยู่ 5 ประการ ได้แก่ ปริมาณ น้ำ คุณภาพน้ำ ช่วงระยะเวลาการไหล ควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายของดินและควบคุมการใช้ ทรัพยากรในลุ่มน้ำ

### 3. ความชื้นของดิน

นิวัติ (2515) ให้ความหมายของความชื้นในดิน คือ ที่อยู่ในช่องว่างภายในดิน ส่วนความชื้นในดินในความหมายของ คณะกรรมาธิการวิชาพฤกษศาสตร์ (2535) หมายถึงเฉพาะน้ำในรูปของเหลวที่เรียกว่า “น้ำในดิน” โดยส่วนที่เป็นน้ำเหล่านี้มีบทบาทต่อการเติบโตของพืชเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับส่วนที่อยู่ในรูปไอน้ำ

วิชา (2535) กล่าวว่า น้ำในดินสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเป็นน้ำในดินที่อยู่ในลักษณะที่ถูกดูดซับเอาไว้ เรียกว่า ความชื้นในดิน (soil moisture) น้ำนี้ส่วนใหญ่จะถูกเก็บกักไว้ด้วยแรงดึงดูดของเม็ดดิน น้ำในส่วนที่เกินความสามารถของดินที่จะดูดซับไว้ได้ เรียกว่า gravitational water น้ำส่วนนี้จะซึมผ่านชั้นดินต่างๆ เข้าสู่ระดับน้ำใต้ดิน (water table) ส่วนที่สองซึ่งเป็นน้ำที่ถูกเก็บกักเอาไว้ในดินในรูปของน้ำใต้ดิน (groundwater) น้ำส่วนนี้มีศักยภาพในการไหลออกสู่แหล่งน้ำลำธารด้วยแรงดึงดูดโลก

ความชื้นของดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (คณะกรรมาธิการวิชาพฤกษศาสตร์, 2535, วิชา, 2535)

1. Chemical combined water โดยอยู่ในรูปของน้ำผลึก (water of crystallization หรือ water hydration) คือ เป็นองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบที่เป็นของแข็งของดินที่แห้งสนิทที่ได้รับการอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะยังคงมีความชื้นประเภทนี้อยู่ ความชื้นในดินชนิดนี้ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช

2. น้ำเยื่อ (hygroscopic water) น้ำประเภทนี้อยู่ในรูปเยื่อบางๆ หนาราว 2-3 โมเลกุลของน้ำ (layer of water molecule) รอบอนุภาคดิน พืชไม่สามารถดูดน้ำประเภทนี้ไปใช้ได้ ดินที่แห้งแห้งในที่ร่ม (air dry soil) จะมีความชื้นอยู่ในรูป hygroscopic water และสามารถไล่ความชื้นในรูปนี้ให้ออกไปได้หมดได้โดยการนำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3. น้ำซึบหรือน้ำแคพิลลารี (capillary water) ความชื้นของดินประเภทนี้อยู่ในลักษณะของเยื่อบางๆ รอบอนุภาคดินถัดจากชั้น hygroscopic water ที่อยู่ในลักษณะของช่องว่าง (pore) ขนาด

เล็กมากๆ ของดิน capillary water จะประกอบด้วยน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water) และ น้ำที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (unavailable water)

4. น้ำซึม (gravitational water or drainage water) เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน โดยถูกขีดยึดจากอนุภาคของดินด้วยแรงที่น้อยมาก และถูกอิทธิพลของโลกทำให้เคลื่อนออกไปจากดิน พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้น้อยมาก

#### 4. การเก็บกักน้ำไว้ในดิน

ดินเก็บกักน้ำไว้ได้เพราะมีแรงดูดยึดกระทำต่อน้ำ แรงดูดยึดที่กระทำต่อ โมเลกุลของน้ำในดินอาจแบ่งตามปรากฏการณ์ได้ 3 ประเภท คือ แรงดูดซับ แรงดึงแคพิลลารี และแรงดึงออสโมติก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

1. แรงดูดซับ (adsorptive force) หมายถึง แรงดูดยึดที่ผิวอนุภาคดินที่กระทำต่อ โมเลกุลน้ำ การที่โมเลกุลของน้ำสามารถดูดซับกับอนุภาคดินได้นั้น เป็นเพราะสมบัติของโมเลกุลน้ำร่วมกับสมบัติของผิวอนุภาค สมบัติของโมเลกุลน้ำที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

- สมบัติไดโพลาร์ หรือสองขั้ว (dipolar property)
- พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond)

สมบัติของของผิวอนุภาคที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ดูดซับน้ำมีดังนี้

- ความมีประจุของผิวอนุภาคปรากฏ
- มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

2. แรงดึงน้ำในช่องขนาดเล็กหรือแรงดึงแคพิลลารี (capillary force) เมื่ออนุภาคดินเรียงตัวข้อมก่อกันให้เกิดช่องว่างในดิน (soil pore) ซึ่งมีขนาดเล็กใหญ่แตกต่างกันตามอนุภาคและการบีบอัดตัวของดิน ช่องในดินซึ่งดูดยึดน้ำด้วยแรงพอสมควรและสามารถต่อต้านการระบายน้ำลงสู่ส่วนล่างของหน้าตัดดินได้จึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ ) ลงไป ช่องที่มีขนาดเล็ก เรียกว่า micropores ส่วนช่องที่มีขนาดโตกว่า 50 ไมโครเมตร เรียกว่า macropores ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางผ่านของน้ำขณะดินได้รับน้ำมาก และเป็นทางผ่านของอากาศขณะดินมีความชื้นประมาณ ความจุความชื้นสนาม (field capacity) และในขณะที่ดินมีความชื้นสูงกว่าสถานะฝั่งแห้ง ฟิล์มน้ำที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคจะเริ่มรวมตัวกันที่จุดสัมผัสระหว่างอนุภาค เกิดเป็นกลุ่มก้อนของน้ำที่ขัง

ไว้ในช่องเล็กๆ การที่มวลน้ำถูกดึงไปข้างในช่องว่างเหล่านั้นได้เป็นเพราะสมบัติความตึงผิวน้ำ ร่วมกับความสามารถของโมเลกุลน้ำซึ่งเกาะติดผนังช่องว่างได้

3. แรงดึงออสโมติก (osmotic force) น้ำในดินจะมีไอออนหรือโมเลกุลของตัวทำละลาย (solution) ละลายเป็นองค์ประกอบอยู่เสมอ ไอออนซึ่งมีประจุไฟฟ้าหรือโมเลกุลที่มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) สามารถดูดซับน้ำไว้เนื่องจากน้ำมีสมบัติไดโพลาร์และพัฒนาพันธะไฮโดรเจนได้ การดูดซับน้ำของไอออนและโมเลกุลในสารละลายจะทำให้โมเลกุลของน้ำขาดอิสรภาพในการเคลื่อนที่มีพลังงานลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ามวลน้ำนั้นเกิดแรงดึงออสโมติก (osmotic suction) ขึ้นภายในความตึงของออสโมติกส่วนหนึ่งจะแสดงให้เห็นได้เมื่อนำน้ำจำนวนนั้นไปสัมผัสกับน้ำอีกจำนวนหนึ่งซึ่งมีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane)

อย่างไรก็ตามการที่น้ำจะถูกเก็บในดินไว้ได้นั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการซึมน้ำได้ผ่านผิวดิน โดยกระบวนการแทรกซึม (infiltration) และกระบวนการซึมผ่าน (percolation) กล่าวคือ เมื่อน้ำซึมผ่านลงไปดินแล้วพยายามจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ในรูพรุนของดินและห่อหุ้มผิวหน้าของเม็ดดินด้วยแรง adhesion ก่อน อันเป็นแรงระหว่างเม็ดดินกับดิน เมื่อน้ำฉาบผิวหน้าดินทั่วแล้วน้ำก็จะเกาะยึดผิวหน้าดินเป็นรัศมีเป็นชั้นๆ ด้วยแรง cohesion คือ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้ำกับน้ำไว้ด้วยกัน แรงดึงดูดระหว่างน้ำด้วยกันนี้จะค่อยๆ ลดลงตามระยะทางที่ห่างออกไปจากเม็ดดินที่เพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าโมเลกุลของน้ำที่อยู่ใกล้ผิวเม็ดดินมากที่สุดจะมีแรงดึงดูดมากที่สุดแล้วค่อยๆ ลดลงไปตามรัศมีที่อยู่ไกลออกไปตามลำดับจนกระทั่งไม่สามารถจะถูกยึดโดยแรง cohesion ก็จะถูกระบายออกไป หรืออาจกล่าวได้ว่าเม็ดดินสามารถดูดซับน้ำไว้ได้สูงสุดก็ต่อเมื่อแรงดึงดูดของโลก (gravitational force) เท่ากับแรง cohesion ของน้ำในวงรัศมีนอกสุดของดิน ถ้าหากแรงดึงดูดของโลกมากกว่าแล้วน้ำจะถูกระบายออกไปทันที น้ำส่วนที่ถูกระบายออกไปนี้ เรียกว่า น้ำที่ถูกดินเก็บกักไว้ชั่วคราว (detention storage) ส่วนน้ำที่ถูกดูดซับไว้ของดินด้วยแรงของเม็ดดิน เรียกว่า น้ำที่ถูกดินเก็บกักไว้อย่างถาวร (retention storage) (วิชา, 2535)

#### 4. ประโยชน์ของความชื้นในดิน

สำหรับประโยชน์ของความชื้นในดิน Sakurai et al.(1991) กล่าวว่า สภาพของความชื้นในดินสำคัญอย่างมากสำหรับการเติบโตของพืชในเขตร้อนชื้นที่มีฤดูแล้งและฤดูฝนสลับกัน

โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อฤดูแล้งเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นจุดวิกฤตสำหรับการรอดตายของพืช โดยสอดคล้องกับอุทิส (2541) ที่ว่า ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมผลผลิตขั้นมูลฐานก็คือ ความชื้นในดิน พรรณไม้ส่วนใหญ่มีการพักตัวในช่วงฤดูแล้ง ผลัดใบ ปรุรงอาหาร และจัดสภาพทางสรีรวิทยาเพื่อการเติบโตในฤดูฝนใหม่ อย่างไรก็ตามการออกดอกออกผลของไม้หลายชนิดเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้เพื่อการโปรยเมล็ดในจังหวะพอเหมาะกับการมีความชื้นที่ผิวดินเพื่อการงอกและการเติบโตของกล้าไม้ และปริมาณน้ำในดินยังเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งซึ่งจำกัดการพืชตามธรรมชาติ (Donahue et al., 1971) โดย Pritchett and Fisher (1987) กล่าวว่า ความชื้นในดินยังเป็นตัวควบคุมชนิดของต้นไม้ การกระจายของป่าไม้ทั่วโลก และนอกจากนี้ในดินยังจำเป็นต้องกระบวนการต่างๆ ของพืช กล่าว คือน้ำเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้เซลล์เป็นศูนย์กลางในการขนย้ายสารอาหาร และอินทรีย์สาร ทั้งยังเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิภายในของพืชให้คงสภาพปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; Donahue RL et al., 1971)

## 5. ปัจจัยที่มีผลต่อความชื้นในดิน

สิ่งสำคัญต่อปริมาณของความชื้นที่พบในดินอย่างหนึ่ง คือ การซึมของน้ำ หรือการเคลื่อนย้ายน้ำลงดิน ซึ่งน้ำที่มีการซึมลงดินนี้เองจะเป็นส่วนของความชื้นในดิน กล่าว คือ ถ้าปริมาณการซึมน้ำมีมากก็จะทำให้มีปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว สำหรับปัจจัยพื้นฐานในการควบคุมการเคลื่อนย้ายของน้ำลงดิน Donahue et al. (1971) ได้กล่าวไว้ ดังนี้

1. เปรอร์เซ็นต์ของทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ถ้ามีทรายหยากก็จะเพิ่มการซึมน้ำลงดิน แต่อย่างไรก็ตามชั้นของดินแต่ละชั้นมีความสามารถในการให้น้ำผ่านแตกต่างกัน (soil permeability) ทั้งนี้เนื่องจากทรายมีการจับน้ำได้น้อยกว่า เพราะมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า โดยดินเหนียวจับน้ำได้มากกว่าเพราะมีพื้นที่ผิวมากกว่า (Miller, 1977) นอกจากนี้ช่องว่างในดิน (soil pore) ของดินเหนียวมีขนาดเล็กกว่าดินทราย (Singer and Munns, 1987) และชั้นของดินที่ให้โอกาสการซึมน้ำน้อยที่สุดจะเป็นตัวจำกัดการซึมน้ำ (limiting factor) (วิชา, 2535) และจากการศึกษาของอดุม (2529) พบว่า ภูมิอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของดินน้อยกว่าสภาพภูมิประเทศ ปริมาณอนุภาคทรายและอนุภาคดินเหนียวใกล้เคียงกันในสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน แต่ความต่างของระดับพื้นที่ที่สูงกว่า มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากกว่า ส่วนปริมาณอนุภาคทรายจะเป็นไปในทางตรงกันข้าม สำหรับดินตอนบนมีอนุภาคขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนดินตอนล่างจะมีการสะสมดินเหนียว (Soil Survey Staff, 1975; Buol, 1989)

2. โครงสร้างของดิน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) กล่าวว่า สมบัติของดินที่มีเนื้อหยาบ หรือดินที่มีโครงสร้างดีจะมีสัดส่วนของช่องขนาดใหญ่ (macropores) อยู่มากทำให้น้ำน้ำได้ดี ดินพวกนี้จึงมีอัตราการแทรกซึมสูง ตรงข้ามกับดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างไม่ดี คือ ดินไม่จับตัวกันเป็นก้อนจึงมีสัดส่วนของช่องว่างขนาดเล็ก (micropores) อยู่มาก สภาพน้ำของดินมีค่าต่ำ ดินจะมีอัตราการแทรกซึมต่ำ ปริมาณช่องว่างในดินจะลดลงโดยการอัดตัวของดินและแปรผันกับความลึก ดินบนที่เป็นทรายจะมีช่องว่างในดินอยู่ในช่วง 35 – 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินเนื้อปานกลางถึงละเอียดจะอยู่ในช่วง 40 – 60 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า สำหรับในดินล่างที่มีการอัดตัว บางครั้งอาจมีปริมาณช่องว่างเพียง 25 – 30 เปอร์เซ็นต์ ความพรุนของดินป่าไม้อยู่ในช่วง 30 – 65 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ดินป่าไม้แบบ mixed stand อาจมีปริมาณช่องว่างสูงกว่าดินป่าไม้แบบ pure stand (Pritchett, 1979)

3. อินทรีย์วัตถุในดิน ถ้ามีอินทรีย์วัตถุในดินมากจะช่วยให้การซึมน้ำลงสู่ดินเร็วขึ้น อินทรีย์วัตถุมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณที่มาก คือ ประมาณ 6-20 เท่าของน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ดูดซับน้ำได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นอนุภาคของอินทรีย์วัตถุประกอบกันเป็น โครงสร้างมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้คืออยู่มาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุมีมากบริเวณใกล้ผิวดิน และลดลงตามระดับความลึก (วิชา, 2523; เกษม และ เพิ่มศักดิ์, 2522)

4. ความลึกของดินจนถึงชั้นหินแข็ง ชั้นดินที่มีความหนาน้อยให้น้ำผ่านได้น้อยกว่าชั้นดินที่ลึก และความสามารถในการเก็บกักน้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดดิน และความลึกของดิน จากการศึกษาของบุญฤทธิ์ (2525) พบว่า ความหนาแน่นของอนุภาคดินจะเพิ่มขึ้นเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความลึกของดิน กล่าว คือ ความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 0-5, 5-10, และ 50-70 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นที่ดินล่าง (ระดับความลึก 20-30 ซม.) ความหนาแน่นรวมของดินชั้นนี้จะผันแปรมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างมาก สำหรับความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึกต่ำสุด (50-70 ซม.) ทุกสภาพพื้นที่มีค่ามากที่สุดคล้ายคลึงกัน

5. ปริมาณน้ำในดิน หรือปริมาณความชื้นในดินมีบทบาทอย่างมาก เพราะความชื้นในดินมีผลต่อสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินทั้งการนำน้ำเข้าเก็บในดิน และความสามารถดูดน้ำของดินอีกด้วย เมื่อเริ่มต้นจะเกิดการซึมน้ำเท่านั้น ถ้าดินแห้งจะให้อัตราการซึมน้ำสูงมาก เนื่องจากแรง

ดึงดูดภายในเม็ดดิน และแรงคูลิซของ โลก ทำให้สมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินสูงด้วย เมื่อดินเริ่มเปียกพวกสารคอลลอยด์ต่างๆ ที่ผสมอยู่เป็นเม็ดดินจะพองตัวซึ่งอาจมีส่วนในการไปอุดรูดินทำให้ลดการซึมน้ำผ่านผิวดิน อีกทั้งมีส่วนทำให้แรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินลดน้อยลง (เกษม, 2522) ดินเปียกให้น้ำซึมผ่านน้อยกว่าดินชื้นหรือดินแห้ง เกษม (2515) กล่าวว่า ขณะที่ฝนตกในตอนแรกนั้น ดินยังแห้งอยู่ความชื้นได้ของดินจะมีสูงทำให้น้ำซึมลงสู่ที่ต่ำและ supply ปริมาณน้ำใต้ดิน อันเป็นส่วนสำคัญในการไหลของน้ำในลำธาร กล่าว คือ น้ำในลำธารสูงขึ้นลักษณะเช่นนี้จะเป็เพียงระยะเวลาอันสั้นครั้นต่อมาเม็ดฝนอาจไปทำลายผิวดินทำให้ผิวดินบริเวณนั้นแตกกระจาย เกิด small particles แล้วกระจาย (splash) ไปตามทิศต่างๆ มีผลทำให้รูดินตามผิวถูกอุดไว้ ทำให้การซึมของน้ำจากผิวดินลงสู่ที่ต่ำลดน้อยลง ทำให้น้ำซึมออกสู่ลำธารน้อยลง หรืออีกนัยหนึ่ง เมื่อดินอุ้มน้ำสูงสุดแล้วหรือเมื่อดินดูดซับน้ำนั้น น้ำอาจมีผลทำให้เม็ดดินพองตัวสูงขึ้นเป็นผลทำให้ปริมาณดินลดลง ความสามารถซึมได้ลดลง

6. ลักษณะและปริมาณพืชคลุมดิน เช่น หญ้า หรือป่า มีแนวโน้มในการทำให้การซึมน้ำผ่านผิวดินสูงและมากขึ้น เพราะพืชคลุมดินนี้นอกจากจะป้องกันมิให้ฝนตกกระทบดินโดยตรงแล้วยังช่วยเสริมสร้างให้เกิดชั้นของอินทรีย์วัตถุ โดยชนิดของพืชคลุมดินมีความสำคัญต่อการซึมน้ำผ่านผิวดินมากกว่าชนิดดิน (เกษม, 2522)

7. สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันทำให้การซึมน้ำลงดินแตกต่างกัน ทำให้เกิดความผันแปรของน้ำในดินเป็นอย่างมาก (Sampson, 1952) โดยสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันจะมีโอกาสการซึมน้ำได้น้อยกว่าพื้นที่ราบที่มีชนิดดินเดียวกัน (วิชา, 2535)

8. ปริมาณน้ำฝน ถ้ามีปริมาณน้ำฝนมากการซึมน้ำก็จะเพิ่มขึ้น (Sakurai et al., 1991; วีระ และ ธรรมบุญ, 2536)

## 6. วิธีการหาความชื้นในดิน

การหาค่าความชื้นในดินมีหลายวิธีทั้งทางตรง และทางอ้อม การวัดระดับความชื้นในดินทางตรง คือ วิธีวัดโดยน้ำหนัก (gravimetric method) ส่วนการวัดทางอ้อม ได้แก่ การอ่านค่าจากเครื่องมือต่างๆ ซึ่งการวัดระดับความชื้นทางอ้อมจะกระทำได้รวดเร็วกว่า

1. วิธีวัดโดยน้ำหนัก (gravimetric method) เป็นการวัดความชื้นโดยตรง ประกอบด้วย การเก็บตัวอย่างตรงตำแหน่งและเวลาที่ต้องการใส่ในกระป๋องความชื้น (moisture can) ซึ่งมีฝาปิดสนิท เพื่อป้องกันการระเหยน้ำ นำมาชั่งหาน้ำหนัก แล้วเอาเข้าตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำหนักของน้ำที่หายไปต่อน้ำหนักดินแห้งคูณด้วย 100 จะเป็นการวัดความชื้นของดินโดยน้ำหนัก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541 ; Donahue et al., 1971)

การหาความชื้นในดินโดยวิธีนี้จะไม่สะดวกในกรณีที่ต้องมีการเก็บตัวอย่างดินบริเวณนั้นอย่างสม่ำเสมอ โดยต้องทำการขุดหรือเจาะดินตัวอย่างขึ้นมาทุกครั้งที่ทำการศึกษา (นิพนธ์, 2542) ซึ่งทำให้พื้นที่บริเวณที่ทำการศึกษาเก็บข้อมูลมีความเสียหาย ต้องใช้แรงงานและเวลาในการเก็บข้อมูลมาก (Hillel, 1998) สำหรับการใช้นี้ควรใช้กับพื้นที่แปลงตัวอย่างขนาดเล็กๆ และใช้ตรวจสอบกับวิธีอื่นมากกว่า (นิวัติ, 2515) แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้คงใช้กันโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกในการสังเกต และยังใช้ประมาณการค่าของความชื้นในดิน (Topp, 1993) อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่ถูกต้องที่สุด (นิพนธ์, 2542)

2. การใช้เทนซิโอมิเตอร์ (tensiometer) เทนซิโอมิเตอร์ออกแบบไว้สำหรับวัดความดึงศักย์วัสดุพื้น (matric suction) ของน้ำในดิน แต่เนื่องจากความดึงศักย์วัสดุพื้น ผันแปรโดยตรงกับระดับความชื้น จึงสามารถดัดแปลงเทนซิโอมิเตอร์มาใช้วัดความชื้นได้ ค่าที่อ่านได้จากการใช้เทนซิโอมิเตอร์ไม่ใช่ความชื้นในดิน จึงมีความจำเป็นต้องสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าก่อนนำเครื่องไปใช้งาน การสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าทำได้โดยเตรียมตัวอย่างดินให้มีระดับความชื้นที่ทราบค่าแน่นอนต่าง ๆ กัน แล้วฝังเทนซิโอมิเตอร์ลงไปอ่านค่าจากเครื่องมือที่ถึงสมดุล ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้กับระดับความชื้นในดิน (calibration curve) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

3. การใช้แท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block) ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ที่ฝังอยู่ในแท่งวัสดุพูน และมีสายไฟฟ้าเชื่อมต่อออกมาจากภายนอก โดยแท่งวัสดุพูนอาจเป็นพวกยิปซั่ม ไฟเบอร์กลาส ไนลอน หรือเทปลอน และมีมิเตอร์วัดความต้านทานไฟฟ้า ได้แก่ Bouyoucos (Hassett and Banwart, 1992) การวัดความชื้นโดยวิธีนี้ต้องการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดิน กับค่าความต้านทานที่อ่านได้จากการวัด เส้นโค้งที่สร้างขึ้นสำหรับดินหนึ่งควรใช้เฉพาะกับดินนั้น ถ้าเปลี่ยนชนิดของดินก็ควรสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่า

ขึ้นมาใหม่ เพราะลักษณะเฉพาะตัวทางความชื้นของดินรวมทั้งปริมาณเกลือในดินแต่ละแห่งจะไม่เหมือนกัน แม้แต่ใช้วัดในดินเดียวกัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

แท่งวัสดุพูนเหมาะกับการใช้งานเมื่อดินมีระดับความชื้นในดินอยู่ระหว่างจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) และจุดซึ่งต่ำกว่าความจุความชื้นสนาม (field capacity) เล็กน้อย ถ้าระดับความชื้นในดินมีค่าต่ำกว่าจุดเหี่ยวถาวร หรือใกล้เคียงกับความจุความชื้นสนาม ความไวของเครื่องมือจะลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การวัดความชื้นในดินโดยวิธีนี้จะวัดความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชมากกว่าจะทำการหาความชื้นในดินหรือปริมาณน้ำที่แท้จริง (นิวัตติ, 2515)

4. เครื่องวัดความชื้นในดินด้วยนิวตรอน (neutron moisture meter) เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดระดับความชื้นโดยอาศัยหลักการชนระหว่างนิวตรอนความเร็วสูง นิวตรอนความเร็วสูงจะถ่ายทอดพลังงานของมันให้ไฮโดรเจนอะตอม แล้วตัวมันเองเป็นนิวตรอนความเร็วต่ำ จำนวนของนิวตรอนจึงผันแปรโดยตรงกับระดับความชื้นในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; Kramer, 1978) ค่าที่ได้จากเครื่องไม่ใช่ค่าความชื้นในดิน จึงทำให้ต้องมีการสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าสำหรับดินชนิดนั้นขึ้นมาเสียก่อน สำหรับปัจจุบันบางเครื่องก็จะมีหน่วยประเมินผลอยู่ภายใน จึงทำให้สามารถรู้ค่าความชื้นได้ทันทีเมื่อนับจำนวนนิวตรอนความเร็วต่ำเสร็จ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

การวัดความชื้นด้วยนิวตรอนเป็นการวัดที่สะดวกในการวัดภาคสนาม สามารถวัดได้มากแห่งโดยสภาพดินไม่เสียหาย (นิวัตติ, 2515; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; Kramer, 1978) ปราศจากการเสี่ยงทางด้านข้อมูล แต่ทั้งนี้การวัดด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะต่อการวัดความชื้นตรงผิวดิน เพราะให้ค่าที่คาดเคลื่อนได้ รวมทั้งผู้ใช้อาจได้รับอันตรายจากรังสีนิวตรอนหากขาดมาตรการป้องกันที่ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; นิพนธ์, 2542)

5. เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometer) เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินที่มีการทำงานโดยใช้วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโมเลกุลน้ำเพื่อใช้ประมาณความชื้นในดิน อุปกรณ์ในการวัดความชื้นของ TDR ประกอบด้วย Pulser, Sampling Receiver, Timing และ Display unit การทำงานจะมีการแพร่ของกระแสไฟฟ้าไปสู่ดินและมีการย้อนกลับมาอยู่ที่ปลายของสายส่ง เทคนิคในการวัดของ TDR คือ การวัดความเร็วของการแพร่สัญญาณที่มีสัญญาณความถี่สูง

โดยความเร็วของการแพร่จะลดลงในวัตถุที่มี dielectric constant ที่สูงกว่า สำหรับค่า dielectric constant ของน้ำมีค่าประมาณ 80 องค์กรประกอบที่เป็นของแข็งในดินมีค่า dielectric constant อยู่ระหว่าง 2-7 และอากาศมีค่า dielectric constant เท่ากับ 1 (Topp, 1993)

## 7. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฝายชะลอการไหลของน้ำท่าและโครงสร้างยึดดินในทางระบายน้ำ

กรมป่าไม้ได้ให้คำนิยามของฝายว่า ฝาย หรือ Check Dam คือ สิ่งก่อสร้างขวาง หรือกั้นทางน้ำ ซึ่งปกติมักจะกั้นลำห้วย ลำธารขนาดเล็กในบริเวณที่เป็นต้นน้ำ หรือพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงให้สามารถกักตะกอนอยู่ได้ และหากช่วงที่น้ำไหลแรงก็สามารถชะลอการไหลของน้ำให้ช้าลง และกักเก็บตะกอนไม่ให้ไหลลงไปทับถมลำน้ำตอนล่าง ซึ่งเป็นวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดีมาก วิธีการหนึ่งตามแนวพระราชดำริ ในการก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความชุ่มชื้น ดักดินตะกอน เก็บกักน้ำซึ่งหากสามารถเก็บกักน้ำได้ปริมาณมากพอ ก็สมควรที่จะจ่ายน้ำออกไปรอบๆ พื้นที่บริเวณฝายในช่วงฤดูแล้ง เพื่อสร้างความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่ต้นน้ำ ดังนั้นในการก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารแต่ละชนิด จึงมีวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะใช้ในการก่อสร้างย่อมแตกต่างกันออกไปด้วย ดังนั้นจึงได้แบ่งฝายต้นน้ำลำธารออกเป็น 3 ชนิด คือฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน ฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร และฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร

สมเจตน์ (2528) กล่าวว่า โครงสร้างที่ใช้ในการยึดดินในทางระบายน้ำมีความจำเป็น เนื่องจากไม่มีดินที่จะปลูกพืชคลุมดิน หรือวัตถุที่ใช้ปลูกพืชถูกน้ำพัดพาไปหมด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างสิ่งก่อสร้างขึ้นมา เป็นอาคารซึ่งเก็บกักตะกอนเศษปลายไม้ไว้ และจะปล่อยให้ น้ำไหลลอดผ่านไปได้ อาคารในทางระบายน้ำจำเป็นต้องสร้างหลายๆ จุดเป็นอนุกรมติดต่อกันไป โดยให้ความสูงของโครงสร้างล่าสุดเท่ากับระดับฐานของโครงสร้างอันสูงถัดไป อาจเป็นการก่อสร้างแบบง่ายๆ เช่น เป็น Brushwood Check Dam หรือเป็น โครงสร้างถาวรที่ลงทุนสูง เช่น สร้างเป็น weir หรือ Concrete Check Dam โดยใช้หิน และ/หรือซีเมนต์ หรือใช้ลวดตาข่ายและหินก้อน แบบ Gabion-Rock Check Dam หรือแบบ Wiremesh-Rock Check Dam ก็ได้ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

Brushwood Check Dam เป็นอาคารหรือ โครงสร้างภายในร่องน้ำอย่างง่าย สร้างโดยใช้ไม้หลัก เศษไม้ปลายไม้เป็นวัสดุก่อสร้าง โดยอาจใช้ลวดหรือเถาวัลย์ หรือ หวาย ช่วยให้มีคามมั่นคง หรือมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น การสร้างอาจเป็นแถวเดียวหรือสองแถวก็ได้แล้วแต่ร่องน้ำ ปริมาณน้ำที่ระบายออกและวัสดุที่จะใช้

Weir หรือ Concrete Check Dam เป็นอาคารก่อสร้างโดยสร้างอาคารถาวรมีโครงเหล็กอัดแรงคอนกรีตเช่นเดียวกับการสร้างเขื่อนหรือฝายน้ำต่างๆ นั่นเอง จะต้องให้ฐานโครงสร้างและส่วนปีกอาคารลึกเข้าไปในดินถึงชั้นดินเหนียวหรือดินดาน ไม่ให้ น้ำซึมลอดผ่านไปได้ อาคารที่สร้างอาจเป็นรูปตัวยู (U-Shape) หรือรูปเหลี่ยมคางหมู หรือเป็นรูป V-notch ขนาดต่างๆ ก็ได้ เพื่อให้อาคารดังกล่าวสกัดกั้นทั้งน้ำและดินตะกอนที่ไหลบ่ามา เมื่อน้ำสงบนิ่งตะกอนจะตกทับถมอยู่เหนืออาคารนั้น และถ้า น้ำไหลมามากก็จะเอ่อล้นไปสู่อาคารต่อถัดลงไปเรื่อยๆ ได้

Wiremesh Stone และ/หรือ Gabion-Rock Check Dam เป็นโครงสร้างที่ใช้ในร่องระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน มีลักษณะคล้ายกับการใช้คอนกรีตสร้าง แต่ประเภทนี้ใช้หิน ลวดตาข่าย หรือตะแกรงเหล็ก (Gabion) แทนเท่านั้น ไม่จำเป็นจะต้องใช้ซีเมนต์เลยก็ได้ ก่อนดำเนินการก่อสร้างจะต้องพิจารณาก่อนว่าปริมาณน้ำที่ระบายออกจะต้องไม่มาก และอัตราการไหลจะต้องไม่รุนแรงเกินไปจึงจะใช้วิธีนี้ได้ผลดี

อาคารต่างๆ ในร่องระบายน้ำดังกล่าวทั้งหมดนี้ มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และงบประมาณที่แตกต่างกันไป สำหรับพื้นที่สูงทางภาคเหนือของไทยมีปัญหาในการขนส่งวัสดุมาก และอาจหาวัสดุประเภทหินได้ยาก ดังนั้นการใช้ Brushwood Check Dam จึงเป็นมาตรการที่ดีและเหมาะสมที่สุด ไม่ว่าจะพิจารณาเรื่อง สภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ-สังคมและเทคโนโลยีต่างๆ เพราะประหยัด ทำได้ง่าย ใช้วัสดุที่หาได้ในพื้นที่ แล้วยังใช้ยึดดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นฝายเศษไม้ และฝายกระสอบทราย เป็นเพียงการนำวัสดุดังกล่าวมาวางกองรวมกันเพื่อขวางร่องห้วย โดยใช้หลักเสาไม้ หรือเสาคอนกรีตปักยึดให้ลึกพอสมควรก็เพียงพอ เนื่องจากฝายดังกล่าวส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับต้นๆ ของลำห้วย ซึ่งมีปริมาณน้ำและความรุนแรงของการไหลไม่มาก จึงไม่จำเป็นต้องการความแข็งแรงนัก ประกอบกับฝายดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อรองตะกอนไว้เพียงบางส่วนเท่านั้น ไม่มีการเก็บกักน้ำ จึงสามารถสร้างได้ทั่วไปไม่มีข้อกำหนด

## 8. การศึกษาความชื้นในดินในพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ

จากการศึกษาของเพ็ญศักดิ์ (2522) พบว่า ปริมาณความชื้นในดินของป่าดิบเขาธรรมชาติใน ระดับความลึกต่างๆ ชั้นของดินที่มีความชื้นสูงที่สุดและตลอดเวลา คือ ที่ระดับผิวดินทั้งนี้ เป็น เพราะว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ซึ่งสามารถดูดซับน้ำไว้ภายในรูพรุนของดิน และตามผิวของเม็ดดิน และความชื้นในดินจะค่อยๆ ลดต่ำลงตามระดับความลึกของดินที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาของสมเกียรติ (2538) ในพื้นที่ป่าดิบแล้ง และสวนป่าทดแทน บริเวณสถานี วิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช พบว่า ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ยตลอดปีตาม โปรไฟล์ของดินในพื้นที่ ทั้งสองแห่งจะมีความชื้นมากที่สุดบริเวณผิวดิน (5 เซนติเมตร) ส่วนที่ความลึก 20 เซนติเมตร ความชื้นดินจะลดลงมาก เนื่องจากปริมาณของรากพืชมีมากบริเวณใกล้ผิวดิน จากนั้นความชื้นใน ดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อความลึกของดินเพิ่มมากขึ้น

สำหรับป่าเต็งรังบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช พบว่า ปริมาณความชื้นในดิน เฉลี่ยตลอดปีตาม โปรไฟล์ของดิน ส่วนใหญ่มีความชื้นมากที่สุดบริเวณผิวดิน (5 เซนติเมตร) และ บริเวณดินที่ลึกลงไป โดยที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร ความชื้นในดินจะลดลงมาก เนื่องจาก ปริมาณรากพืชมีมากบริเวณใกล้ผิวดิน ความชื้นในดินที่ระดับความลึก 40 และ 60 เซนติเมตร มีการ เปลี่ยนแปลงรายเดือนมาก โดยความชื้นที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร จะมากกว่าที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ในเดือนที่ฝนตกมาก บางเดือนก็จะมีค่ามากกว่าที่ระดับผิวดิน และในทาง ตรงกันข้ามความชื้นที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร จะมากกว่าที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร ใน เดือนที่ฝนตกน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะของเนื้อดินที่ค่อนข้างแน่น คือความพรุนของดินมีน้อย ทำให้เมื่อฝนตกลงมาและซึมผ่านชั้นดินลงไปไม่ถึงชั้นดินที่ลึกกว่า ในสวนป่าฟื้นฟูและไร่ร้าง พบว่า บริเวณที่ระดับผิวดิน (5 เซนติเมตร) มีความชื้นสูงใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน และบริเวณที่ ความลึก 20 เซนติเมตร ความชื้นดินจะลดลงมาก เนื่องจากพบรากพืชในชั้นความลึกนี้ ความชื้นใน ดินที่ระดับความลึกลงไปจะมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก ในเดือนที่ฝนตกระดับที่ต่ำ กว่าจะมีความชื้นสูงกว่าที่ระดับความลึกที่ผิวดิน เนื่องจากการที่มีอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นตาม ความลึก (สมเกียรติ, 2538)

จากการศึกษาของยุทธพงษ์ (2542) ศึกษาความผันแปรของความชื้นของดินภายใต้สวนสัก อายุต่างๆ ในบริเวณสวนป่าทองผาภูมิ ภายในจังหวัดกาญจนบุรี โดยเลือกศึกษาในสวนสักที่ยังไม่มี

การดำเนินการทางวนวัฒนวิธีจำนวน 6 แปลง ได้แก่แปลงที่ปลูกในปี 2521, 2525, 2530, 2535, 2537 และ 2540 โดยเปรียบเทียบการเปรียบเทียบความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินกับป่าเบญจพรรณธรรมชาติในพื้นที่ใกล้เคียง พบว่า ป่าเบญจพรรณมีความชื้นดินสูงที่สุดและสูงกว่าสวนสักทุกแปลงและทุกระดับความลึกตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา

จากการศึกษาของอมรัตน์ (2544) ทำการศึกษาความแปรผันของความชื้นดินในป่าเบญจพรรณ ที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ปริมาณความชื้นดินเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 20-40 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรและในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร การลดลงของความชื้นจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ และค่อนข้างคงที่ในฤดูแล้ง บริเวณที่มีความแปรผันของความชื้นดินมากที่สุด คือ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร ในฤดูแล้งความชื้นในดินส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นบริเวณส่วนล่างความลาดชัน ที่ระดับความลึก 60-90 และ 90-120 เซนติเมตร มีปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ปริมาณความชื้นในดินที่ต่ำสุด คือ 0.6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบที่บริเวณส่วนบนของความลาดชันเนื่องจากมีปริมาณการรับแสงยาวนานกว่าที่อื่นๆ และยังพบอีกว่าปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความชื้นในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณอนุภาคดินเหนียว และบริเวณที่ตั้งของพื้นที่

จากการศึกษาของรัชนิวรรณ (2547) ทำการศึกษาความผันแปรความชื้นในดินบริเวณไร่มันสำปะหลัง โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometer) ทำการวัดปริมาณความชื้นในดินทุกวันตั้งแต่วันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2546 ที่ระดับความลึกผิวดิน 0-5, 20-60, 60-100 และ 160-220 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อศึกษาความผันแปรของความชื้นในดินในแต่ละระดับความลึกจากผิวดินเป็นรายวัน รายเดือน และในแต่ละช่วงฤดูกาลเพาะปลูกมันสำปะหลังและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของดินกับค่าการคายระเหยน้ำที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Bowen Ratio ได้ผลการศึกษา พบว่า ความชื้นในดินเฉลี่ยรายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 40.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรในเดือนกันยายน และต่ำสุด 18.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรในเดือนกุมภาพันธ์ บริเวณที่มีความผันแปรความชื้นของดินมากที่สุดได้แก่ที่ระดับความลึก 0-5 และ 5-20 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยความชื้นในดินช่วงเก็บเกี่ยวมีปริมาณความชื้นในดินต่ำที่สุด ส่วนความสามารถเก็บกักน้ำของดินพบว่า ความชื้นของดินที่ความจุความชื้นสนามมีค่าเฉลี่ย 32.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จุดเหี่ยวถาวรมีค่าเฉลี่ย 27.9 เปอร์เซ็นต์โดย

ปริมาตรปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ที่ดินเก็บเอาไว้เพียงพอสำหรับพืชอยู่ในชั้นดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-20 เซนติเมตร

## ลักษณะพื้นที่ศึกษา

### 1. ที่ตั้ง

พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าสาว ตั้งอยู่ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำยางโทน หน่วยที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี ครอบคลุมพื้นที่บ้านห้วยกบ ตำบลเลยวังคะ อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี จากแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร ชุด L7017 หมายเลขระวาง 4639II อยู่ในพิกัดภูมิศาสตร์ 431771 ถึง 431779 และ 1684083 ถึง 1685568 ลักษณะลำน้ำไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ โดยไหลลงสู่แม่น้ำของกาเลีย ซึ่งจะไหลลงไปสู่เขื่อนเขาแหลม มีจุดสูงสุด 300 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง และจุดต่ำสุด 220 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง มีพื้นที่รวมกันทั้งสิ้นโดยประมาณ 635 ไร่ ดังแสดงในภาพที่ 1

### 2. ลักษณะทางธรณีวิทยา

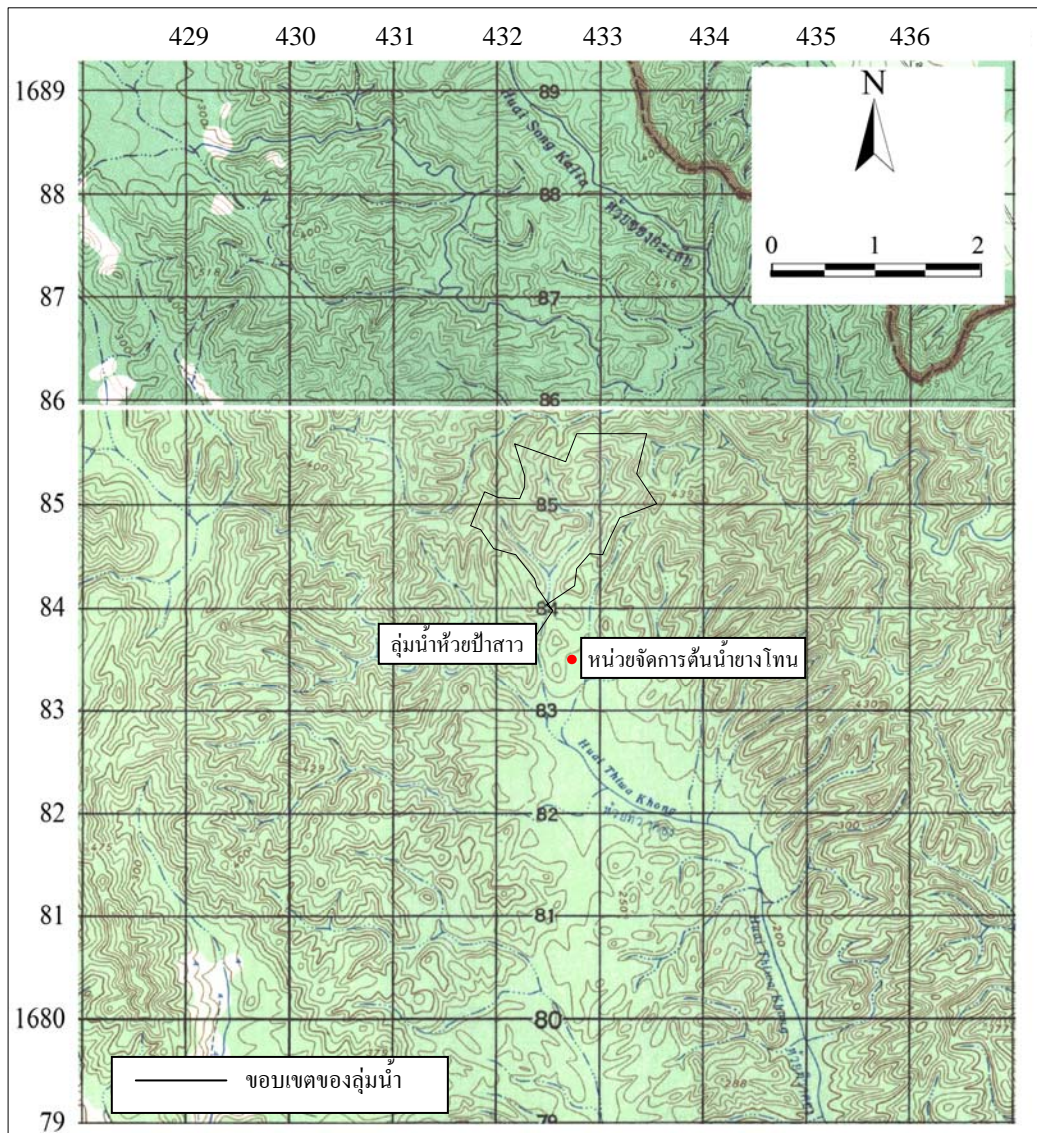
จากข้อมูลโครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ จังหวัดกาญจนบุรี พ.ศ. 2542 พบว่า ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาประกอบด้วยหินชั้นและหินแปร ในชุดคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน ได้แก่ หินชุดราชบุรี และกาญจนบุรี ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูนชนิดที่เป็นผลึกสีเทาอ่อน และหินชุดกำแพงแสน

### 3. ลักษณะดิน

ดินมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy clay loam) และดินเหนียว (clay) มีสีน้ำตาลปนจนถึงแดงเข้ม เป็นดิน reddish brown lateritic soil

### 4. ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศ อยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical Savanah, “AW” ตามระบบ KOPPEN) มีอากาศแห้งแล้งในฤดูหนาว ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีลักษณะอากาศแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดจากทะเลอันดามันทำให้ช่วงระยะเวลานี้มีฝนตกชุก อากาศมีความชื้นสูง มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย



ภาพที่ 1 ขอบเขตของกลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

ที่มา: แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ชุด L7017 หมายเลขระวาง 4639II  
จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร

2352.2 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งลักษณะอากาศแบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาลโดยประมาณ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้เป็นช่วงของลมฝ่ายใต้พัดปกคลุมทำให้อากาศร้อนอบอ้าวทั่วไปและร้อนจัดในเดือนเมษายน

ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงที่ยาวนานที่สุดที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียพัดพาความชื้นมาปกคลุมประเทศไทย ทำให้เกิดฝนตกทั่วไปและมีปริมาณฝนมากในเดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนจะมีมากขึ้นตามความสูงของภูมิประเทศ

ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องมาจากโลกหันเอาซีกโลกใต้เข้ารับแสงดวงอาทิตย์ทำให้ความกดอากาศสูงจากประเทศจีนพัดพาความหนาวเย็นและแห้งแล้งมาปกคลุม เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณตอนเหนือของจังหวัดจึงมีผลทำให้มีความหนาวเย็นมากกว่าบริเวณอื่น

## 5. ลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ศึกษา

ลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาเนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าสาวอยู่ในพื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2545 ไม้ที่พบได้แก่ ไม้ไผ่ (Gigantochloa albociliata Munro.) ไม้บงคำ (Bambusa tuida Roxb.) รั้ง (Shorea siamensis Mpq.) แดง (Xylia xylocarpa) ตะเคียนทอง (Hopea odolata Roxb.) และไม้ในสกุล Shorea ดังแสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะอากาศของสถานีตรวจอากาศของผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เฉลี่ยในระยะเวลา 30 ปี พ.ศ. 2518-2537)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	จำนวนวันที่ฝนตก (มม.)	อุณหภูมิ(°ซ)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	การระเหยน้ำ (มม.)
			สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย		
มกราคม	3.2	1	32.3	15.8**	24.7	76.0	137.7
กุมภาพันธ์	13.5	2	34.4	17.4	26.0	71.0	145.1
มีนาคม	66.9	5	36.5	20.0	28.7	68.0	208.3
เมษายน	62.1	7	36.7*	22.5	29.9	73.0	224.4
พฤษภาคม	341.1	17	33.8	23.6	28.4	83.0	199.5
มิถุนายน	375.3	25	30.8	23.4	26.9	88.0	155.5
กรกฎาคม	526.9	25	30.3	23.0	26.4	89.0	164.5
สิงหาคม	471.0	28	29.9	22.9	26.0	90.0	156.8
กันยายน	343.2	23	31.2	22.8	26.5	89.0	141.2
ตุลาคม	127.5	16	31.7	22.2	26.1	87.0	125.4
พฤศจิกายน	18.3	4	31.1	19.4	24.7	83.0	131.7
ธันวาคม	3.5	1	30.1	15.9	23.0	80.0	144.3
รวม	2352.2	156	-	-	-	-	-
เฉลี่ย	196.01	13	32.5	20.7	26.5	83.3	82.4

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2548)

\* สูงสุดที่เคยวัดได้

\*\* ต่ำสุดที่เคยวัดได้



ภาพที่ 2 ลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. อุปกรณ์การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.1 แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร ชุด L7017 หมายเลขระวาง 4639II

1.2 เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างดิน (disturbed and undisturbed soil samples) ได้แก่ soil core, ค้อนพลาสติก, พลั่วสำหรับขุดดิน, ถังพลาสติก, ป้ายขาว และอื่นๆ

1.3 สมุดเทียบสีดิน (Munsell soil color charts)

1.4 ชุดตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH soil test Kit)

1.5 ไม้วัดระดับน้ำท่า (staff gage)

1.6 เครื่องวัดความชื้นในดินแบบแบ่งวัดความต้านทาน (electric resistance block)

#### 2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

2.1 ตู้อบตัวอย่างดิน

2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.3 อุปกรณ์วัดความสามารถในการนำน้ำของดิน

2.4 ตะแกรงสำหรับร่อนดินเบอร์ 4, 10, 40 และ 200

2.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ในการคำนวณข้อมูล

## วิธีการ

### 1. การเลือกพื้นที่

การศึกษาความผันแปรของความชื้นในดินตลิ่งภายในลำน้ำที่มีน้ำไหลช่วงฤดูฝน (intermittent stream) เป็นตัวแทน 4 ลำน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด อยู่ในลุ่มน้ำห้วยป่าสาว ตำบลวังกะ อำเภอสงขลาบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ริมลำห้วยป่าสาวที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (check dam) 3 ลำน้ำตัวอย่าง (CK1, CK2 และ CK3) กับพื้นที่ริมลำห้วยป่าสาวไม่มีฝายชะลอการไหลของน้ำท่า 1 ลำน้ำ (NCK) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3 และภาพที่ 4

จุดเก็บตัวอย่างความชื้นดินริมตลิ่งจะวางในลักษณะตำแหน่งกระจายออกทางด้านข้างและทางด้านตอนบนของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าในลักษณะตารางโดยมีระยะห่าง  $1 \times 1$  เมตร และห่างจากบริเวณที่น้ำท่วมถึงในแปลงที่มีฝายชะลอการไหลของน้ำท่าประมาณ 1 เมตร โดยแปลงที่ไม่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่าจะใช้ระยะห่างจากลำน้ำอ้างอิงที่ระยะเดียวกับแปลงที่มีฝาย ในแปลงที่มีฝาย 1 แปลงจะมี จุดเก็บตัวอย่าง 18 จุดแต่ละจุดแบ่งเป็น 4 ชั้นความลึก รูปแบบการจัดวางจุดเก็บตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5

### 2. การเก็บตัวอย่าง

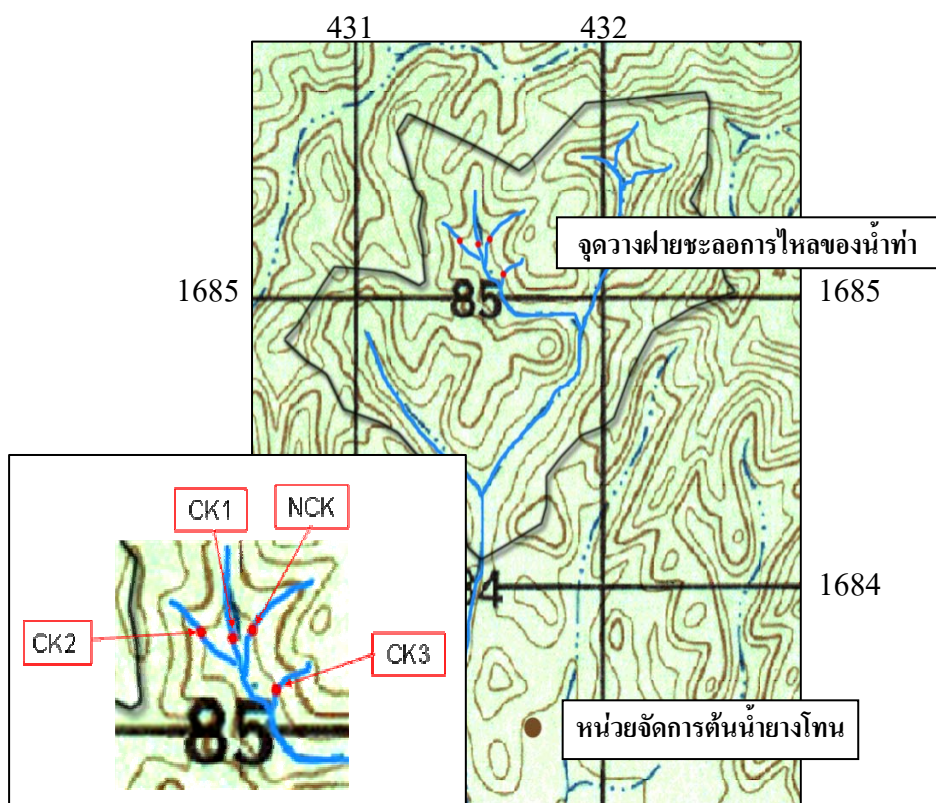
แบ่งการเก็บตัวอย่างดินออกได้ 2 วิธี คือ

2.1 ตัวอย่างแบบทำลายโครงสร้าง (disturbed soil) เก็บโดยใช้พลั่วขุดดินตามระดับความลึก 5, 30, 60, และ 80 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยเก็บดินตัวอย่างในบริเวณริมลำห้วยป่าสาวมาศึกษาสมบัติของดิน และเพื่อสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่า (calibration curve)

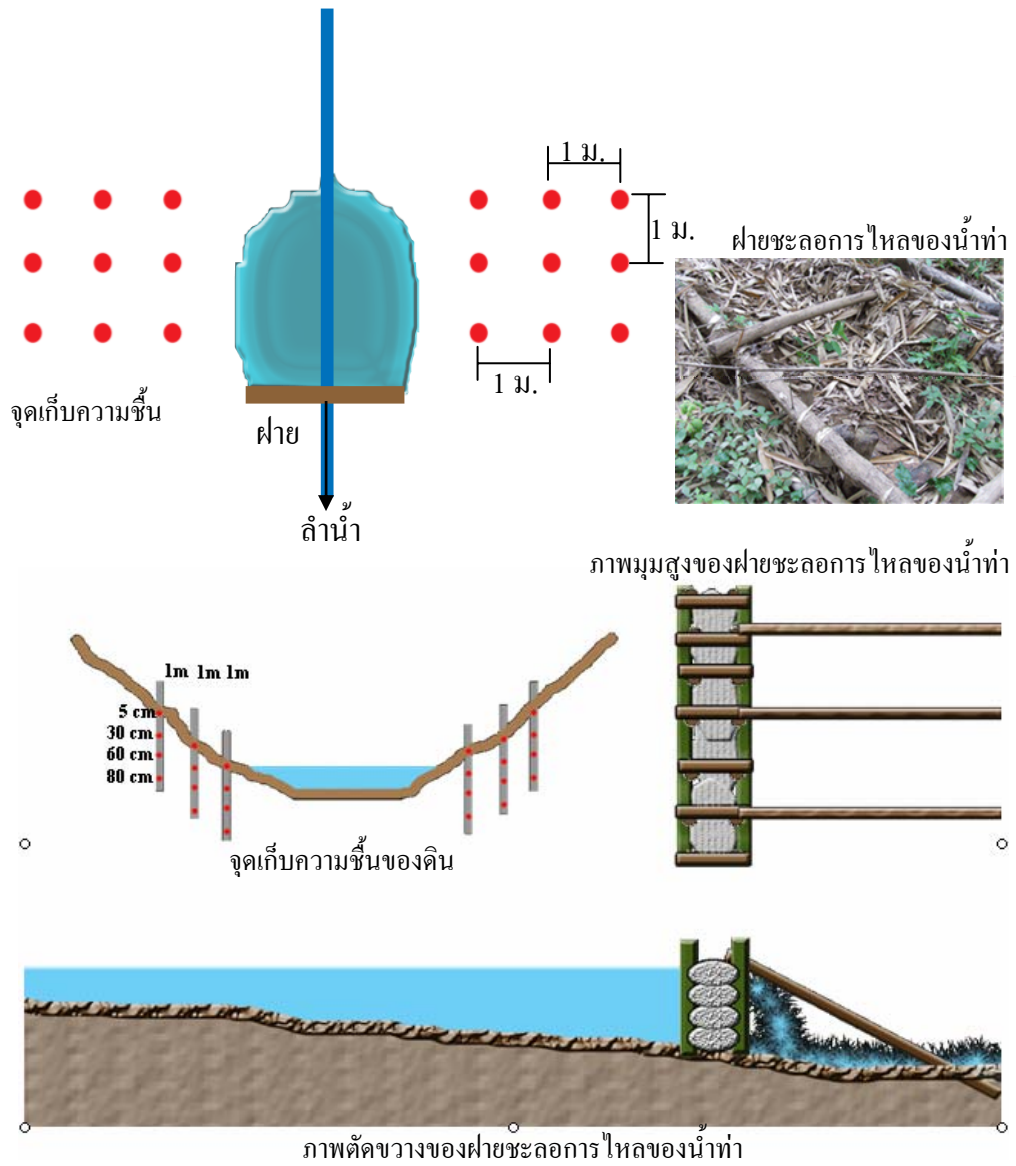
2.2 เก็บตัวอย่างแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) โดยใช้ soil core เจาะลงไปดินแต่ละระดับความลึกของดิน



ภาพที่ 3 ลำห้วยที่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (CK1, CK2, และ CK3) และลำห้วยที่ไม่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (NCK) ในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 4 ตำแหน่งของฝายชะลอการไหลของน้ำท่าและจุดเก็บตัวอย่างเพื่อวัดความชื้นของดิน กลุ่มน้ำ  
ห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 5 ตำแหน่งจุดเก็บความชื้นของดินในฝายชะลอการไหลของน้ำท่า

2.3 ศึกษาความชื้นของดินโดยใช้แท่งวัดความต้านทาน ประยุกต์มาจากวิธีการของ ชลาทร (2546) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก. ทำการวัดความต้านทานในแต่ละระดับโดยใช้เครื่องมือเจาะดิน ลงไปในระดับความลึกที่ต้องการ ได้แก่ ที่ระดับความลึก 5, 30, 60 และ 80 เซนติเมตรโดยทำการ เก็บข้อมูลทุกๆ 5 วัน ตั้งแต่เดือน กันยายน พ.ศ. 2548-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549

### 3. การเก็บข้อมูล

3.1 ปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture) วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างดินมาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง คำนวณหาความชื้นดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธีการ Gravimetric method

3.2 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) คำนวณจากสูตร

$$BD = Ms/Vt$$

โดย  $Ms$  = มวลของเม็ดดินขณะที่ดินแห้งสนิท (กรัม)  
 $Vt$  = ปริมาตรทั้งหมด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.3 ความพรุน (Porosity) (เปอร์เซ็นต์) คำนวณมาจากความหนาแน่นของอนุภาคดิน

$$Porosity = (Va/Vt) \times 100$$

โดย  $Va$  = ปริมาตรของช่องว่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.4 สัมประสิทธิ์ความชื้นได้ของน้ำในดิน ใช้วิธี Variable head หรือ Falling head peameameter ซึ่งปล่อยให้ น้ำไหลผ่านดินตัวอย่างจับเวลาเมื่อระดับน้ำลดลงไปถึงจุดๆหนึ่งและแล้วนำมาแปลงค่าคำนวณสัมประสิทธิ์ความชื้นได้ของน้ำในดิน

3.5 การกระจายของอนุภาคต่างๆ ในดิน โดยใช้วิธีการร่อนในตะแกรงสำหรับดินเม็ดหยาบ (Sieve หรือ Mechanical Method) และใช้วิธีตกตะกอนสำหรับดินเม็ดละเอียด (Hydrometer method)

#### 4. การสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่า (calibration curve)

การหาความชื้นจากเครื่องมือแท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block) จำเป็นต้องใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดิน กับค่าความต้านทานที่อ่านได้จากการวัด การหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน (resistance) กับความชื้นของดินในแปลงตัวอย่างได้แก่ CK1, CK2, CK3 และ NCK ที่ระดับความลึก 5, 30, 60, 80 เซนติเมตร สามารถทำได้ดังนี้

4.1 เก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้างมาทำให้อืดตัวด้วยความชื้น

4.2 นำเครื่องมือวัดความชื้นแบบแท่งวัดความต้านทานวัดทุกๆ วัน

4.3 นำดินไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง

4.4 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ขึ้นมาโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม) และความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)

4.5 ในการสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนนี้จะตัดข้อมูลสุดท้ายที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักของดินเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรออกเนื่องจากจะทำให้การสร้างสมการมีข้อจำกัดและทำให้เกิดความผิดพลาดในการแปลงข้อมูล

4.6 นำค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม) ไปแทนในสมการเพื่อหาค่าหาความชื้นของดิน โดยใช้สมการในรูปแบบสมการเส้นโค้งแบบลอกกาฬิทิม (Birgitte, 2001) จากการวัดความชื้นในดิน

### สถานที่และระยะเวลาทำการศึกษา

ทำการศึกษาความแปรผันความชื้นของดินตลิ่งลำห้วยป่าสาวเริ่มในฤดูที่มีการไหลของน้ำท่าในลำน้ำ เป็นระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2548 ถึงสิ้นสุดการไหลของน้ำท่าวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 รวมระยะเวลา 6 เดือน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

## ผลและวิจารณ์

การศึกษาความผันแปรความชื้นของดินตลิ่งในบริเวณห้วยป่าสาวที่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ปลายช่วงฤดูฝนวันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2548 ถึงสิ้นสุดการไหลของน้ำท่า ในช่วงฤดูแล้ง วันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 ได้ผลดังนี้

### 1. สภาพภูมิอากาศ

สภาพอากาศในบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำยางโทนหน่วยที่ 2 ในช่วงเวลาเก็บข้อมูล ได้ผลดังตารางที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตก ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดตลอด 6 เดือนมีค่าเท่ากับ 673 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 380 มิลลิเมตรในเดือนตุลาคม 2548 ในเดือนมกราคม 2549 ไม่มีฝนตกเลย เดือนที่มีวันที่ฝนตกสูงสุด ได้แก่ เดือนกันยายน 2548 และตุลาคม 2548 มีวันที่ฝนตก 22 วัน

1.2 อุณหภูมิ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดเท่ากับ 34.1 องศาเซลเซียสใน อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดเท่ากับ 19.8 องศาเซลเซียส ในเดือนกุมภาพันธ์ 2549

1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ในระดับสูง คือ ประมาณ 90.6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดในเดือนธันวาคม 2548 เท่ากับ 91.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 เท่ากับ 90.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศในบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำยางโทนหน่วยที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี  
(1 กันยายน 2548-30 กุมภาพันธ์ 2549)

เดือน	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	จำนวนวันที่ ฝนตก (มม.)	อุณหภูมิ (°ซ)		ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	การระเหยน้ำ (มม.)
			สูงสุด	ต่ำสุด		
กันยายน	180	22	29.6	22.1	91.0	102.1
ตุลาคม	380	22	31.5	21.0	91.0	120.5
พฤศจิกายน	109	3	32.9	22.7	90.6	110.4
ธันวาคม	2	2	33.3	22.1	91.5	130.0
มกราคม	0	0	33.5	20.0	90.0	133.6
กุมภาพันธ์	1	1	34.1	19.8	90.0	170.5
รวม	673	50	-	-	-	767.2
เฉลี่ย	112.3	8.33	32.5	21.2	90.6	127.8

1.4 การระเหยน้ำ มีปริมาณการระเหยน้ำทั้งหมด 767.2 มิลลิเมตร โดยเดือนกุมภาพันธ์ 2549 มีปริมาณการระเหยน้ำสูงสุด 170.5 มิลลิเมตร ส่วนเดือนกันยายน 254 มีปริมาณการระเหยน้ำต่ำสุด 102.1 มิลลิเมตร

## 2. สมบัติทางประการของดิน

การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะบางประการของดินตลิ่ง ได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุน และสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัว ในพื้นที่ฝายตัวอย่าง จำนวน 3 ฝาย 3 จุด และพื้นที่อ้างอิงที่ไม่มีฝายอีก 1 จุดกำหนดสัญลักษณ์เป็น CK1, CK2, CK3, และ NCK ตามลำดับปรากฏผลได้ดังนี้

### 2.1 เนื้อดิน

จากการศึกษาเนื้อดินในบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ CK1, CK2, CK3, และ NCK พบว่า ลักษณะเนื้อดินบน ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตรเป็นดินร่วนทราย (clay loam) ทั้ง 4 แห่ง และที่ระดับความลึก 5-30 และ 30-60 เซนติเมตรเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตรเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ยกเว้นจุดเก็บ CK2 ที่เป็นดินทรายร่วน (sandy loam) ดังแสดงในตารางที่ 3

สรุปว่าแนวโน้มน้ำทั้ง 4 จุดมีค่าเหมือนกันดังนี้ อนุภาคทราย CK2, CK3 และ NCK มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกจากผิวดิน ยกเว้นที่ระดับ 60-80 เซนติเมตร ของ CK2 อนุภาคทรายมีแนวโน้มลดลงมาก และ CK3 มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย สำหรับ CK1 อนุภาคทรายมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกเล็กน้อย ยกเว้นที่ระดับความลึก 30-60 และ 60-80 เซนติเมตร มีค่าคงที่ อนุภาคทรายแป้ง CK2, CK3 และ NCK มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของดิน ยกเว้นที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร ของ CK2 อนุภาคทรายแป้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก สำหรับ CK1 อนุภาคทรายแป้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกเล็กน้อย ยกเว้นที่ระดับความลึก 30-60 และ 60-80 เซนติเมตร มีแนวโน้มคงที่ สำหรับอนุภาคดินเหนียวทั้ง 4 จุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกจากผิวดิน ยกเว้นที่ระดับความลึก 30-60 และ 60-80 เซนติเมตร ของ CK1 อนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มคงที่ และ ที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร อนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มลดลง อนุภาคทรายมีเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของดิน

**ตารางที่ 3** สมบัติทางประการของดินที่ระดับความลึกต่างๆในบริเวณจุดเก็บความชื้นของดิน ลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

จุดเก็บ ความชื้นดิน	ความลึก (ซม.)	ขนาดอนุภาค(%)			เนื้อดิน	ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม.)	ความพรุน (%)	สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดิน อิ่มตัวด้วยน้ำ (เซนติเมตร/วินาที)
		ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว				
CK1	5	59	24	17	SL	1.11	57.58	16.75x10 <sup>-2</sup>
	30	49	26	25	SCL	1.24	53.41	9.50x10 <sup>-2</sup>
	60	49	26	25	SCL	1.02	60.30	10.20x10 <sup>-2</sup>
	80	49	26	25	SCL	1.33	50.19	8.85x10 <sup>-2</sup>
CK2	5	52	29	19	SL	1.03	60.15	34.85x10 <sup>-2</sup>
	30	54	18	28	SCL	1.15	56.50	10.27x10 <sup>-2</sup>
	60	57	13	30	SCL	1.14	56.98	20.4x10 <sup>-2</sup>
	80	41	20	39	CL	1.33	50.19	3.06x10 <sup>-2</sup>
CK3	5	52	30	18	SL	1.07	59.55	28.33x10 <sup>-2</sup>
	30	45	26	29	SCL	1.21	54.00	10.23x10 <sup>-2</sup>
	60	58	19	23	SCL	1.15	56.50	14.98x10 <sup>-2</sup>
	80	56	13	31	SCL	1.20	54.05	9.96x10 <sup>-2</sup>
NCK	5	50	31	19	SL	1.08	59.50	32.64x10 <sup>-2</sup>
	30	53	23	24	SCL	1.11	57.58	15.00x10 <sup>-2</sup>
	60	54	18	28	SCL	1.14	56.98	10.70x10 <sup>-2</sup>
	80	57	13	30	SCL	1.43	44.21	9.2x10 <sup>-2</sup>

หมายเหตุ SL=sandy loam, SCL= sandy clay loam, CL= clay loam

ซึ่งแปรผันตรงกับอนุภาคดินเหนียวที่เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของดิน เนื่องมาจากในบริเวณริมตลิ่งจะมีความลึกของชั้นดินที่ค่อนข้างน้อย ทำให้ชั้นดินที่เป็นชั้นผุพังของหินอยู่ตื้น ทำให้มีปริมาณทรายเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกจากผิวดิน

## 2.2 ความหนาแน่นรวม

จากการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นรวมของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา CK1, CK2, CK3, NCK ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 และภาพที่ 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 1.21-1.23, 1.09-1.33, 1.10-1.20 และ 1.08-1.43 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ยกเว้น CK1 ที่ลดลงที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร แต่เมื่อพิจารณาจะพบว่า โดยรวมความหนาแน่นยังมีการกระจายในลักษณะเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน เนื่องจากดินชั้นล่างต้องคอยรับน้ำหนักของดินชั้นบน ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณดินเหนียวตามระดับความลึกของดินจึงทำให้มีความหนาแน่นรวมมีค่าสูงตามไปด้วย

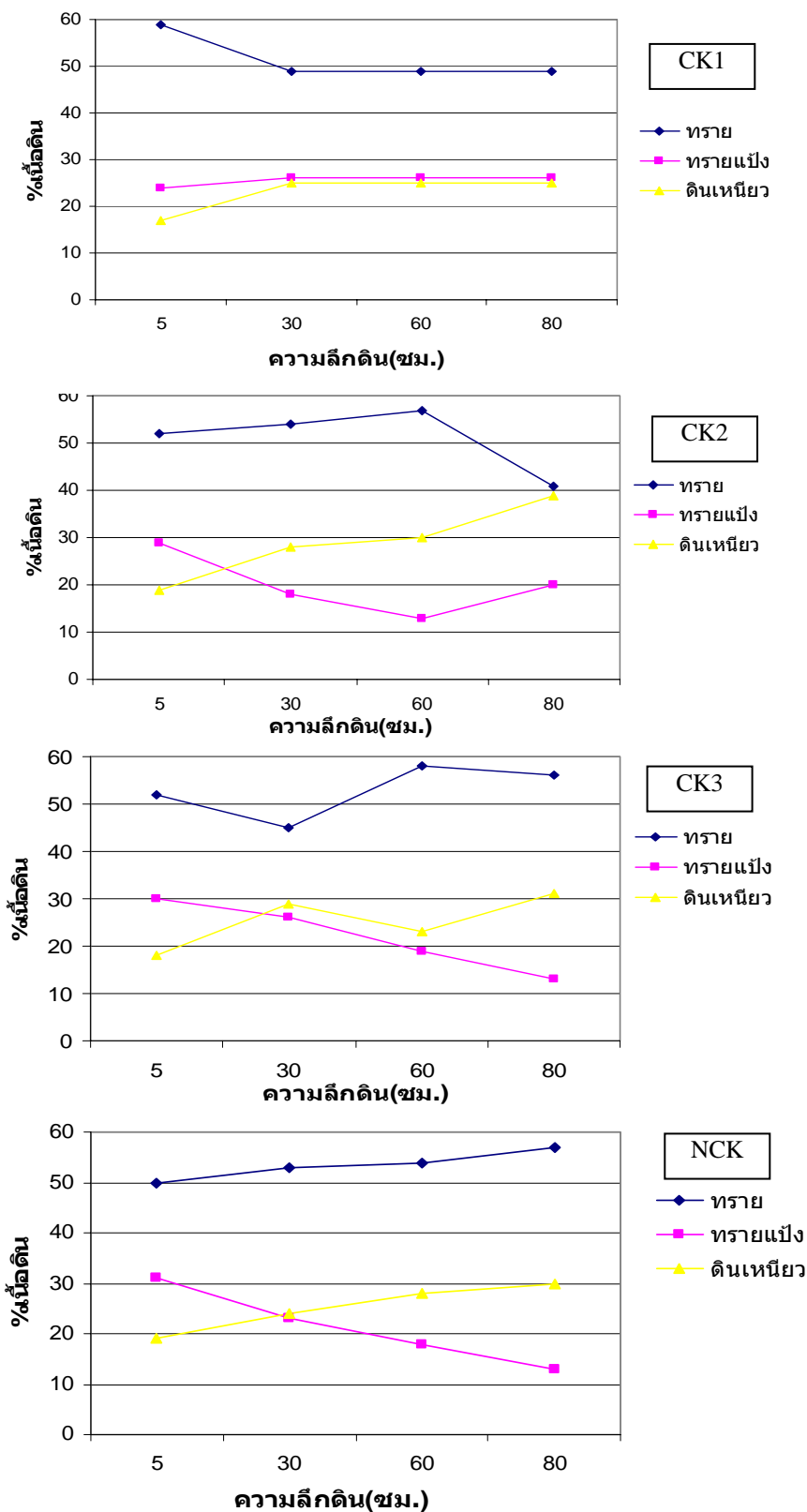
## 2.3 ความพรุน

จากการศึกษาพบว่า ความพรุนของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา CK1, CK2, CK3, NCK ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 53.41-60.30, 56.50-60.15, 54.00-59.55 และ 44.21-59.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกัน คือ ลดลงตามระดับความลึกของดิน ยกเว้นที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าความพรุนรวมทั้ง 4 แปลงจะเห็นว่าไม่ต่างกันมากนัก ยกเว้นที่ระดับความลึก 80 เซนติเมตรที่มีความพรุนรวมค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีเศษก้อนกรวดปะปนอยู่มากทำให้มีความพรุนลดลง

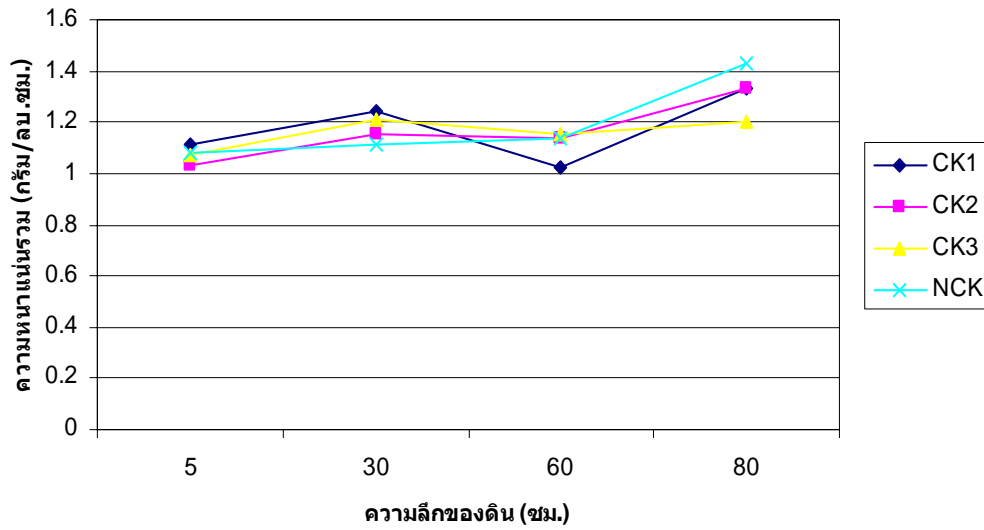
## 2.4 สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นค่าที่แสดงถึงศักยภาพสูงสุดเมื่อมีการนำน้ำผ่านช่องว่างของดินที่ผิวดินจะเป็นตัวกำหนดถึงปริมาณการแทรกซึมของน้ำผ่านผิวดินเข้าไปเก็บในหน้าตัดผิวดินและสามารถประเมินเบื้องต้นได้ว่า น้ำไหลผ่านหน้าดินจะเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนึ่งๆ มีปริมาณเท่าไร (กุ่มท, 2529) และจากผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวในบริเวณลำห้วยป่าสาว ใน 4 ระดับความลึกของดิน คือ 5, 30, 60, 80 เซนติเมตร พบว่า CK1 และ

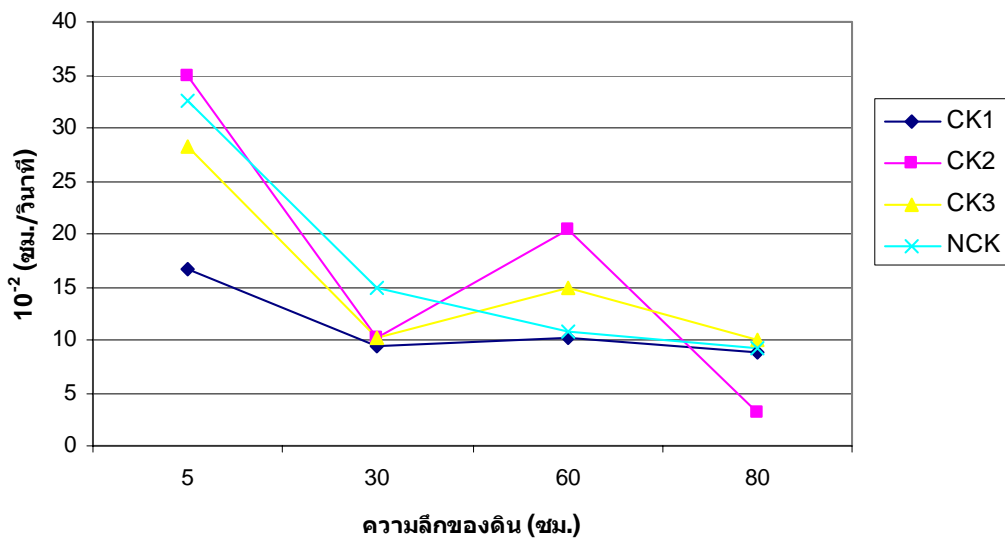
NCK มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ส่วน CK2 และ CK3 มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ยกเว้น ที่ความลึก 60 เซนติเมตรมีค่าสูงขึ้น โดยที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร CK2 มีสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำสูงที่สุดเท่ากับ  $34.85 \times 10^{-2}$  เซนติเมตรต่อวินาที รองลงมา คือ NCK, CK3 และ CK1 ตามลำดับ โดยมีสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำเท่ากับ  $32.64 \times 10^{-2}$ ,  $28.33 \times 10^{-2}$ ,  $16.75 \times 10^{-2}$  เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ



ภาพที่ 6 การกระจายของขนาดอนุภาคดินตามความลึกในพื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 7 การกระจายความหนาแน่นรวมของดินตามความลึก



ภาพที่ 8 สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $K_s$ ) ตามระดับความลึกของดิน

### 3. ความผันแปรความชื้นของดินตามระดับความลึก

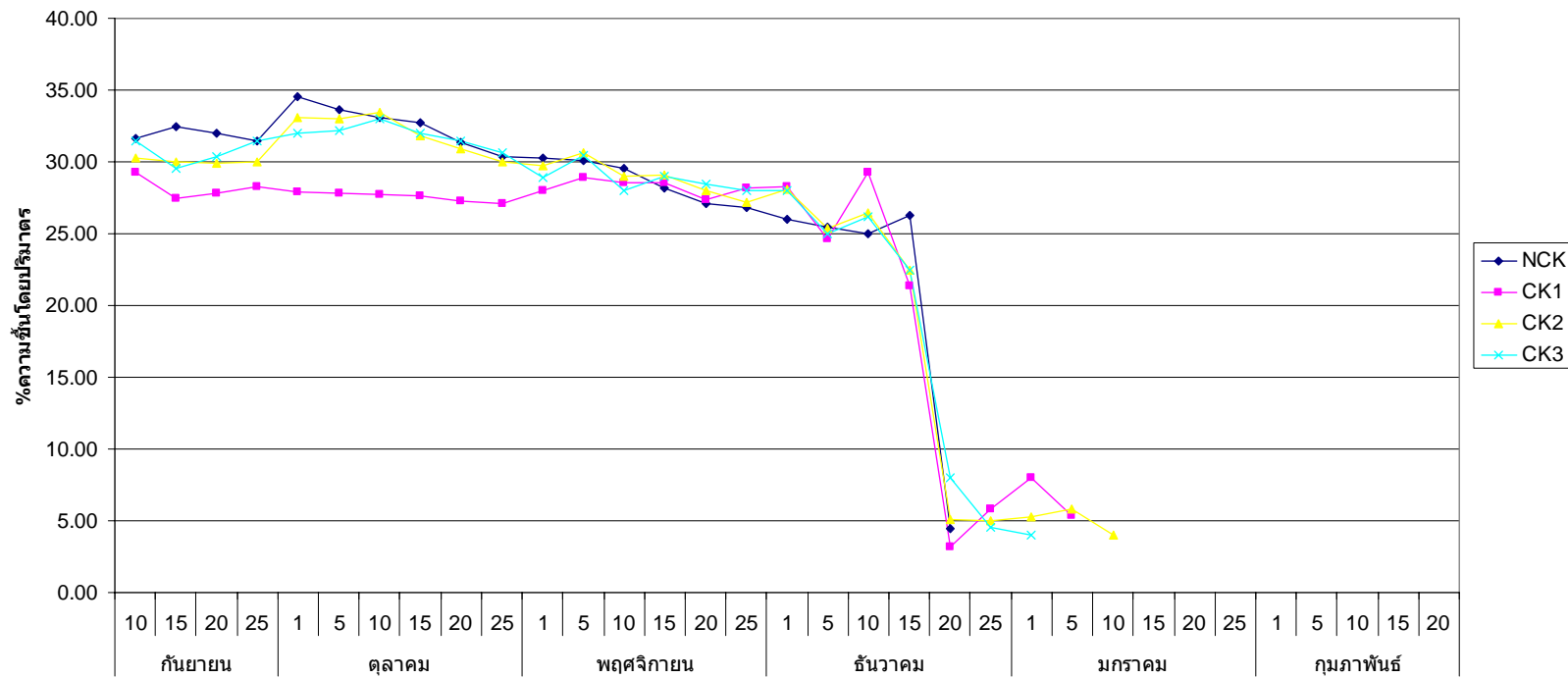
การศึกษาความผันแปรความชื้นของดินตลิ่งในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ ใช้แท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block) ทำการวัดความชื้นในดินระดับความลึกจากผิวดิน 4 ระดับ คือ 5, 30, 60 และ 80 เซนติเมตร ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2548 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 ได้ผลดังตารางที่ 4 ซึ่งอธิบายได้โดยผลการวัดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) มีดังนี้

#### 3.1 ระดับความลึกจากผิวดิน 5 เซนติเมตร

ความแปรผันความชื้นของดินที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร พบว่า ในช่วงเดือนกันยายน 2548 ถึงกลางเดือนธันวาคม 2548 ความชื้นของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 22.61-34.74 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เนื่องจากมีฝนตกลงมาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีผลกับความชื้นที่ระดับผิวดินโดยตรงซึ่งทำให้ความชื้นมีค่าที่สูง และมีความใกล้เคียงกันทั้งลำห้วยที่มีฝาย และไม่มีฝาย ช่วงกลางเดือนธันวาคม 2548 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้งความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือประมาณ 3.46-7.50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยในลำห้วยที่ไม่มีฝาย พบว่าเมื่อฝนหยุดตกความชื้นก็ลดต่ำลงไปทันทีจนค่าสุดท้ายที่วัดได้เท่ากับ 4.14 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรในเดือนธันวาคม 2548 เมื่อเปรียบเทียบกับลำห้วยที่มีการสร้างฝาย จะยังมีความชื้นเหลืออยู่จนถึงกลางเดือน มกราคม 2549 ดังภาพที่ 9 ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ซึ่งทำให้ได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำใต้ดินที่ยังสูงเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้งจนกลางเดือนมกราคม 2549 ดังภาพที่ 9

#### 3.2 ระดับความลึกจากผิวดิน 30 เซนติเมตร

ความผันแปรความชื้นของดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร พบว่า ในเดือนกันยายน 2548 ถึงกลางเดือนธันวาคม 2548 ความชื้นของดินมีค่าที่สูงและมีแนวโน้มคงที่ มีค่าอยู่ระหว่าง 34.00-42.25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร กลางเดือนธันวาคม 2548 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ความชื้นของดินจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนมีค่าอยู่ระหว่าง 11.00-17.23 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เนื่องจากมีดินชั้นบนปกป้องความชื้นอยู่ และบริเวณชั้นของดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินย่อมได้รับความชื้น



ภาพที่ 9 ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 5 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสว่างชลบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

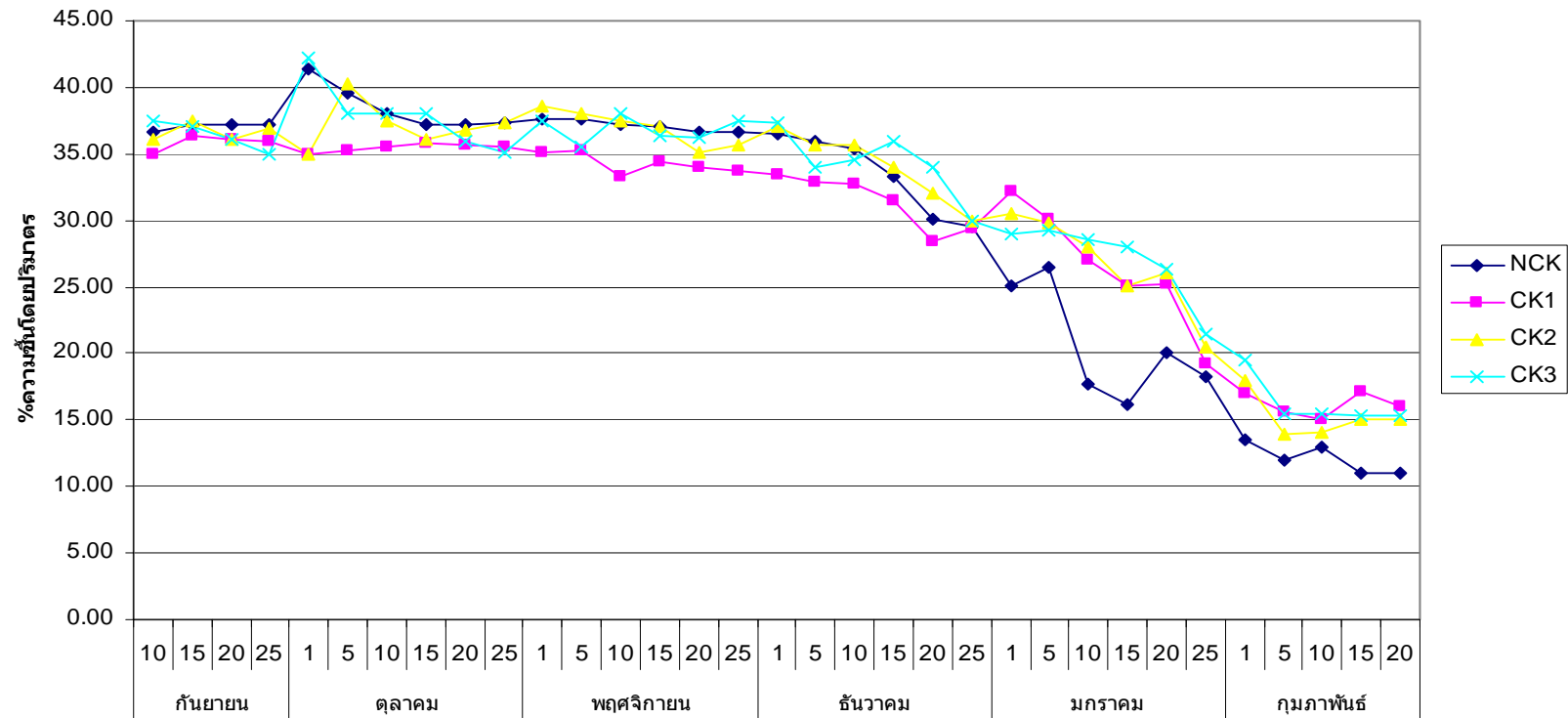
จากน้ำใต้ดิน ทำให้น้ำสามารถซึมขึ้นตามรูพรุนสูงขึ้นมาในแนวตั้งได้และสูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน (วิชา, 2535) ส่วนความชื้นในลำห้วยที่ไม่มีฝายจะค่าความชื้นน้อยกว่าเล็กน้อย ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในลำห้วยที่ไม่มีการสร้างฝาย น้ำทำในลำธารจะไหลลงไปสู่ปลายน้ำไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งต่างกับลำห้วยที่มีการสร้างฝาย น้ำทำบางส่วนจะถูกฝาย และดินที่ตกตะกอน อยู่ในฝายชะลอไว้ ทำให้กระจายความชื้นออกไปทั้งสองข้างตลิ่ง ดังภาพที่ 10

### 3.3 ระดับความลึกจากผิวดิน 60 เซนติเมตร

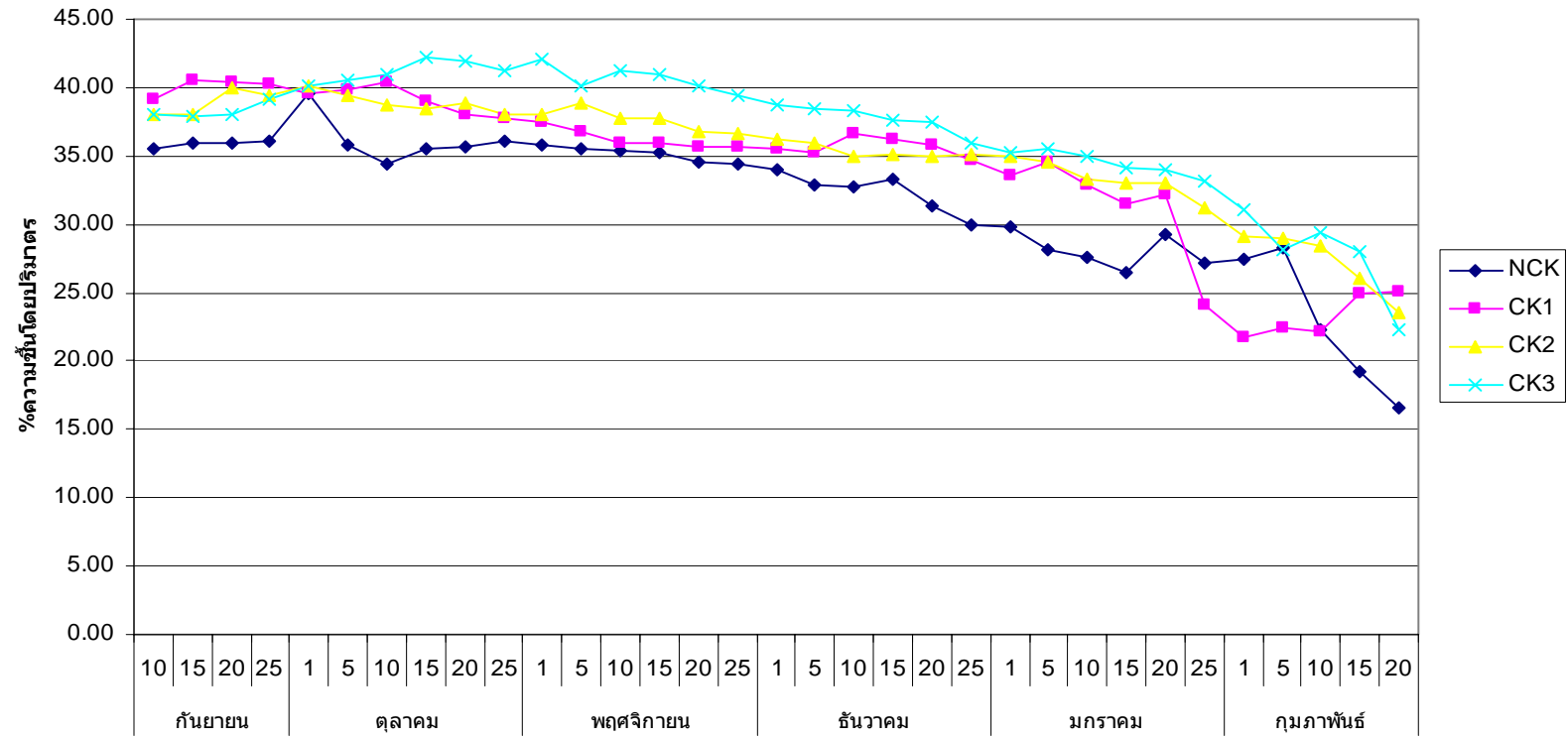
ความผันแปรความชื้นของดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร พบว่า ในเดือนกันยายน 2548 ถึงต้นเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน ความชื้นของดินมีค่าที่สูงและมีแนวโน้มคงที่มีค่าอยู่ระหว่าง 34.58-42.64 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดย ความชื้นในลำห้วยที่มีฝายจะมีความชื้นมากกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝายเล็กน้อย ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องการสร้างฝายทำให้ระดับน้ำในบริเวณตลิ่งของลำห้วยสูงขึ้น ทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นด้วย จึงมีผลกับความชื้นที่ระดับนี้ด้วย กลางเดือนธันวาคม 2548 ถึง กุมภาพันธ์ 2549 ความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆจนมีค่าระหว่าง 16.00-25.00 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยในลำห้วยที่ไม่มีฝายจะมีความชื้นน้อยกว่าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แสดงให้เห็นว่าการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำทำสามารถเพิ่มระดับความชื้นในดินในระดับความลึก 60 เซนติเมตรได้ทั้งช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง ดังภาพที่ 11

### 3.4 ระดับความลึกจากผิวดิน 80 เซนติเมตร

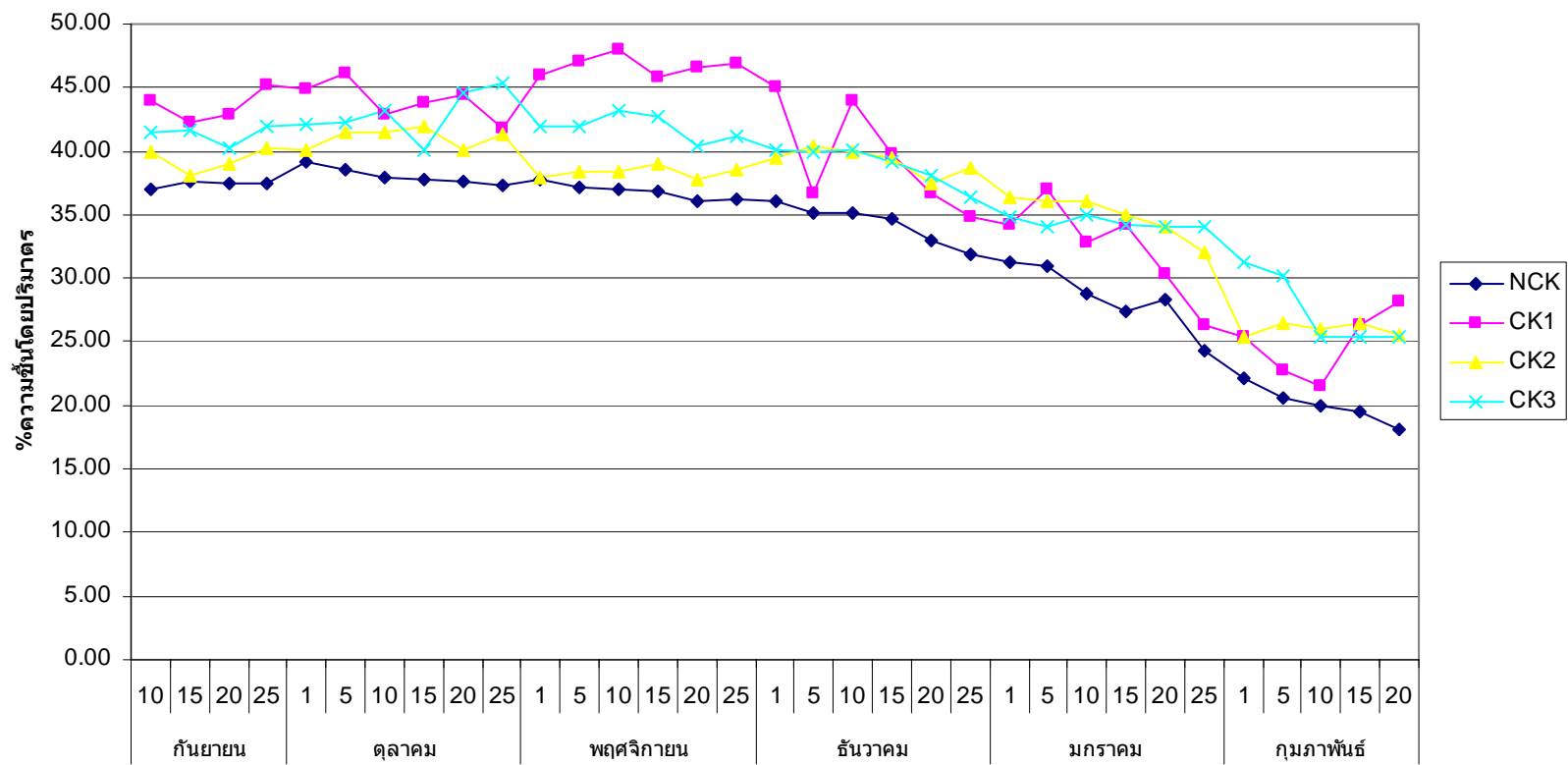
ความผันแปรความชื้นของดินที่ระดับความลึก 80 เซนติเมตร พบว่า ในเดือน กันยายน 2548ถึงถึงต้นเดือนธันวาคม 2548 มีความชื้นของดินที่สูง ทั้งในลำห้วยที่มีฝาย และไม่มีฝาย โดยมี ความชื้นอยู่ระหว่าง 36.12-48.00 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเนื่องจากระดับความลึกนี้อยู่ใกล้ระดับน้ำใต้ดินมากหลังจากต้นเดือนธันวาคม 2548 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2549 ความชื้นของดินจะลดลงอย่างช้าๆ จนมีความชื้นประมาณ 18.00-26.16 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งสังเกตได้ว่าความชื้นของดินในลำห้วยที่มีฝาย จะมีค่ามากกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝายตลอดระยะเวลาที่ศึกษา โดยในฤดูฝนจะสูงกว่าประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ และจะเพิ่มขึ้นเป็น 5-6 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฤดูแล้ง ในเดือนกุมภาพันธ์ 2548 พบว่า ความชื้นของดินของลำห้วยที่ไม่มีฝาย ยังมีแนวโน้มลดลงอยู่จนมีค่าความชื้น 18.00 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในขณะที่ลำห้วยที่มีการสร้างฝายพบว่ามีแนวโน้มลดลงจนที่ตลิ่งที่ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ 2549ซึ่งมีค่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร



ภาพที่ 10 ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 30 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 11 ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 60 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี



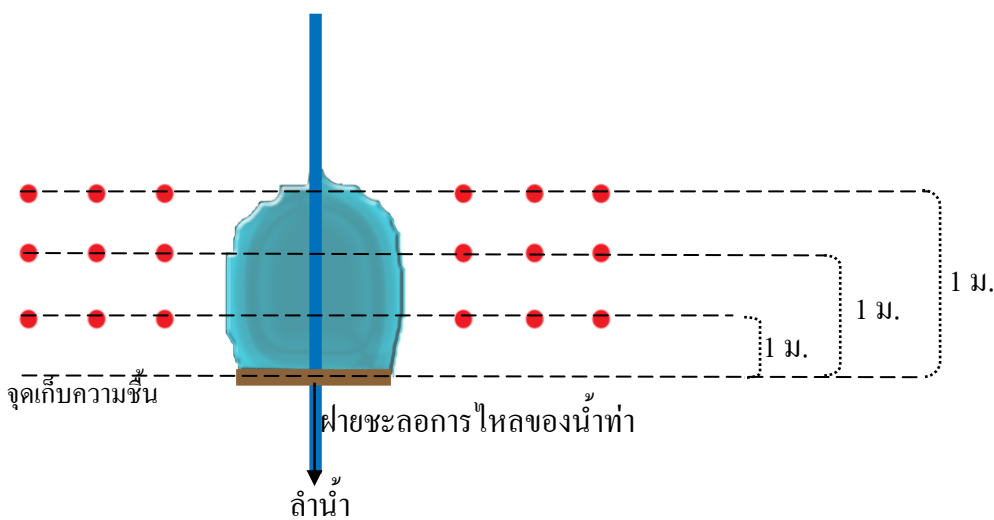
ภาพที่ 12 ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกของดิน 80 เซนติเมตร ของลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

#### 4. การกระจายความชื้นของดิน

การศึกษาการกระจายความชื้นของดินริมลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบใช้แท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block) ทำการวัดความชื้นในดิน ระดับความลึกจากผิวดิน 4 ระดับ คือ 5, 30, 60 และ 80 เซนติเมตร ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2548 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549

##### 4.1 ความชื้นของดินตามระยะห่างจากฝ่ายชะลอการไหลของน้ำท่าจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ

จากการศึกษาความผันแปรความชื้นของดิน ทำการเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดิน โดยยึดจากระยะห่างจากฝ่ายชะลอการไหลของน้ำท่าที่ขึ้นไปทางต้นน้ำที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร (ภาพที่ 13) ได้ผลดังนี้



ภาพที่ 13 จุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดิน โดยยึดจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร

จากตารางที่ 4 ภาพที่ 14 และภาพที่ 15 ความชื้นของดินตามระยะห่างจากฝายชะลอการไหลของน้ำท่าจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร ลำห้วยที่มีฝาย ความชื้นของดินที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร มีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกันทั้งในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง โดยในฤดูฝนมีความชื้นของดินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และในฤดูแล้งมีความชื้นดินระหว่าง 17.79-19.27 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และลำห้วยที่ไม่มีฝายพบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับลำห้วยที่มีฝาย ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16.8-19.1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ 23.4-25.6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ และจากการศึกษาของ เกษม และ เพิ่มศักดิ์ (2522) พบว่าความชื้นที่ผิวดินจะแปรผันกับปริมาณฝนที่ผิวดินได้รับ

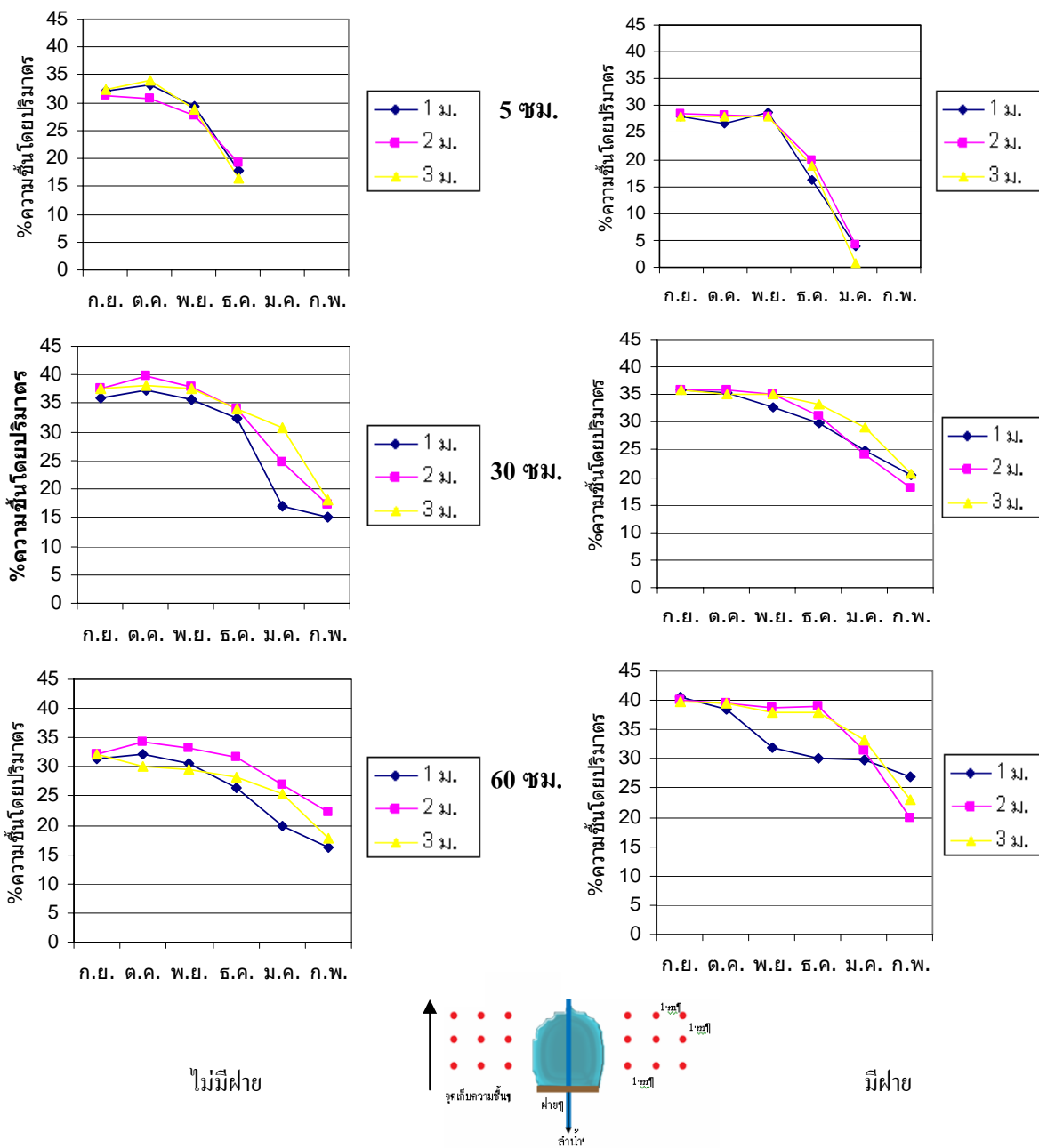
ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ในช่วงฤดูฝน พบว่าความชื้นของดินมีแนวโน้มคงที่เมื่อเพิ่มระยะห่างไปทางต้นน้ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 36.36-36.77 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในลำห้วยที่มีฝายและ 34.63-35.38 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในลำห้วยที่ไม่มีฝาย ส่วนในช่วงฤดูแล้งพบว่าลำห้วยที่มีฝายยังมีแนวโน้มคงที่ และมีความชื้นต่ำกว่าช่วงฤดูฝน 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แตกต่างกับลำห้วยที่ไม่มีฝายมีความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะห่างไปทางต้นน้ำ และมีความชื้นต่ำกว่าช่วงฤดูฝน 15 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ระดับความลึกดิน 60 เซนติเมตร ในช่วงฤดูฝน พบว่าความชื้นของดินมีแนวโน้มคงที่เมื่อเพิ่มระยะห่างไปทางต้นน้ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 30.64-33.23 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในลำห้วยที่มีฝาย และ 36.94-39.42 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในลำห้วยที่ไม่มีฝาย ส่วนในช่วงฤดูแล้งพบว่าลำห้วยที่มีฝายยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ต่ำกว่าช่วงฤดูฝน ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความชื้นต่ำกว่าช่วงฤดูฝน 7 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เหมือนกับลำห้วยที่ไม่มีฝายมีความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะห่างไปทางต้นน้ำ ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความชื้นต่ำกว่าช่วงฤดูฝน 15 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

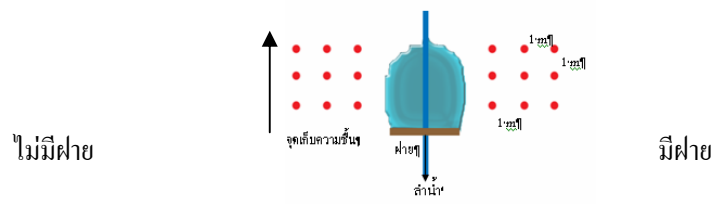
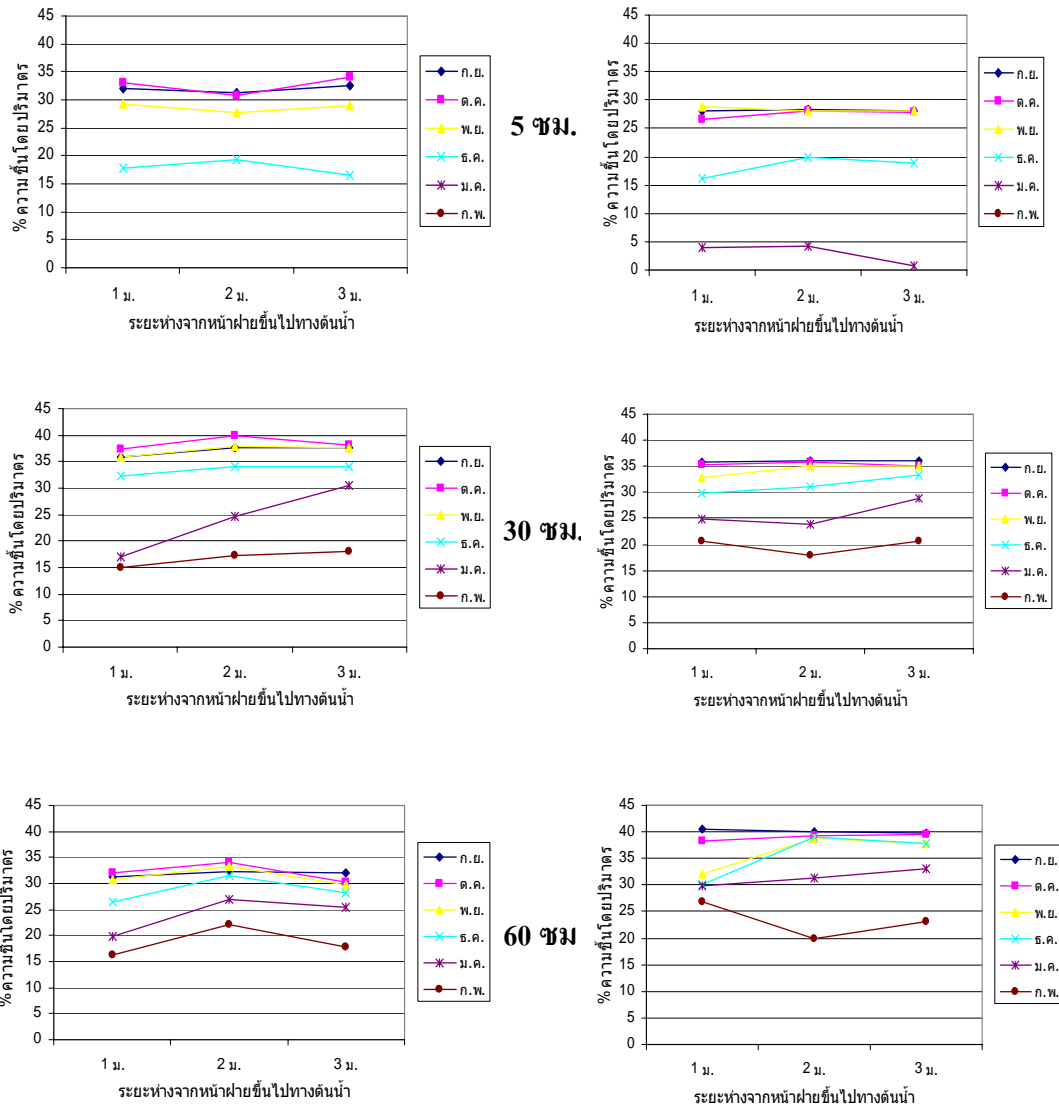
ตารางที่ 4 ความชื้นของดินตามระยะห่างจากฝายชะลอการไหลของน้ำท่าจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ 1, 2 และ 3 เมตร ของดินตลิ่งลำห้วยป่าสาว

ระดับความลึก (ซม.)	ระยะห่างจากฝาย (ม.)	ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)						
		กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	
ไม่มีฝาย	5	1	32.05	33.11	29.27	17.79	n/a	n/a
		2	31.21	30.73	27.75	19.27	n/a	n/a
		3	32.43	33.97	28.94	16.56	n/a	n/a
	30	1	35.94	37.41	35.74	32.26	16.97	15.05
		2	37.53	39.81	37.96	34.01	24.72	17.26
		3	37.61	38.11	37.58	34.06	30.60	17.99
	60	1	31.35	32.12	30.71	26.46	19.76	16.28
		2	32.24	34.17	33.27	31.62	27.07	22.13
		3	32.08	30.20	29.65	28.27	25.36	17.88
เฉลี่ย		33.60	34.40	32.32	26.70	24.08	17.77	
มีฝาย	5	1	28.11	26.57	28.77	16.19	4.03	n/a
		2	28.41	28.21	28.02	19.87	4.22	n/a
		3	28.10	27.95	27.98	18.77	0.87	n/a
	30	1	35.72	35.39	32.79	29.81	24.76	20.53
		2	35.95	35.81	34.96	31.11	23.98	18.02
		3	35.94	35.17	35.02	33.26	28.93	20.76
	60	1	40.47	38.40	31.95	30.10	29.84	26.87
		2	40.06	39.38	38.83	39.08	31.32	19.94
		3	39.80	39.50	37.90	37.88	33.16	23.03
เฉลี่ย		34.73	34.04	32.92	28.45	20.12	21.52	

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแท่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้



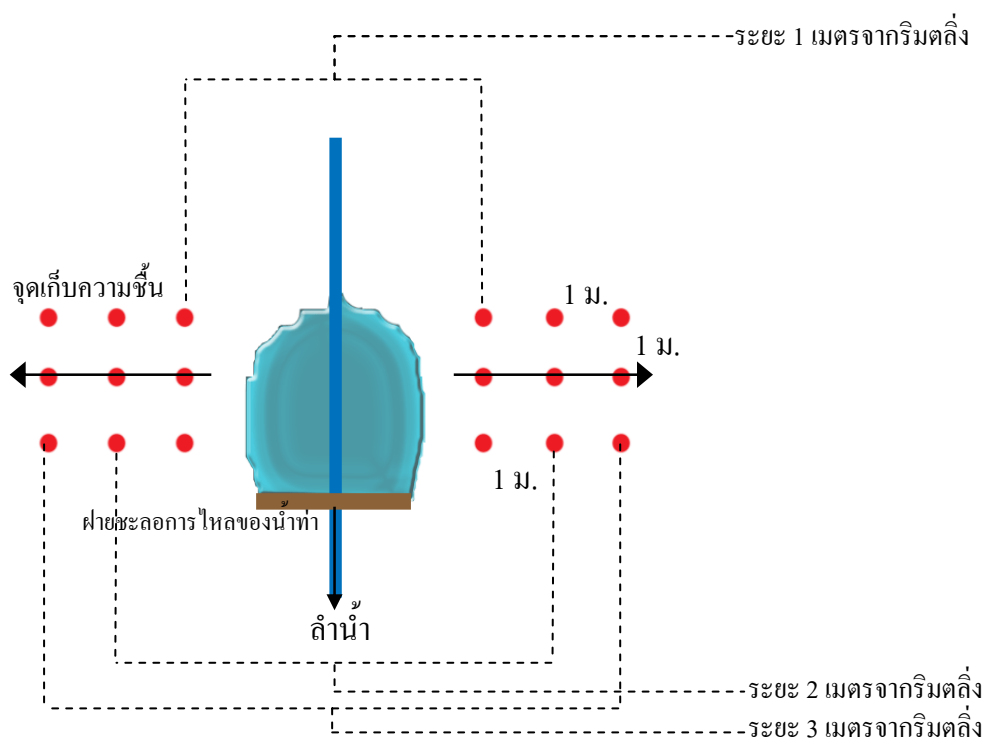
ภาพที่ 14 ความผันแปรของความชื้นรายเดือนของจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบระยะห่างไปทางด้านน้ำจากจุดหน้าฝาย 1, 2 และ 3 เมตร



ภาพที่ 15 ความผันแปรของความชื้นของจุดเก็บตัวอย่างโดยทำการเปรียบเทียบระยะห่างไปทางต้นน้ำจากจุดหน้าฝาย 1, 2 และ 3 เมตร ไปตามลำน้ำป่าสัก

#### 4.2 ความชื้นของดินตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้าง

จากการศึกษาความผันแปรความชื้นของดินริมลำห้วยป่าสาบ ทำการเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดินโดยยึดจากระยะห่างจากลำน้ำออกไปทางตลิ่ง ที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตรขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างของลำน้ำ (ภาพที่ 16) ได้ผลดังนี้



ภาพที่ 16 จุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดิน โดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร

จากตารางที่ 5 ภาพที่ 17 และภาพที่ 18 ความชื้นของดินตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้าง ที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร ลำห้วยที่มีฝาย และลำห้วยที่ไม่มีฝาย พบว่า ในช่วงฤดูฝนความชื้นของดินที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร มีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกัน มีความชื้นของดินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 23.41-25.63 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ 19.17-19.49 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้ง ความชื้นดินมีค่าลดลงตามระยะห่างจากลำน้ำไปทางตลิ่ง

ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ลำห้วยที่มีฝาย และลำห้วยที่ไม่มีฝาย ในช่วงฤดูฝน พบว่าความชื้นของดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระยะจากลำน้ำไปทางตลิ่ง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 30.01-32.07 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ 29.99-31.27 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูแล้งพบว่าลำห้วยที่มีฝายยังมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระยะจากลำน้ำไปทางตลิ่ง และมีความชื้นต่ำกว่าช่วงฤดูฝน 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เช่นเดียวกับลำห้วยที่ไม่มีฝายมีความชื้นลดลงเมื่อเพิ่มระยะห่างจากลำน้ำไปทางตลิ่ง และมีความชื้นต่ำกว่าช่วงฤดูฝน 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

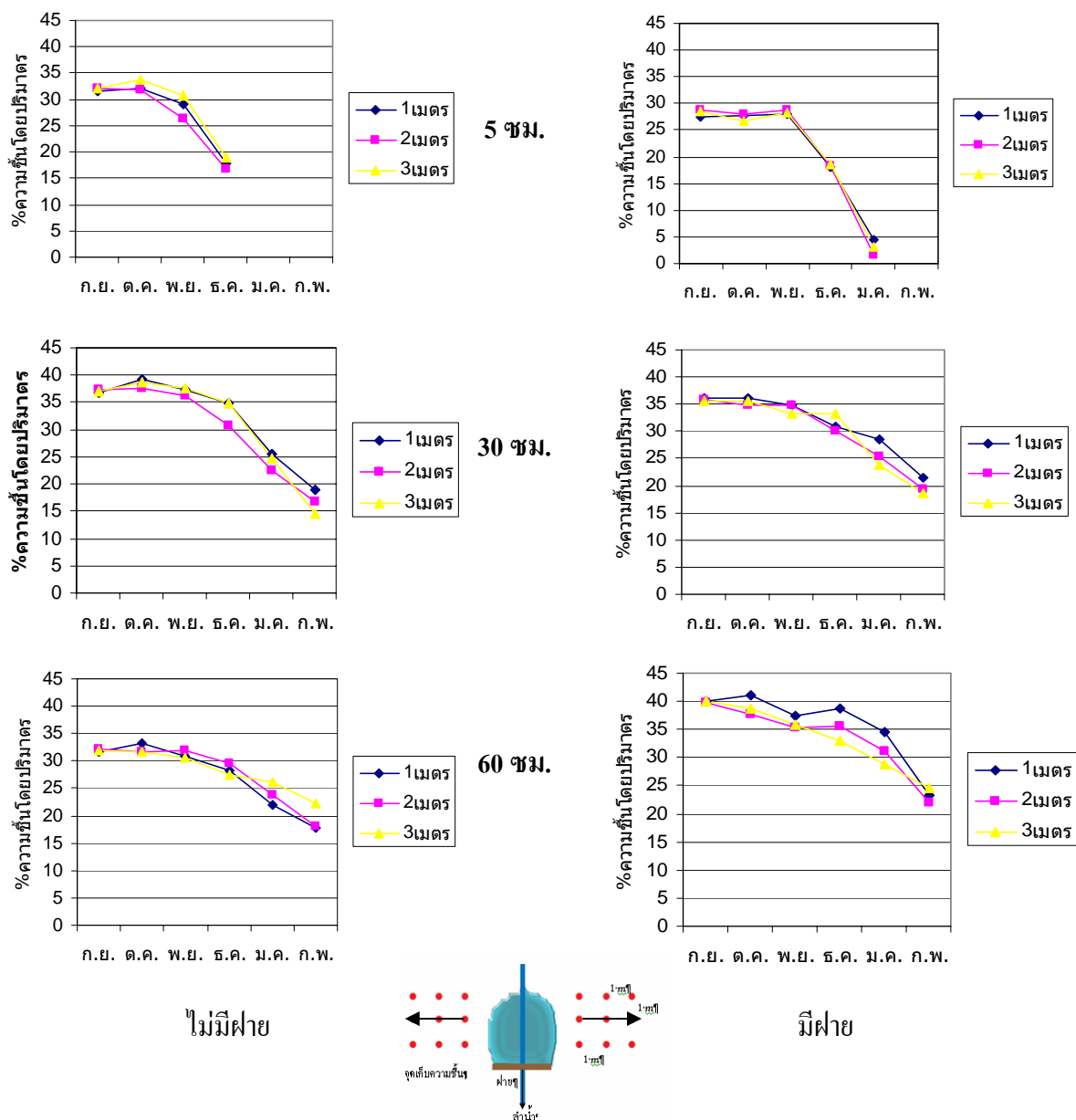
ระดับความลึกดิน 60 เซนติเมตร ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งพบว่าความชื้นของดินมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มระยะจากลำน้ำไปทางตลิ่ง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 33.48-35.82 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในลำห้วยที่มีฝาย และระหว่าง 28.78-32.14 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในลำห้วยที่ไม่มีฝาย ช่วงฤดูแล้ง ความชื้นจะลดลงมากโดย มีแนวโน้มการลดลงในลักษณะเดียวกับลำห้วยที่ไม่มีฝายแต่มีค่าความชื้นสูงกว่าประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

เมื่อพิจารณาการกระจายความชื้นของดินโดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร พบว่าลำห้วยที่มีฝายและไม่มีฝายมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือ มีความชื้นลดลงเมื่อระยะห่างจากลำน้ำไปทางตลิ่งเพิ่มขึ้น โดยจะลำห้วยที่มีฝายมีความชื้นสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝาย ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ในระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากระดับน้ำหน้าฝายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลกับความชื้นของดินที่ระดับต่างๆ โดยตรงจะทำให้ความชื้นของดินสามารถกระจายไปโดยรอบๆ ฝายเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความลึกที่ระดับผิวดินจะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝนมากกว่าปัจจัยจากระดับน้ำใต้ดิน

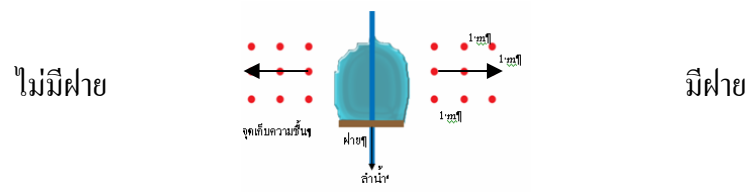
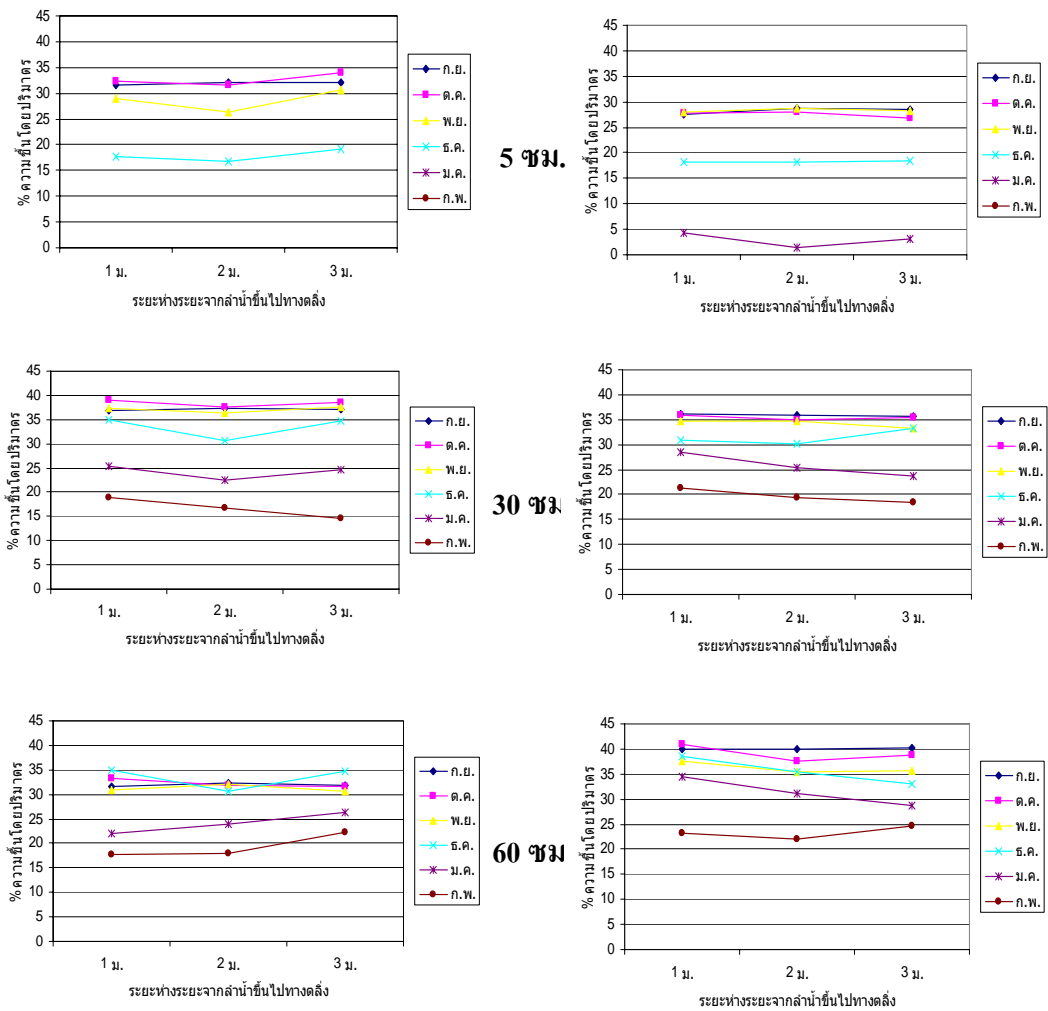
ตารางที่ 5 ความชื้นของดิน ตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้าง ที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร

ระดับความลึก (ซม.)	ระยะห่างจากฝาย (ม.)	ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)						
		กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	
ไม่มีฝาย	5	1	31.66	32.22	28.95	17.74	n/a	n/a
		2	31.98	31.70	26.31	16.83	n/a	n/a
		3	32.06	33.88	30.71	19.05	n/a	n/a
	30	1	36.82	39.11	37.28	34.86	25.46	18.90
		2	37.23	37.59	36.31	30.73	22.59	16.79
		3	37.04	38.63	37.69	34.74	24.67	14.62
	60	1	31.62	33.16	30.91	28.21	22.05	17.69
		2	32.21	31.73	32.04	29.43	23.89	18.02
		3	31.84	31.60	30.52	27.50	26.26	22.19
เฉลี่ย		33.60	34.40	32.30	26.57	24.15	18.04	
มีฝาย	5	1	27.43	27.77	27.91	18.16	4.39	n/a
		2	28.74	27.97	28.74	18.19	1.54	n/a
		3	28.45	26.75	28.13	18.48	3.18	n/a
	30	1	36.19	35.99	34.74	30.79	28.55	21.33
		2	35.85	34.88	34.73	30.13	25.31	19.47
		3	35.56	35.50	33.31	33.26	23.81	18.51
	60	1	39.99	40.95	37.52	38.59	34.56	23.28
		2	39.88	37.65	35.32	35.50	31.00	21.95
		3	40.11	38.69	35.72	32.97	28.76	24.61
เฉลี่ย		34.69	34.02	32.90	28.45	20.12	21.52	

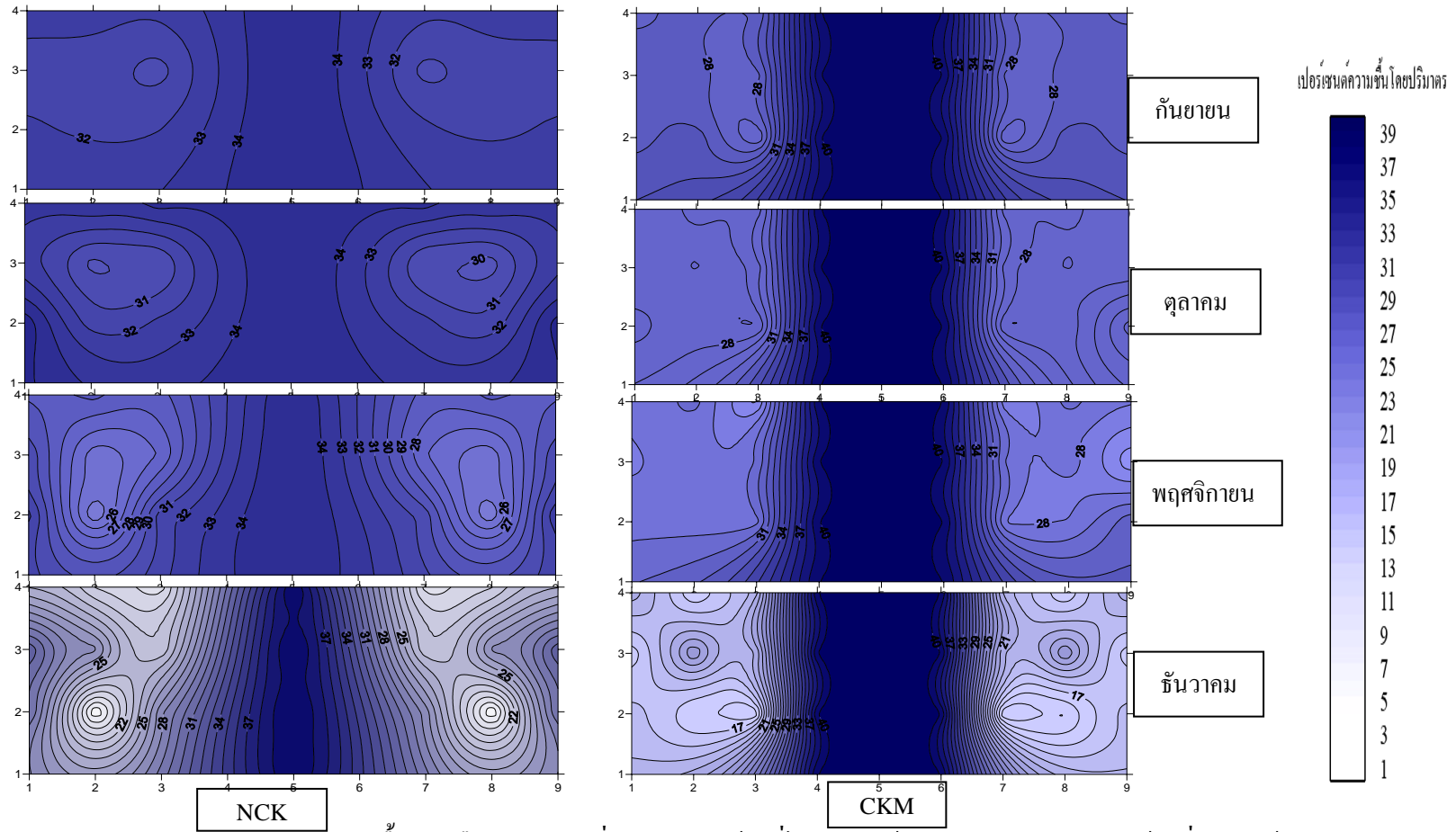
n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแห้งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้



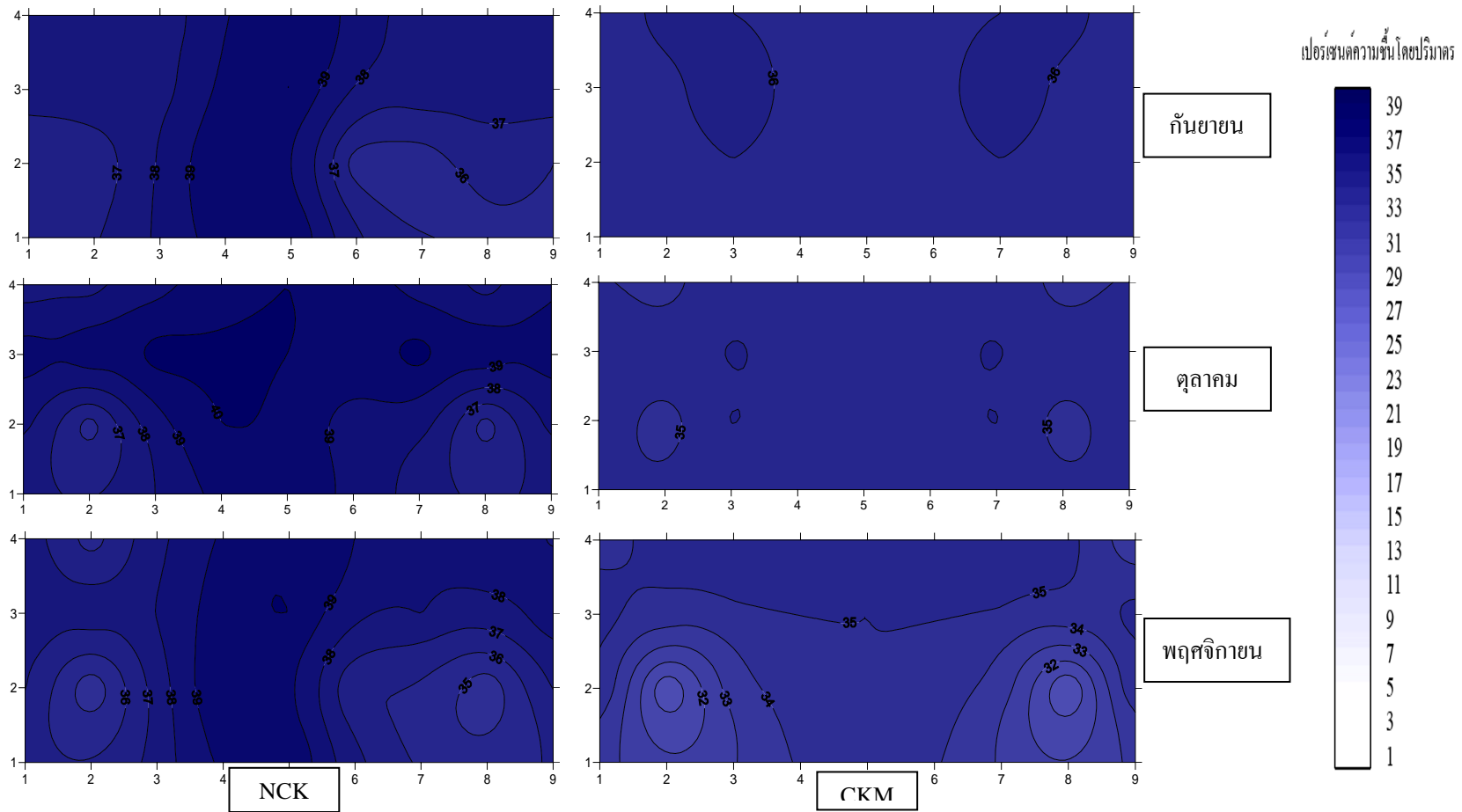
ภาพที่ 17 ความผันแปรของความชื้นเป็นรายเดือนของจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่างความชื้นของดิน โดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร



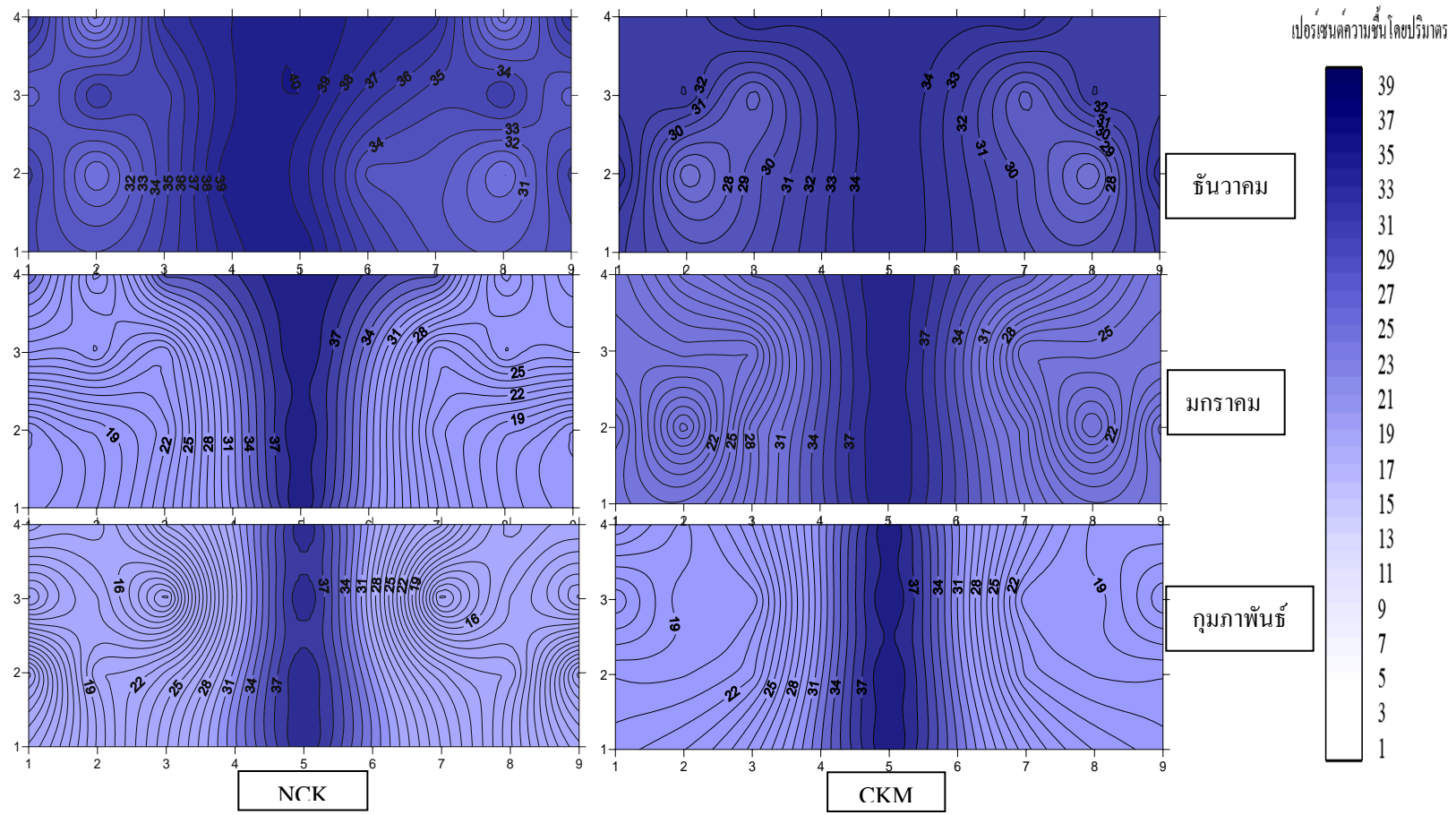
ภาพที่ 18 ความผันแปรของความชื้นของจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่าง ความชื้นของดินโดยยึดตามระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางดิ่งทั้งสองข้างที่ ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร



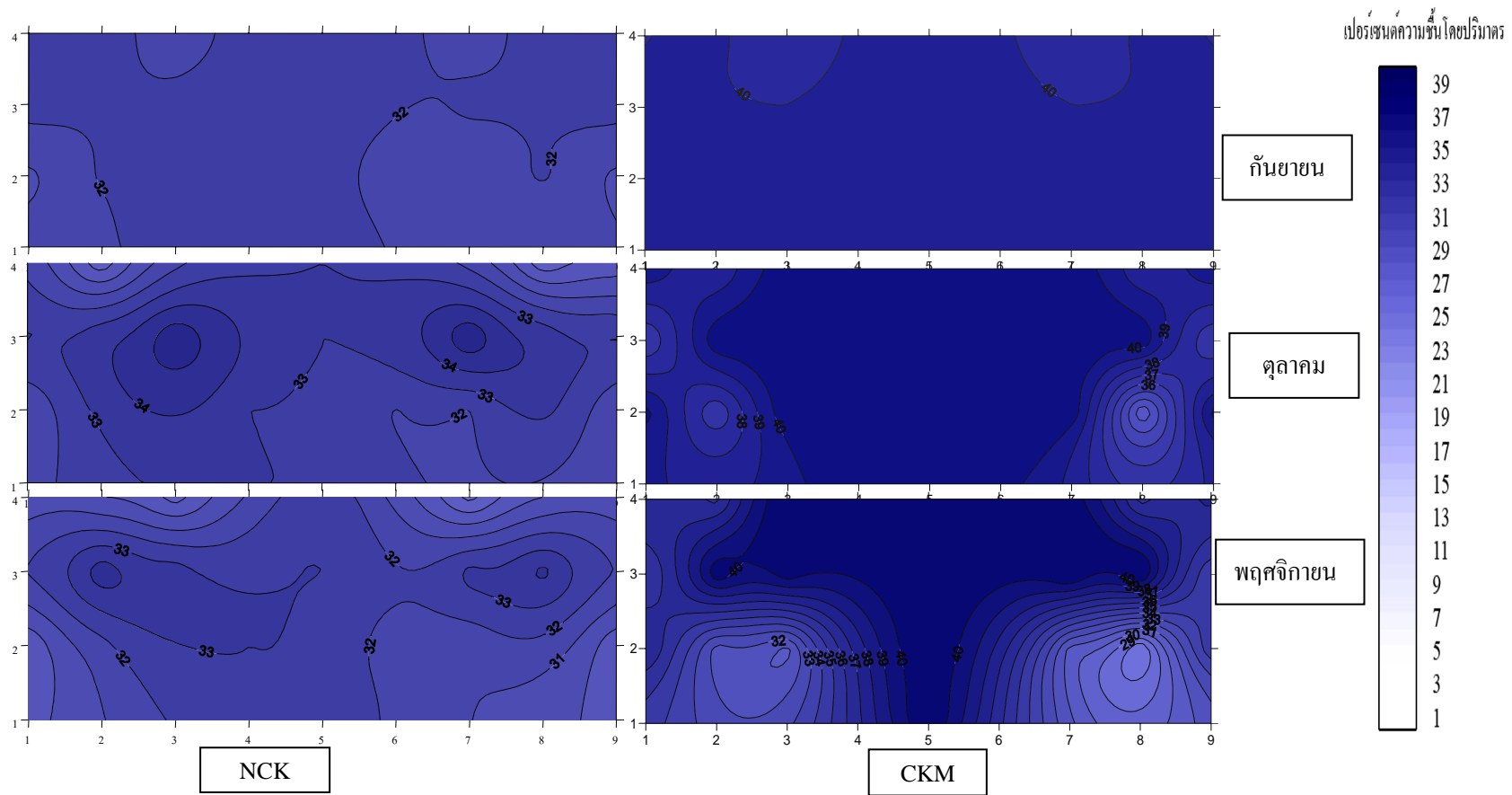
ภาพที่ 19 ความผันแปรและการกระจายความชื้นรายเดือนของดินตลิ่ง บริเวณลำห้วยที่ไม่มีการใช้ฝาย (NCK) เทียบกับลำห้วยที่มีการใช้ฝาย (CKM) ที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร



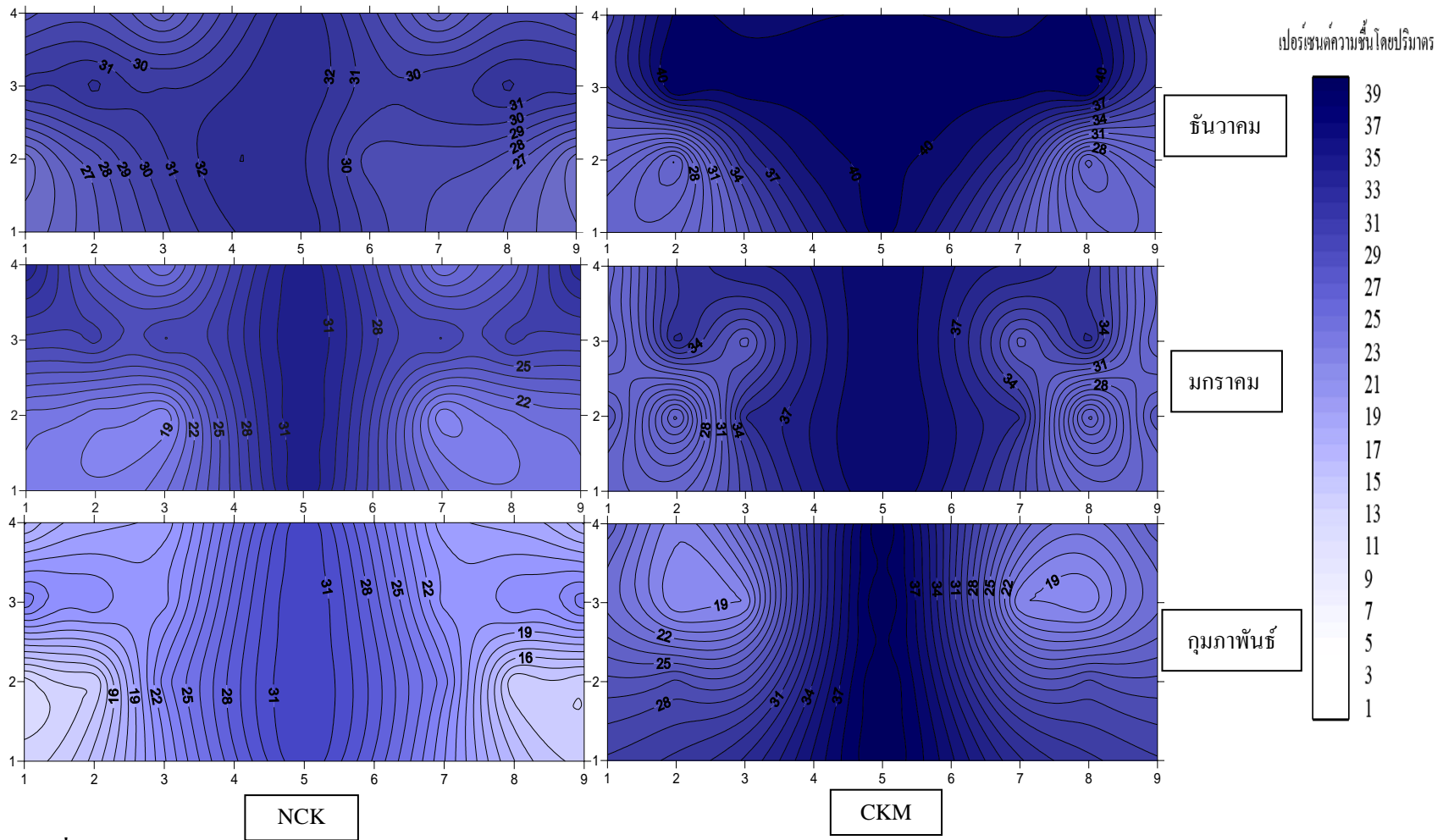
ภาพที่ 20 ความผันแปรและการกระจายความชื้นรายเดือนของดินตลิ่ง บริเวณลำห้วยที่ไม่มีการใช้ฝาย (NCK) เทียบกับลำห้วยที่มีการใช้ฝาย (CKM) ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร



ภาพที่ 20 (ต่อ)



ภาพที่ 21 ความผันแปรและการกระจายความชื้นรายเดือนของดินตลิ่ง บริเวณลำห้วยที่ไม่มีการใช้ฝาย (NCK) เทียบกับลำห้วยที่มีการใช้ฝาย (CKM) ที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร



ภาพที่ 21 (ต่อ)

## 5. การเปรียบเทียบความชื้นในดินลิ่งริมลำห้วย

การศึกษาการกระจายความชื้นของดินในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรีตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2549 ความชื้นในดินลักษณะความสูงของน้ำในดินได้ผลการศึกษา พบว่าในเดือนกันยายน 2548 ถึงพฤศจิกายน 2548 ลำห้วยที่มีฝายมีความสูงของน้ำสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝายเล็กน้อย เท่ากับ 0.15 มิลลิเมตรต่อดินลึก 1 เซนติเมตร โดยในระดับความลึก 0-15 และ 15-45 เซนติเมตรพบว่าลำห้วยที่มี และไม่มีฝายมีปริมาณความชื้นดินที่ใกล้เคียงกันระหว่าง 2.80-3.73 มิลลิเมตรต่อดินลึก 1 เซนติเมตร ที่ระดับความลึกของดิน 45-70 และ 70-90 เซนติเมตร มีปริมาณความชื้นดินมีค่าอยู่ระหว่าง 3.17-4.48 มิลลิเมตรต่อดินลึก 1 เซนติเมตร โดยลำห้วยที่มีฝายจะมีปริมาณความชื้นสูงกว่า 0.68 และ 0.45 มิลลิเมตรต่อดินลึก 1 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งในเดือน ธันวาคม 2548 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2549 พบว่าความชื้นในดินคิดเป็นความสูงของน้ำมีค่าระหว่าง 2.25-2.54 มิลลิเมตร ความชื้นในลำห้วยที่มีฝายจะสูงกว่า 27.57 มิลลิเมตร หรือ 0.29 มิลลิเมตร ต่อดิน 1 เซนติเมตร ดังตารางที่ 6

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการลดลงของปริมาณความชื้นคิดเป็นความสูงของน้ำแล้ว พบว่า ลำห้วยที่ไม่มีฝายมีการสูญเสียความชื้นที่สูงกว่าลำห้วยที่มีฝาย โดยเทียบจากช่วงฤดูฝนกับฤดูแล้ง จะเห็นว่าลำห้วยที่ไม่มีฝายจะสูญเสียความชื้น ถึง 349.08 มิลลิเมตร ขณะที่ลำห้วยที่มีฝาย ความชื้นจะถูกชะลอและกระจายออกไปโดยรอบทำให้สูญเสียความชื้นเพียง 314.88 มิลลิเมตร และความชื้นในส่วนที่เพิ่มขึ้นมาจะอยู่ในดินที่ระดับความลึก 15-45, 45-70 และ 70-90 เซนติเมตร โดยคิดเป็นความชื้นต่อดินเฉลี่ย 1 เซนติเมตรเท่ากับ 2.57, 3.01 และ 3.23 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรพบว่ามี การสูญเสียความชื้นของดินที่ใกล้เคียงกันมากคือเท่ากับ 11.42 มิลลิเมตร ในลำห้วยที่มีฝาย และ 12.53 มิลลิเมตร ในลำห้วยที่ไม่มีฝาย หรือเมื่อคิดเป็นความชื้นต่อดินเฉลี่ย 1 เซนติเมตรเท่ากับ 2.04 มิลลิเมตร

ตารางที่ 6 ปริมาณความชื้นในดินลักษณะความสูงของน้ำของดินตลิ่งในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2549

เดือน	ความสูงของน้ำที่ระดับความลึกดิน 0-90 ซม. (มม.)								รวมทุกระดับความลึกของดิน		ผลต่างของการมีฝาย***	
	0-15		15-45		45-70		70-90		CKM	NCK		
	CKM	NCK	CKM	NCK	CKM	NCK	CKM	NCK				
ฤดูฝน	กันยายน	42.31	47.85	107.60	111.08	100.28	79.72	87.10	87.16	337.29	325.81	11.48
	ตุลาคม	41.37	48.90	106.37	115.33	97.74	80.40	87.94	78.37	333.42	323.01	10.41
	พฤศจิกายน	42.39	42.98	102.77	111.28	90.58	77.89	93.50	76.22	329.24	308.37	20.87
	รวม	126.07	129.41	316.74	336.06	288.60	238.01	268.54	241.75	999.95	957.19	42.76
	เฉลี่ย	42.02	43.14	105.58	112.02	96.20	79.34	89.51	80.58	333.32	319.06	14.26
	เฉลี่ย/ดิน 1 ซม.	2.80	2.88	3.52	3.73	3.85	3.17	4.48	4.03	3.70	3.55	0.15
ฤดูแล้ง	ธันวาคม	27.42	37.60	94.17	100.33	89.21	70.95	79.00	67.18	289.81	276.07	13.74
	มกราคม	6.84	n/a	77.66	74.90	78.60	60.16	64.93	57.30	228.04	192.36	35.68
	กุมภาพันธ์	n/a	n/a	59.31	52.25	58.20	46.91	49.71	40.52	167.22	139.68	27.54
	รวม	34.26	37.60	231.14	227.48	226.01	178.02	193.64	165.00	685.07	608.11	76.96
	เฉลี่ย	11.42	12.53	77.05	75.83	75.34	59.34	64.55	55.00	228.36	202.70	25.66
	เฉลี่ย/ดิน 1 ซม.	0.76	0.84	2.57	2.53	3.01	2.37	3.23	2.75	2.54	2.25	0.29
ผลต่างค่าเฉลี่ย *		3.68	3.44	1.37	1.48	1.28	1.34	1.39	1.47	1.46	1.57	-
ผลต่างค่าเฉลี่ย/ดิน 1 ซม.**		2.04	2.04	0.95	1.20	0.84	0.80	1.25	1.28	1.16	1.30	-

\* ผลต่างของค่าเฉลี่ย = เฉลี่ยฤดูฝน - เฉลี่ยฤดูแล้ง

\*\* ผลต่างค่าเฉลี่ย/ดิน 1 ซม. = เฉลี่ย/ดิน 1 ซม. ฤดูฝน - เฉลี่ย/ดิน 1 ซม. ฤดูแล้ง

\*\*\*ผลต่างของการมีฝาย = CKM รวมทุกระดับความลึกของดิน - NCK รวมทุกระดับความลึกของดิน

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแท่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

## 6. การสะสมดินตะกอนบริเวณหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่า

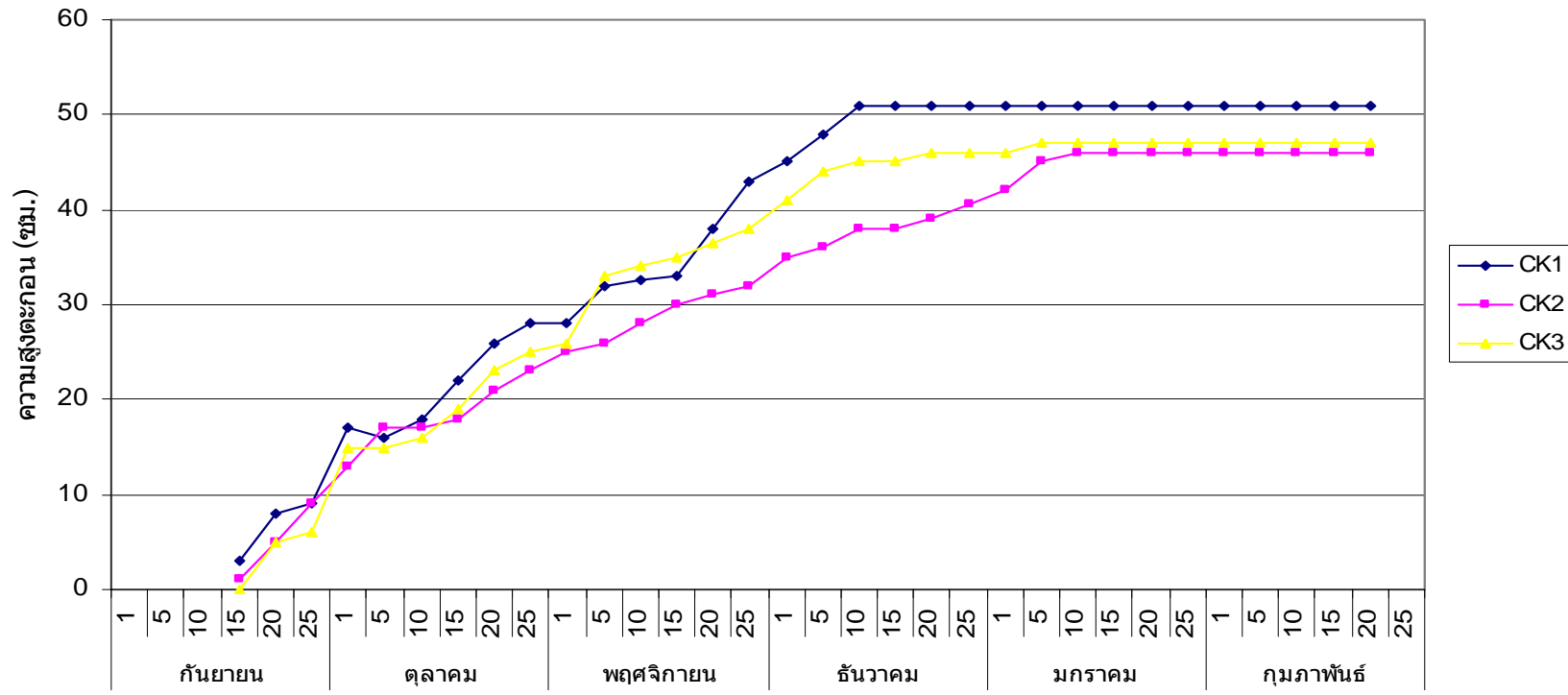
การศึกษาการกระจายความชื้นของดินริมลำในบริเวณพื้นที่ห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรีตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2548 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2549 ทำให้เกิดมีการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณลำห้วย ที่มีฝายชะลอความชุ่มชื้นทั้ง 3 ลำห้วย ได้ผลดังตารางที่ 7 และภาพที่ 22 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดมาจากการเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และในร่องน้ำซึ่งมารวมตัวและตกตะกอนในบริเวณฝายชะลอการไหลของน้ำท่าโดยมีการทับถมตั้งแต่สร้างฝายเสร็จในเดือน กันยายน จนกระทั่งในเดือนมกราคมเนื่องจากไม่มีน้ำไหลในลำน้ำ สามารถคิดเป็นตะกอนสะสมในบริเวณที่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่าได้ดังตารางที่ 8 โดย CK1, CK2 และ CK3 สามารถดักตะกอนได้ 4.12, 5.12 และ 4.73 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ซึ่งเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.65 ลูกบาศก์เมตร

## 7. การนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการลุ่มน้ำ

การศึกษาความผันแปรความชื้นของดินริมลำห้วยป่าสาวในบริเวณพื้นที่ป่าฟื้นฟู อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อต้องการทราบถึงความสามารถในการชะลอความชุ่มชื้นในพื้นที่ที่มีการสร้างฝายเปรียบเทียบกับไม่มีฝายซึ่งสามารถนำมาใช้วางแผนในการลุ่มน้ำ ซึ่ง จากการศึกษาพบว่า การสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่าสามารถเพิ่มการกระจายความชื้นในบริเวณลำห้วยให้กระจายออกไปทางด้านข้าง และช่วยเพิ่มระดับน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งเมื่อน้ำในฝายถูกทดแทนด้วยดินตะกอน

ตารางที่ 7 ระดับความสูงของตะกอนหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำทำในบริเวณลำห้วยป่าสาวอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

ความสูงตะกอนหน้าฝาย (ซม.)																			
		กันยายน					ตุลาคม					พฤศจิกายน							
		1	5	10	15	20	25	1	5	10	15	20	25	1	5	10	15	20	25
CK1		0	0	0	3	8	9	17	16	18	22	26	28	28	32	32.5	33	36	43
CK2		0	0	0	1	5	9	13	17	17	18	21	23	25	26	28	30	31	32
CK3		0	0	0	0	5	6	15	15	16	19	23	25	26	33	34	35	37	38
		ธันวาคม					มกราคม					กุมภาพันธ์							
		1	5	10	15	20	25	1	5	10	15	20	25	1	5	10	15	20	25
CK1		45	48	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
CK2		35	36	38	38	39	40.5	42	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
CK3		41	44	45	45	46	46	46	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47



ภาพที่ 22 ระดับความสูงของตะกอนหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ในบริเวณลำห้วยป่าสาว อำเภอสว่างชะบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

ตารางที่ 8 ปริมาตรตะกอนของลำห้วยที่มีฝายชะลอการไหลของน้ำท่า

ลำห้วย	ความกว้างหน้าฝาย	ความยาวของพื้นที่สะสม ตะกอน (ม.)	ความสูงของตะกอน หน้าฝายสะสม (ม.)	ปริมาตรตะกอน ดิน* (ลบ.ม)
CK1	2.85	8.50	0.51	4.12
CK2	3.21	10.40	0.46	5.12
CK3	3.11	9.70	0.47	4.73
รวม	9.17	28.6	1.44	13.96
เฉลี่ย	3.6	9.53	0.48	4.65

\*หมายเหตุ : คำนวณจากสูตร ปริมาตรตะกอน = (พื้นที่หน้าฝาย x ความยาวพื้นที่สะสมตะกอน)  
- (1/3 x พื้นที่หน้าฝาย x ความยาวพื้นที่สะสมตะกอน)



ภาพที่ 23 ระดับความสูงของตะกอนหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่า และบริเวณลำห้วยป่าสาว  
อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ในเดือนกุมภาพันธ์ 2549

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการศึกษาความผันแปรความชื้นของดินในริมลำห้วย ที่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า (CK1, CK2 และ CK3) ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรีซึ่งมีน้ำไหลแค่ปลายฤดูฝน ในเดือนกันยายน 2548 จนถึงช่วงน้ำในห้วยป่าสาวหยุดไหล ในเดือนกุมภาพันธ์ 2548 เพื่อศึกษาผลของการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเก็บกักความชื้นในดิน ได้ทำการศึกษาโดยใช้การใช้แท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block) ตามวิธีการของชาลצר ทำการวัดปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึก 5, 30, 60, 80 เซนติเมตร ในบริเวณลำห้วยป่าสาวสามารถสรุปได้ดังนี้

### 1. สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศในบริเวณลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี พบว่ามีปริมาณน้ำฝน ทั้งหมดตลอด 6 เดือนมีค่าเท่ากับ 673 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.5 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ในระดับสูง คือ ประมาณ 90.6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการระเหยน้ำทั้งหมด 767.2 มิลลิเมตร โดยเดือนกุมภาพันธ์ 2549 มีปริมาณการระเหยน้ำสูงสุด เท่ากับ 170.5 มิลลิเมตร

### 2. สมบัติบางประการของดิน

จากการศึกษา พบว่าเนื้อดินในบริเวณลำห้วยป่าสาวส่วนใหญ่เป็น ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 1.08-1.43 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนของดินอยู่ระหว่าง 44.21-60.30 เปอร์เซ็นต์ สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง  $16.75 \times 10^{-2}$ - $34.85 \times 10^{-2}$  เซนติเมตรต่อวินาที

### 3. ความผันแปรความชื้นของดินริมลำห้วยตามระดับความลึก

จากการศึกษา ผลของการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่าที่มีต่อการเก็บกักความชื้นในดิน ในฤดูฝนที่ระดับความลึกดิน 5 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตรพบว่า การสร้างฝายไม่มีผลต่อการ

กักเก็บความชื้นของดิน จนเมื่อเข้าสู่ในช่วงฤดูแล้ง ความชื้นที่ระดับความลึกดิน 5 เซนติเมตรพบว่า ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในลำห้วยที่มีฝายต่อเนื่องไปอีก 1 เดือน ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบกับลำห้วยที่ไม่มีฝาย ซึ่งความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังฝนหยุดตก ในระยะเวลา เวลา 5-10 วัน ส่วนความชื้นที่ระดับความลึกดิน 30 เซนติเมตรจะมีความชื้นของดินสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝาย ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ในระดับความลึกดินที่ระดับ 60 และ 80 เซนติเมตร จะ การสร้างฝาย จะเพิ่มความชื้นในตลอดระยะเวลาการศึกษา โดยในฤดูฝนจะเพิ่มความชื้นของดินได้ 2 เปอร์เซ็นต์ และจะแปรผันตรงกับระดับความลึกของของดิน จนถึง 3-5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในระดับความลึก 80 เซนติเมตร ส่วนในฤดูแล้งฝายจะช่วยเก็บกักความชื้นที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรโดยปริมาตร ประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และเพิ่มความชื้นในระดับความลึก 80 เซนติเมตรได้ 5-6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ความผันแปรความชื้นของดินริมลำห้วยตามระดับความลึกของดิน เป็นผลมาจากระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นจากการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ความสามารถเก็บกักความชื้นของดินจะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกจากผิวดิน และระดับน้ำใต้ดิน ในลำห้วยที่ไม่มีฝาย ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าลำห้วยที่มีฝาย ซึ่งทำความชื้นกระจายไปสู่ชั้นดินที่อยู่เหนือกว่าระดับน้ำใต้ดินได้น้อยลง

#### 4. การกระจายความชื้นดินตลิ่งริมลำห้วย

2.1 ระยะห่างจากฝายชะลอการไหลของน้ำท่าจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ จากการศึกษาพบว่า ในช่วงฤดูฝน ระยะจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ 1, 2 และ 3 เมตร ความชื้นมีความใกล้เคียงกัน โดยมีความชื้นดินที่ระดับความลึก 5, 30, 60 เซนติเมตร เท่ากับ 29.90-31.78, 36.36-36.77 และ 36.94-39.42 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ โดยในฤดูฝนยังคงมีน้ำไหลอยู่ในลำห้วยทำให้ได้รับความชื้นที่กระจายออกสู่สองข้างลำห้วยเท่ากับ ส่วนความชื้นที่ระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตรของลำห้วยที่ไม่มีฝายจะน้อยกว่า ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เนื่องจากระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการสร้างฝายซึ่งทำให้จุดที่เก็บความชื้นของดินอยู่ใกล้ระดับน้ำใต้ดินมากกว่าจึงทำให้ความชื้นโดยรวมสูงกว่า ในช่วงฤดูแล้ง พบว่าความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว โดยที่ ระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร ระยะจากหน้าฝายขึ้นไปทางต้นน้ำ 1, 2 และ 3 เมตร ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก

หน้าผายขึ้น ไปทางต้นน้ำ โดยมีความชันของดิน เท่ากับ 17.74-19.05, 24.97-26.89 และ 28.78-23.14 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ

2.2 ระยะห่างจากลำน้ำขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้าง พบว่าระยะห่างจากลำน้ำออกไปทางตลิ่ง ที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตรขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างของลำน้ำ ในช่วงฤดูแล้ง ความชันที่ระดับผิวดินมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 23.41-25.63 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งแตกต่างกับระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างจากลำน้ำไปทางตลิ่ง 1.14 และ 2.32 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ ส่วนลำน้ำที่ไม่มีฝายมีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างจากลำน้ำไปทางตลิ่ง 2.74 และ 3.11 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝน พบว่ามีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับช่วงฤดูฝน โดยที่มีความชันลดลงประมาณ 2 -10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลำห้วยที่มีฝายจะมีความชันในระดับความลึกของดิน 30 และ 60 เซนติเมตร ที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตรขึ้นไปทางตลิ่งทั้งสองข้างของลำน้ำ มากกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝาย เท่ากับ 0.35 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

## 5. การเปรียบเทียบความชันในดินตลิ่งริมลำห้วย

ความชันคิดเป็นความสูงของน้ำ ในฤดูฝนของลำห้วยที่มีการสร้างฝาย มีค่าสูงกว่าลำห้วยที่ไม่มีการสร้างฝายเฉลี่ยในฤดูฝน เท่ากับ 13.94 มิลลิเมตร หรือ 0.15 มิลลิเมตรเฉลี่ยต่อดิน 1 เซนติเมตร และในฤดูแล้ง เท่ากับ 25.66 มิลลิเมตร หรือ 0.29 มิลลิเมตรเฉลี่ยต่อดิน 1 เซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบ ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เพื่อเปรียบเทียบการกักเก็บน้ำของการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า พบว่า สามารถเก็บกักความชื้นของดินไว้ในช่วงฤดูแล้งมากกว่าลำห้วยที่ไม่มีฝาย ที่ระดับความลึกของดิน 15-45, 45-70 และ 70-90 เซนติเมตร โดยคิดเป็นความชื้นต่อดินเฉลี่ย 1 เซนติเมตรเท่ากับ 0.25, 0.04 และ 0.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ

## 6. การสะสมดินตะกอนบริเวณหน้าฝายชะลอการไหลของน้ำท่า

การสะสมตัวของตะกอนที่เกิดมาจากการเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินและในร่องน้ำ ซึ่งมารวมตัวและตกตะกอนในบริเวณฝายชะลอการไหลของน้ำท่า โดยมีการทับถมตั้งแต่สร้างฝายเสร็จในเดือน กันยายน 2548 จนถึงในเดือนมกราคม 2549 เนื่องจากไม่มีน้ำไหลในลำน้ำสามารถคิดเป็นตะกอนสะสมในบริเวณที่มีการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่า โดย CK1, CK2 และ CK3

สามารถตัดตะกอนได้ 4.12, 5.12 และ 4.73 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับซึ่งเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.65 ลูกบาศก์เมตร

## 7. ผลของการศึกษากับการจัดการลุ่มน้ำ และสิ่งแวดล้อม

การสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำทำมีส่วนสำคัญในการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการจัดการลุ่มน้ำตามนิยาม “เก็บน้ำไว้ในดิน เก็บดินอยู่กับที่” ดังนี้

1) ปริมาณน้ำ การสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำทำ เป็นการสร้างสิ่งก่อสร้างขวางทางน้ำ จากการศึกษ พบว่าการสร้างฝาย ทำให้น้ำซึมลงไปในพื้นดินมากขึ้น กระจายความชุ่มชื้นออกไป เป็นวงกว้างในพื้นที่ทั้งสองฝั่งของลำห้วย

2) คุณภาพน้ำ ในช่วงฤดูฝน ฝายชะลอการไหลของน้ำทำจะช่วยลดความเร็วของกระแส น้ำ เก็บกักตะกอนที่น้ำพัดพาลงมาซึ่งตะกอนที่ถูกฝายกักเก็บไว้จะทำหน้าที่เป็นเครื่องกรองน้ำในลำ ห้วยโดยธรรมชาติ

3) ช่วงเวลาการไหลของน้ำ น้ำทำที่ไหลมีโอกาสปักตัวอยู่บนท้องลำธารระหว่างฝายมาก ขึ้น โอกาสที่น้ำทำจะซึมลงไปในดินย่อมมีมากตามไปด้วย แต่การเคลื่อนที่ของน้ำในชั้นดินช้ามาก เมื่อเทียบกับน้ำผิวดิน การเคลื่อนตัวที่ช้าของน้ำใต้ผิวดินและน้ำใต้ดินนี้ ทำให้เวลาที่น้ำใช้เดินทาง ไปถึงจุดหมาย คือลำห้วยบริเวณตอนล่างมีมาก จนกระทั่งพ้นฤดูฝนไป น้ำที่ไหลออกสู่ลำธาร ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ทำให้ดูเหมือนว่าลำธารมีน้ำไหลในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

4) การควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายของดิน การสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำทำมีผล ให้เกิดการตกตะกอนของดินที่เกิดจากการชะล้างพังทลายและเก็บกักไว้ไม่ให้ไหลลงสู่ลำห้วย ตอนล่างได้

ซึ่งสามารถนำไปเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจวางแผนในการจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

### ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่องความผันแปรความชื้นของดินในบริเวณลำห้วยป่าสาวที่ใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช้ฝาย มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการสร้างฝายชะลอการไหลของน้ำท่าสามารถเพิ่มความชื้นในบริเวณรอบๆ ลำห้วยได้ จึงควรสร้างเป็นช่วงๆอย่างต่อเนื่องให้ท้องลุ่มมีลักษณะเป็นขั้นบันได ตลอดลำห้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกัก และชะลอการไหลของน้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำ
2. ตะกอนที่สะสมในบริเวณฝายซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ถูกชะล้างปะปนมากับดิน ควรขุดลอกนำมาใช้ประโยชน์ด้วย และควรมีการปรับปรุงซ่อมแซมฝายชะลอการไหลของน้ำท่าในช่วงเวลาก่อนฤดูฝนเพื่อประหยัดงบประมาณ และเวลาในการสร้างฝายชะลอความชุ่มชื้นใหม่
3. เนื่องจากใช้เวลารวบรวมข้อมูลเพียง 6 เดือน จึงสามารถสรุปได้เพียงเฉพาะช่วงเวลานี้เท่านั้น จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องหลายๆปีเพื่อดูการพัฒนาความชื้นในบริเวณพื้นที่ที่มีการใช้ฝายในการจัดการความชื้นในดิน
4. หากมีงบประมาณพอเพียง สามารถทำการทดลองกับทั้งลุ่มน้ำโดยทดลองใช้ระบบฝายให้ทั่วเป็นพื้นที่กว้างแล้วศึกษาการพัฒนาความชื้นในระยะยาวได้
4. ควรศึกษาแร่ธาตุอาหารที่มากับน้ำ และดินที่ตกตะกอนหน้าฝายด้วย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542. โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์  
จังหวัดกาญจนบุรี, กรุงเทพฯ.

กุมุท สังขศิลา. 2529. การสัมประสิทธิ์การนำน้ำเพื่อใช้ศึกษาการเคลื่อนย้ายของน้ำในดิน  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร่แก้ว. 2515. อุทกวิทยาลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2522. หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา. คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร่แก้ว และ เพิ่มศักดิ์ มกรากิรมย์. 2522. ปริมาณน้ำในช่วงแล้งฝนจากป่าดิบเขาออยปูน  
เชียงใหม่. การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 34. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร่แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา  
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร่แก้ว และ สามัคคี บุญยะวัฒน์. 2522. ความชื้นดินในป่าดิบแล้งและที่ถูกรบกวนบริเวณ  
สถานีสระเกล้า, รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 65. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2535. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8. คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2546. **ประโยชน์ของฝายต้นน้ำ**. แหล่งที่มา [http://www.dnp.go.th/Watershed/checkdam\\_site/cd\\_benefit3.htm](http://www.dnp.go.th/Watershed/checkdam_site/cd_benefit3.htm). : อ้างถึง ชลาทร ศรีตุลานนท์. 2546. **การศึกษาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ**. อำเภอแม่แตง. จังหวัดเชียงใหม่., 15 มีนาคม 2548.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2542. **อุทกวิทยาดินลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2515. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญฤทธิ์ ฐิริยากร. 2525. **การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินในป่าธรรมชาติตามลักษณะการใช้ที่ดินที่สะแก  
ราช ปักธงชัย นครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
กรุงเทพฯ.

ยุทธพงษ์ คีรีมั่งคละ. 2542. **ความผันแปรของความชื้นดินภายใต้สวนสักอายุต่างๆ บริเวณสวนป่า  
ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
กรุงเทพฯ.

รัชชনীวรรณ ราชุละ. 2547. **ความผันแปรของความชื้นในดินบริเวณไร่มันสัมปะหลัง อำเภอครบุรี  
จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิชัย หโยดม และ ปรีชา การสุทธิ. 2511. **เครื่องวัดความชื้นในดิน หลักการ, วิธีใช้ และข้อควรระวัง**.  
สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. กรุงเทพฯ.

- วิชา นิยม. 2523. ลักษณะน้ำไหลในพื้นที่ป่าไม้ และไร่นาลอยบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแก  
ราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2535. อุตกวิทยาป่าไม้. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.
- วีระ พุกจรูญ และธรรมมณูญ แก้วอำพุด. 2536. ปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ไร่ร้างและสวนป่าสนสาม  
ใบชั้นอายุต่างๆ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่. บัญชีกวิจัย. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้,  
กรุงเทพฯ.
- วีระศักดิ์ อุดมโชค, วิชา นิยม, เกษมจันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม. 2526. การกระจายช่องว่าง  
ขนาดต่างๆของดินป่าดิบเขาธรรมชาติ และไร่นาลอย บริเวณคอกปุ๋ย จังหวัดเชียงใหม่.  
การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 39. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เพิ่มศักดิ์ มกรากิรมย์. 2522. ลักษณะอุทกวิทยาของดินที่สัมพันธ์กับน้ำในลำธารช่วงแล้งฝนของป่า  
ดิบเขาธรรมชาติภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมเกียรติ อยู่ประเสริฐ. 2538. ผลการฟื้นฟูสภาพป่าที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน  
บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช กิ่งอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา .  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2528. การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่สอง : หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ. ภาควิชา  
ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สันติ ทองพำนัก. 2528. หลักอุทกวิทยา. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

- อมลรัตน์ เลี่ยมตระกูลพานิช. 2544. ความแปรผันของความชื้นดินในป่าเบญจพรรณ ที่สถานีวิจัย  
 ลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุดม พูลสวัสดิ์. 2529. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติของดินที่เกิดจากหินแกรนิตภายใต้  
 สภาพความชื้นแบบยูติกในจังหวัดจันทบุรี และแบบอูสติกในจังหวัดฉะเชิงเทรา.  
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุทิศ กุญอินทร์. 2541. นิเวศวิทยาพื้นฐานเพื่อการป่าไม้. ภาควิชาชีววิทยา คณะวนศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Aksornkoae, S. 1971. **A Comparison of Nitrogen Contents and Bulk Densities in a dry  
 Everygreen Forest and a Dry Dipterocarp Forest at Sakarat, Paktongchai,  
 Nakhonrachasima.** For. Res. Bull. NO.15.
- Brigitte F.D. 2001. **Measurement of soil moisture using gypsum blocks.** National institute for  
 building and urban research., Horsholm, Denmark.
- Buol, s.w. 1989. **Soil Genesis and classification.** Iowa State University Press, Iowa.
- Delta-T Devices Ltd. 2002. **User Manual for the Moisture Meter.** Cambridge England.
- Donahue R.L., J C. Shckluna and L.S. Robertson. 1971. **Soil and introduction to Plant Growth.**  
 Prentice-hall,inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Hassett, I.J. and W.L. Banwart. 1992. **Soil and Theirs Environment.** Prentice Hall, Englewood  
 Cliffs, New Jersey.
- Hillel, D. 1998. **Environmental Soil Physics.** Academic Press, New York.

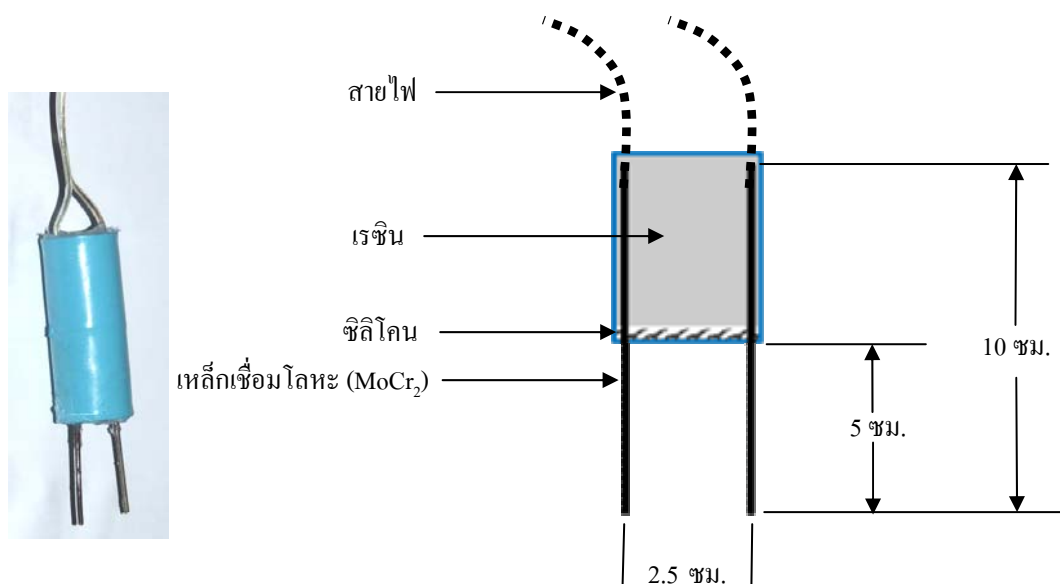
- Kramer, P.J. 1978. **Plant and Soil Water Relationship : A Modern Synthesis**. Tata McGraw-hill publishing. Co., Ltd., New Delhi.
- Miller, D.H. 1977. **Water at Surface of Earth : An Introduction to Ecosystem Hydrodynamic**. Academic Press, Inc., New York.
- Prichett, W.L. 1979. **Properties and Management of Forest Soil**. John Wiley & Son, Inc., New York.
- Prichett, W.L. and R.F. Fisher. 1987. **Properties and Management of Forest Soil**. John Wiley & Son, Inc., New York.
- Sakurai, K., V. Tanpiban, K. Muangnil, B. Phuriyakor, S. Araki T.Naganawa, G. Iwatsubo, T. Attanandana and B. Prachaiyo. 1991. **Change in soil moisture and temperature**, pp. 267-279. *In* K. Yoda and P. Sahunulu (eds.). Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in Thailand. Department of Biology Osaga University, Japan
- Sampson, A.W. 1952. **Range Management : Principle and Practice**. John Wiley & Son, Inc., New York.
- Singer, M.J. and D.N. Munns. 1987. **Soil and Introduction**. Macmillan Publishing Company, A Division of Macmillan, Inc., U.S.A.
- Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy : A Basic System of Soil Classification for marking and Interpretation Soil Survey**. Agriculture Handbook. No. 436. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- Topp, G.C. 1993. **Soil water content**, pp. 541-557. *In* M.R. Carter Zed.X. Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Publishers, Boca Rotan.

**ภาคผนวก**

## 1. เครื่องวัดความชื้นของดินแบบใช้แท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block)

เครื่องวัดความชื้นของดินแบบใช้แท่งวัดความต้านทาน เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่เกิดระหว่างขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว เมื่อมีความชื้นในดินมากจะมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย และเมื่อมีความชื้นในดินน้อยจะวัดความต้านทานไฟฟ้าได้มาก ประยุกต์มาจาก วิธีการของ ชลาทร ศรีตุลานนท์ ในการศึกษาความชื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งแบ่งเครื่องมือวัดความชื้นได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.1 ส่วนของหัววัดความต้านทาน ประกอบด้วย ข้อต่อของท่อประปาขนาด 4 นิ้ว, เหล็กเชื่อมโลหะ (MoCr<sub>2</sub>), ซิลิโคน, เรซิน และสายไฟ ดังภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 ส่วนประกอบของหัววัดความต้านทานไฟฟ้า

1.2 เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า สามารถหาซื้อได้ตามร้านอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยเลือกใช้เครื่องมือที่วัดความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม) ได้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะหาได้ และควรใช้เครื่องวัดแบบดิจิตอลเพื่อความสะดวกในการวัดความต้านทาน

ความยาวสายไฟจะต้องเท่ากันทุกเส้น ซึ่งจะแปรผันกับระดับความลึกของดินที่ลึกที่สุด ในการวัดความชื้น โดยในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ความยาว 1 เมตรเนื่องจากระดับความลึกของดินสูงสุดที่ทำการวัดคือ 80 เซนติเมตร ก่อนการนำหัววัดความต้านทานไปใช้ในการวัดความชื้นจะต้องนำไปปรับแก้ความต้านทานในแต่ละหัวให้เท่ากันก่อน ซึ่งจะใช้สารละลาย 2 ชนิดในการทดสอบคือ น้ำกลั่น และน้ำเกลือ ทำการแก้ค่าความต้านทานที่แตกต่างโดยการนำมาเป็นค่าคงที่ในแต่ละหัววัด ความต้านทาน ที่จะต้องทำการบวกลบ แก้อ่าที่ได้ภายหลังจากการเก็บข้อมูล และนำไปสร้างสมการแปลงค่าความต้านทาน (โอห์ม) เป็นความชื้นของดิน ซึ่งการสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่า (calibration curve) ซึ่งได้กล่าวไว้ในวิธีการแล้ว การฝังหัววัดความต้านทานแบ่งตามขั้นตอนได้ดังนี้

- 1) ใช้ สว่านเจาะดิน (soil auger) เจาะไปในระดับความลึกที่ต้องการ
- 2) นำแท่งไม้ไฟกระทุ้งให้ดินร่วนขึ้นเพื่อที่จะฝังหัววัดความต้านทานไฟฟ้า
- 3) หย่อนหัววัดความต้านทานลงไป โดยใช้ไม้ไฟกดที่ก้นของหัววัดความต้านทานของดิน เพื่อให้หัวไฟจมลงไปดินที่ต้องการวัดความต้านทาน
- 4) โยงสายไฟขึ้นมาจากหลุม กลับดินในหลุมที่ขุดให้เรียบร้อยและหาฝา หรือจุกยางครอบทับอีกทีหนึ่งเพื่อป้องกันน้ำฝนหรือสัตว์มารบกวน และทำเครื่องมือเสียหาย

## 2. การหาปริมาณความชื้นในดิน

ปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture) วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างดินมาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง คำนวณหาความชื้นดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธีการ Gravimetric method

$$P_w = \frac{\text{Fresh weight} - \text{Oven dry weight}}{\text{Oven dry weight}} \times 100$$

คำนวณค่าเป็นความสูงของน้ำในดินจากสูตร

$$h = \frac{(P_w \times B.D. \times H)}{100}$$

โดย h = ความชื้นดินคิดเป็นความสูง (เซนติเมตร)

P<sub>w</sub> = ความชื้นของดิน โดยน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)

BD = ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

H = ความหนาของชั้นดินช่วงที่เก็บดินตัวอย่าง (เซนติเมตร)

หรือ

ความชื้นเป็นความสูงของน้ำ ( $hw$ ) = ระดับความชื้น โดยปริมาตร  $\times$  ความลึกของดิน

### 3. สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดิน

ใช้วิธี Variable head หรือ Falling head peameameter สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$k = (al/At) \ln H_1/H_2$$

โดย  $k$  = สัมประสิทธิ์การนำได้ของน้ำในดิน (เซนติเมตร/วินาที)

$a$  = พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้ว (มิลลิเมตร)

$l$  = ความสูงของดินตัวอย่าง (มิลลิเมตร)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของหลอดเก็บตัวอย่าง (มิลลิเมตร)

$t$  = ช่วงเวลาที่ระดับความสูงของน้ำลดลงจาก  $H_1$  ถึง  $H_2$  (เซนติเมตร)

$H_1$  = ระดับความสูงของน้ำเมื่อเวลาเริ่มต้น (เซนติเมตร)

$H_2$  = ระดับความสูงของน้ำเมื่อเวลาผ่านไป  $t$  (เซนติเมตร)

### 4. การกระจายของอนุภาคต่างๆ ในดิน โดยทำได้ 2 วิธีคือ

#### 4.1 การร่อนด้วยตะแกรง (Sieve หรือ Mechanical Method)

วิธีการนี้จะใช้สำหรับเม็ดดินหยาบ เช่นกรวด ทราบเป็นต้น โดยนำดินที่ต้องการหาขนาดของอนุภาคมาใส่ตะแกรงมาตรฐานแล้วเขย่า โดยจัดให้ตะแกรงที่มีขนาดรูใหญ่สุดอยู่ข้างบน และตะแกรงที่มีขนาดรูเล็กสุดอยู่ด้านล่าง ซึ่งตะแกรงเล็กสุดจะเป็นตะแกรงเบอร์ 200 มีขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 0.075 มิลลิเมตร แล้วนำมาชั่งหาส่วนที่ค้างกับตะแกรงขนาดต่างๆ มาเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

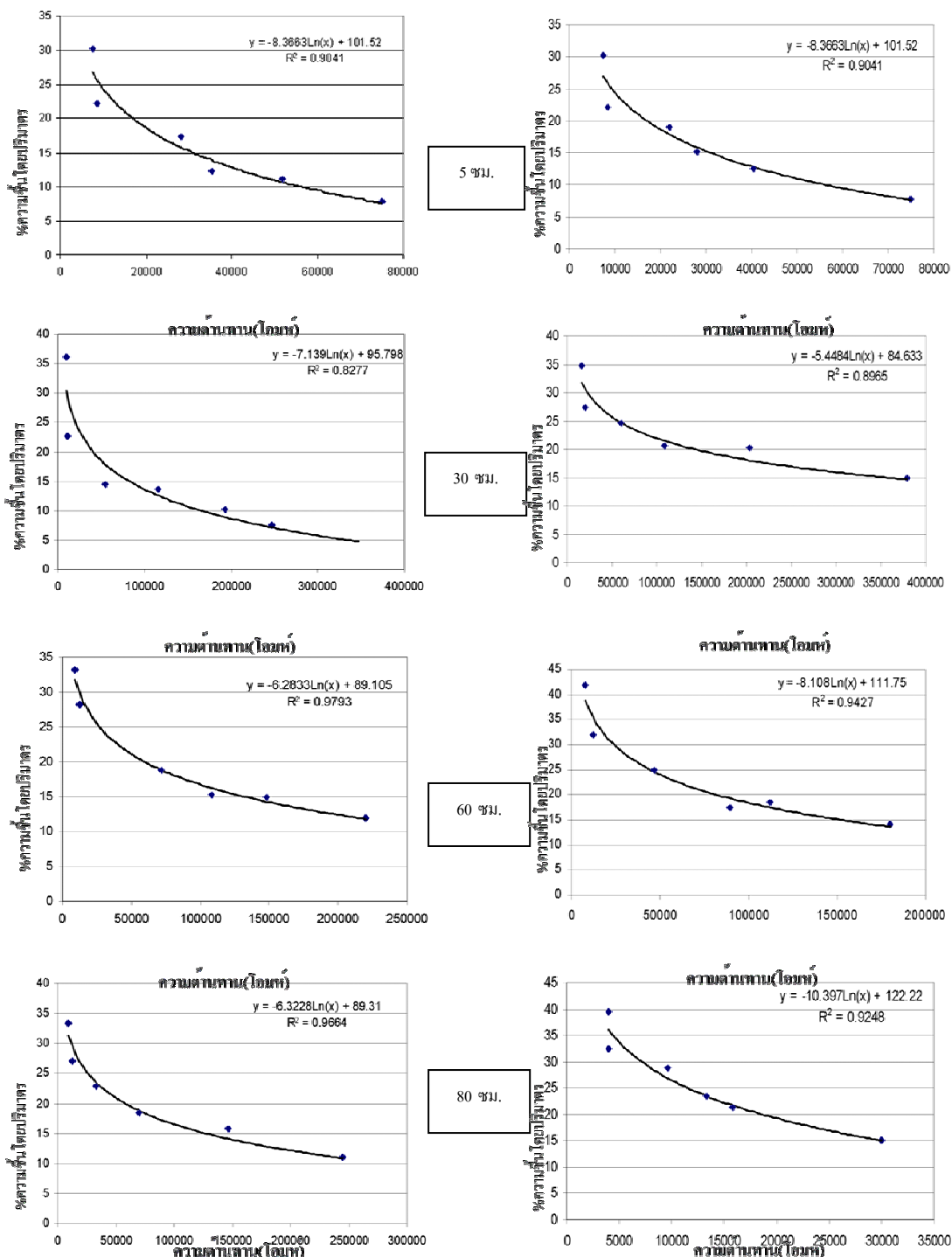
$$\text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างในแต่ละตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของดินทั้งหมด}} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์ที่ค้างสะสม = ผลบวกสะสมของดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงที่ใหญ่กว่า

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (\% passing หรือ \% finer หรือ \% smaller)} \\ = 100 - \text{เปอร์เซ็นต์ที่ค้างสะสม} \end{aligned}$$

#### 4.2 วิธีตกตะกอน (Hydrometer method)

วิธีนี้เหมาะกับเม็ดดินละเอียด ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตรลงไป ทำได้โดยนำดินที่ต้องการหาขนาดมาละลายน้ำแล้วใส่ในหลอดแก้วให้มีดิน กระจายและแขวนลอยอยู่ในน้ำ แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดอัตราการตกตะกอน ซึ่งเป็นการวัดความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ โดยอาศัยกฎของสโตค (Stoke's Law) คือ ความเร็วของการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเม็ดดิน ความหนาแน่นของของเหลว ความหนืดของของเหลว และขนาดของเม็ดดิน คือเม็ดดินใหญ่จะตกตะกอนเร็วกว่าเม็ดดินขนาดเล็ก



CK1, CK3, NCK

CK2

ภาพผนวกที่ 2 เส้นโค้งเปลี่ยนค่าของความชื้นของดินลุ่มน้ำห้วยป่าสาว อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี (แนวแกน X = ความต้านทาน(โอห์ม) แกน Y = ความชื้นของดิน (% โดยปริมาตร))

ตารางผนวกที่ 1 ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่าลำห้วยที่ 1 (CK1)

(5 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	30.01	27.16	28.43	20.00	3.12	n/a
1	2	28.22	29.00	29.30	16.00	n/a	n/a
1	3	28.70	30.05	25.03	20.20	5.00	n/a
1	4	30.23	28.50	28.00	20.15	n/a	n/a
1	5	28.21	28.82	29.38	17.00	n/a	n/a
1	6	26.41	26.00	28.50	20.96	n/a	n/a
2	1	28.28	29.14	28.50	17.16	5.03	n/a
2	2	28.90	28.06	28.50	21.69	n/a	n/a
2	3	27.82	28.63	29.50	21.10	4.23	n/a
2	4	27.84	28.00	28.80	21.00	n/a	n/a
2	5	28.32	28.59	28.45	24.25	n/a	n/a
2	6	28.95	27.50	25.27	17.00	5.00	n/a
3	1	29.29	26.60	25.00	18.39	4.52	n/a
3	2	30.00	26.99	28.00	15.94	n/a	n/a
3	3	25.99	26.96	28.30	15.30	n/a	n/a
3	4	26.98	26.99	27.50	14.36	3.50	n/a
3	5	29.45	28.02	28.07	14.96	6.13	n/a
3	6	28.00	23.00	30.00	19.00	5.22	n/a
	เฉลี่ย	28.42	27.67	28.03	18.58	4.64	-

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าแทนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย  
n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแห้งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

### ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

(30 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	34.45	36.50	35.10	33.14	25.00	20.97
1	2	36.66	31.09	35.40	34.20	30.12	18.50
1	3	37.00	37.20	36.23	34.99	33.15	24.00
1	4	36.50	35.56	36.00	35.00	34.00	24.12
1	5	36.85	35.00	35.21	33.34	28.76	19.95
1	6	35.90	35.00	33.33	33.00	35.04	20.04
2	1	35.70	37.35	36.16	31.97	22.00	13.14
2	2	36.00	35.00	34.50	32.05	25.00	19.91
2	3	37.41	35.00	34.78	24.96	22.15	19.00
2	4	37.50	35.87	34.77	28.28	25.10	18.75
2	5	35.50	35.22	35.00	32.78	25.77	18.94
2	6	35.70	35.05	35.65	33.12	24.50	15.54
3	1	35.80	35.10	35.41	35.40	27.24	19.15
3	2	35.56	35.00	29.54	27.17	18.02	20.10
3	3	37.00	36.90	34.99	28.55	26.63	21.90
3	4	36.58	36.42	34.06	30.00	28.53	20.85
3	5	36.54	35.42	27.99	26.04	19.00	19.40
3	6	35.55	35.35	35.81	33.64	29.00	19.32
เฉลี่ย		36.23	35.45	34.44	31.54	26.61	19.64

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าแทนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

(60 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน			ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)				
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	40.01	40.00	37.00	35.00	28.01	24.50
1	2	40.40	38.01	36.00	41.12	36.02	19.99
1	3	39.90	40.00	41.50	38.79	37.02	21.98
1	4	39.25	41.00	40.56	39.02	38.00	23.00
1	5	40.05	38.08	36.00	40.14	34.75	21.90
1	6	39.99	39.50	37.35	35.11	27.59	25.00
2	1	40.00	37.00	35.00	35.02	27.03	22.88
2	2	40.06	40.50	40.69	41.44	36.51	19.01
2	3	40.10	40.95	40.60	41.42	31.11	19.20
2	4	40.10	41.00	40.89	41.00	30.55	18.70
2	5	40.10	40.50	41.40	40.10	36.47	18.75
2	6	40.15	40.01	35.00	35.00	25.37	23.00
3	1	40.12	39.46	37.50	29.46	33.00	26.50
3	2	40.40	39.71	31.47	25.12	21.14	27.40
3	3	40.21	40.40	31.15	36.41	37.41	27.15
3	4	40.65	40.95	31.68	36.02	36.25	27.00
3	5	40.22	40.00	37.32	26.00	22.21	27.16
3	6	40.10	40.12	35.88	30.06	32.50	26.50
เฉลี่ย		40.10	39.84	37.06	35.90	31.72	23.31

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าแทนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

(80 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน			ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)				
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	2	45.50	45.00	47.10	47.00	44.00	27.00
1	3	47.18	42.11	46.00	41.99	40.25	21.04
1	4	45.50	45.01	47.47	44.17	38.98	23.45
1	5	41.02	42.12	42.26	32.02	20.10	17.89
1	6	41.41	41.00	45.04	46.50	37.41	24.48
2	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	6	40.90	44.00	48.00	37.41	35.12	27.80
3	1	41.44	45.78	48.50	40.02	35.40	26.41
3	2	42.09	43.40	47.00	41.11	40.04	31.11
3	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	6	40.01	46.00	45.80	35.99	35.50	34.45
เฉลี่ย		42.78	43.82	46.35	40.69	36.31	25.96

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าแทนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแบ่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

**ตารางผนวกที่ 2** ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า ลำห้วยที่ 2 (CK2)

(5 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	กล่อลัมภ์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	31.00	28.00	28.34	21.00	4.33	n/a
1	2	27.12	28.70	24.14	17.41	10.00	n/a
1	3	29.01	29.48	25.03	19.22	n/a	n/a
1	4	31.00	28.50	27.45	20.45	n/a	n/a
1	5	27.24	28.42	29.38	16.19	n/a	n/a
1	6	26.03	25.48	28.50	20.22	n/a	n/a
2	1	28.99	29.24	27.41	21.50	2.10	n/a
2	2	28.90	29.00	27.56	22.09	4.00	n/a
2	3	28.24	28.46	30.14	22.10	7.00	n/a
2	4	28.00	28.10	28.70	20.84	8.47	n/a
2	5	27.89	28.66	28.79	25.19	4.55	n/a
2	6	29.05	28.00	24.99	18.00	n/a	n/a
3	1	29.22	27.14	25.01	18.39	n/a	n/a
3	2	31.21	27.27	28.15	15.64	n/a	n/a
3	3	26.25	27.00	28.30	15.00	5.56	n/a
3	4	25.27	27.45	27.50	13.99	4.10	n/a
3	5	29.28	28.14	27.78	15.07	7.42	n/a
3	6	27.50	24.74	28.77	19.02	4.16	n/a
	เฉลี่ย	28.40	27.88	27.55	18.96	5.61	-

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกินตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย  
n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแท่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

(30 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	33.12	37.00	35.00	32.10	24.00	19.00
1	2	37.01	32.50	34.89	34.00	29.25	18.50
1	3	36.45	37.79	36.25	34.57	31.31	23.14
1	4	37.70	36.62	36.40	34.79	34.01	24.24
1	5	25.98	34.12	34.00	33.78	28.65	20.15
1	6	36.06	34.99	34.00	33.40	32.18	19.58
2	1	34.00	36.58	36.35	31.97	22.58	14.00
2	2	36.80	36.00	35.55	31.31	24.14	18.48
2	3	37.00	34.57	35.04	24.00	23.59	19.22
2	4	36.78	34.55	33.01	27.02	24.48	18.45
2	5	37.04	35.64	34.41	31.01	25.84	18.95
2	6	34.00	35.75	35.65	33.33	25.00	14.00
3	1	33.49	35.98	34.74	34.15	28.00	19.48
3	2	34.78	35.55	30.00	27.47	19.24	20.01
3	3	35.89	36.47	34.78	28.55	27.84	20.00
3	4	36.58	37.00	33.46	31.00	27.00	20.65
3	5	36.55	34.54	28.00	25.14	20.00	20.20
3	6	36.78	33.98	36.54	31.00	29.00	18.25
	เฉลี่ย	35.33	35.54	34.34	31.03	26.45	19.24

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

(60 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	41.10	38.00	37.11	36.02	29.00	25.64
1	2	40.02	38.04	37.00	41.00	35.74	17.77
1	3	40.00	39.74	41.41	37.44	35.58	19.41
1	4	40.00	40.88	40.00	38.56	37.41	20.14
1	5	40.30	38.41	35.74	40.11	35.46	20.74
1	6	40.12	38.89	37.47	36.00	28.11	26.17
2	1	40.00	38.40	36.00	35.14	28.00	21.04
2	2	39.55	41.00	40.31	40.01	35.47	20.74
2	3	40.84	40.14	40.45	40.35	28.40	20.88
2	4	40.21	42.78	40.44	41.09	31.00	17.47
2	5	40.32	40.21	40.98	40.00	35.47	19.97
2	6	39.85	40.01	36.56	34.76	26.14	20.47
3	1	40.45	40.10	37.00	30.00	35.00	20.85
3	2	41.00	38.74	32.41	35.53	21.04	24.98
3	3	40.01	40.47	31.46	35.74	37.21	25.00
3	4	40.24	40.89	37.73	35.74	35.09	24.74
3	5	40.11	38.79	37.32	27.65	22.65	24.59
3	6	40.10	40.12	36.90	30.98	33.00	27.00
เฉลี่ย		40.23	39.76	37.57	36.45	31.65	22.09

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

(80 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	2	45.00	44.75	45.47	43.10	42.97	28.47
1	3	46.14	43.16	46.08	40.70	41.11	22.14
1	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	5	45.10	43.78	43.25	40.33	35.41	19.00
1	6	44.77	42.00	44.19	40.41	35.97	20.74
2	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	6	40.99	42.13	44.74	45.14	36.00	22.89
3	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	5	43.00	43.02	48.00	40.90	39.58	30.00
3	6	41.07	45.11	46.41	38.79	38.47	32.10
	เฉลี่ย	43.72	43.42	45.45	41.34	38.50	25.05

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกินตามแนวตั้งและนอนโดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแห้งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

ตารางผนวกที่ 3 ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฟายชะลอการไหลของน้ำท่าลำห้วยที่ 3 (CK3)

(5 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	22.26	26.25	27.60	20.82	n/a	n/a
1	2	29.63	27.04	34.69	14.88	n/a	n/a
1	3	26.99	25.99	27.22	18.90	2.82	n/a
1	4	23.43	28.38	25.89	18.73	7.82	n/a
1	5	29.19	27.50	29.38	15.10	0.00	n/a
1	6	31.09	29.91	27.37	20.64	0.00	n/a
2	1	29.34	25.52	27.66	10.61	7.95	n/a
2	2	27.68	27.12	29.57	25.05	n/a	n/a
2	3	27.41	28.79	27.88	17.04	11.67	n/a
2	4	27.68	29.72	29.07	18.89	14.43	n/a
2	5	29.31	26.95	28.11	19.65	n/a	n/a
2	6	28.70	28.32	25.55	14.49	10.08	n/a
3	1	27.53	26.24	35.99	18.39	9.04	n/a
3	2	27.11	28.49	29.67	16.56	13.89	n/a
3	3	26.44	26.93	29.40	15.50	3.27	n/a
3	4	26.43	26.45	28.65	14.10	1.23	n/a
3	5	29.61	26.62	28.36	14.76	0.34	n/a
3	6	30.44	23.21	33.42	17.11	4.18	n/a
เฉลี่ย		27.79	27.19	29.19	17.29	6.19	n/a

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าแทนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย  
n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแท่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

### ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

(30 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	39.08	31.74	33.67	31.68	23.74	26.01
1	2	35.11	40.17	35.66	28.89	28.79	19.29
1	3	34.54	32.58	35.28	35.76	35.00	21.88
1	4	33.79	35.39	35.06	35.53	31.45	20.66
1	5	45.95	34.64	36.71	29.97	30.75	16.19
1	6	34.69	35.25	32.13	30.48	5.52	17.43
2	1	36.76	33.90	33.99	34.07	25.67	18.19
2	2	34.48	35.26	33.79	36.03	24.55	20.79
2	3	35.36	38.64	34.48	33.59	26.12	19.42
2	4	35.49	37.79	36.86	27.25	22.28	20.44
2	5	34.74	35.40	34.43	35.60	22.08	21.29
2	6	36.76	37.03	34.89	31.56	20.75	15.79
3	1	37.63	35.39	34.64	34.95	26.13	21.14
3	2	36.29	33.32	30.69	20.29	11.67	19.65
3	3	35.06	34.76	30.77	32.12	31.12	23.37
3	4	34.79	34.71	33.02	28.22	30.06	23.77
3	5	33.54	33.91	33.78	23.29	16.88	20.16
3	6	34.59	37.14	32.07	39.67	30.31	22.20
	เฉลี่ย	36.04	35.39	33.99	31.61	24.60	20.43

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

(60 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	38.84	41.14	36.83	31.98	24.89	24.33
1	2	40.10	38.20	34.07	38.42	33.72	19.98
1	3	37.85	42.40	40.89	41.12	38.47	30.10
1	4	38.50	40.26	41.42	39.82	35.66	28.35
1	5	40.17	37.76	35.05	40.29	35.27	22.19
1	6	39.84	40.75	36.83	31.89	26.20	23.30
2	1	40.18	32.62	33.74	34.74	25.84	24.21
2	2	40.68	40.82	41.30	43.20	37.43	14.64
2	3	39.13	43.00	40.70	40.21	32.08	16.90
2	4	39.76	40.31	42.43	39.95	30.04	20.81
2	5	39.88	41.61	41.83	45.06	37.47	15.67
2	6	40.18	28.00	30.69	34.95	29.37	24.66
3	1	40.31	41.47	36.84	29.83	28.05	31.53
3	2	39.91	29.90	30.91	13.70	21.96	29.53
3	3	41.84	41.43	29.43	35.79	33.74	28.85
3	4	41.17	40.46	22.63	36.18	37.02	29.26
3	5	40.98	17.44	6.03	20.09	19.28	30.16
3	6	40.68	40.79	31.54	27.47	30.55	25.38
	เฉลี่ย	40.00	37.69	34.06	34.71	30.95	24.44

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

(80 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	2	46.31	52.57	46.88	50.71	36.42	26.19
1	3	47.27	38.87	44.36	44.66	40.77	18.01
1	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	6	40.81	45.26	50.52	27.00	33.17	31.50
3	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
เฉลี่ย		44.80	45.57	47.25	40.79	36.79	25.23

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอนโดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแห้งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

ตารางผนวกที่ 4 ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่มีการใช้ฝายชะลอการไหลของน้ำท่า เฉลี่ยทั้ง 3 ฝาย (CKM)

(5 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	27.76	27.14	28.12	20.61	n/a	n/a
1	2	28.32	28.25	29.38	16.10	n/a	n/a
1	3	28.23	28.51	25.76	19.44	2.61	n/a
1	4	28.22	28.46	27.11	19.78	2.61	n/a
1	5	28.21	28.25	29.38	16.10	n/a	n/a
1	6	27.84	27.13	28.12	20.61	n/a	n/a
2	1	28.87	27.97	27.86	16.42	5.03	n/a
2	2	28.49	28.06	28.54	22.94	n/a	n/a
2	3	27.82	28.63	29.17	20.08	7.63	n/a
2	4	27.84	28.61	28.86	20.24	7.63	n/a
2	5	28.51	28.07	28.45	23.03	n/a	n/a
2	6	28.90	27.94	25.27	16.50	5.03	n/a
3	1	28.68	26.66	28.67	18.39	4.52	n/a
3	2	29.44	27.58	28.61	16.05	4.63	n/a
3	3	26.23	26.96	28.67	15.27	2.94	n/a
3	4	26.23	26.96	27.88	14.15	2.94	n/a
3	5	29.45	27.59	28.07	14.93	4.63	n/a
3	6	28.65	23.65	30.73	18.38	4.52	n/a
	เฉลี่ย	28.20	27.58	28.26	18.28	4.6	-

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกินตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแท่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

#### ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

(30 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	35.55	35.08	34.59	32.31	24.25	21.99
1	2	36.26	34.59	35.32	32.36	29.39	18.76
1	3	36.00	35.86	35.92	35.11	33.15	23.01
1	4	36.00	35.86	35.82	35.11	33.15	23.01
1	5	36.26	34.59	35.31	32.36	29.39	18.76
1	6	35.55	35.08	33.15	32.29	24.25	19.02
2	1	35.49	35.94	35.50	32.67	23.42	15.11
2	2	35.76	35.42	34.61	33.13	24.56	19.73
2	3	36.59	36.07	34.77	27.52	23.95	19.21
2	4	36.59	36.07	34.88	27.52	23.95	19.21
2	5	35.76	35.42	34.61	33.13	24.56	19.73
2	6	35.49	35.94	35.40	32.67	23.42	15.11
3	1	35.64	35.49	34.93	34.83	27.12	19.92
3	2	35.54	34.62	30.08	24.98	16.31	19.92
3	3	35.98	36.04	33.51	29.74	28.53	21.76
3	4	35.98	36.04	33.51	29.74	28.53	21.76
3	5	35.54	34.62	29.92	24.82	18.63	19.92
3	6	35.64	35.49	34.81	34.77	29.44	19.92
	เฉลี่ย	35.87	35.46	34.26	31.39	25.89	19.77

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอนโดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

(60 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	39.98	39.71	36.98	34.33	27.30	24.82
1	2	40.17	38.08	35.69	40.18	35.16	19.25
1	3	39.25	40.71	41.27	39.12	37.02	23.83
1	4	39.25	40.71	40.66	39.13	37.02	23.83
1	5	40.17	38.08	35.60	40.18	35.16	21.61
1	6	39.98	39.71	37.22	34.33	27.30	24.82
2	1	40.06	36.01	34.91	34.97	26.96	22.71
2	2	40.10	40.77	40.77	41.55	36.47	18.13
2	3	40.02	41.36	40.58	40.66	30.53	18.99
2	4	40.02	41.36	41.25	40.68	30.53	18.99
2	5	40.10	40.77	41.40	41.72	36.47	18.13
2	6	40.06	36.01	34.08	34.90	26.96	22.71
3	1	40.29	40.34	37.11	29.76	32.02	26.29
3	2	40.44	36.12	31.60	24.78	21.38	27.30
3	3	40.69	40.77	30.68	35.98	36.12	27.00
3	4	40.69	40.77	30.68	35.98	36.12	27.00
3	5	40.44	32.08	26.89	24.58	21.38	27.30
3	6	40.29	40.34	34.77	29.50	32.02	26.29
	เฉลี่ย	40.11	39.10	36.23	35.69	31.44	23.28

หมายเหตุ :จุดเก็บความชื้นของดินแสดง โดยค่าแกนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

(80 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	46.26	47.46	49.52	32.01	15.17	19.06
1	2	45.60	47.44	46.48	46.94	41.13	27.22
1	3	46.86	41.38	45.48	42.45	40.71	20.40
1	4	45.48	44.01	47.70	44.17	39.38	24.37
1	5	46.26	45.80	46.44	30.18	15.00	18.48
1	6	40.96	41.53	41.26	31.25	19.83	18.19
2	1	41.84	41.32	44.95	46.99	36.62	24.13
2	2	41.69	41.32	46.86	47.65	38.44	24.31
2	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	5	40.96	41.54	46.34	31.41	19.83	18.78
2	6	40.90	43.80	47.75	36.52	34.76	27.40
3	1	44.66	45.66	48.59	40.64	35.27	26.81
3	2	43.11	43.53	46.92	41.45	39.07	30.71
3	3	43.11	43.57	47.85	41.29	39.07	30.71
3	4	44.66	45.68	49.11	43.26	37.35	29.06
3	5	40.90	45.52	46.02	36.32	35.37	33.22
3	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
เฉลี่ย		43.55	43.97	46.75	39.50	32.47	24.86

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอนโดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแห้งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

ตารางผนวกที่ 5 ความผันแปรความชื้นรายเดือนในลำห้วยตัวอย่างอ้างอิงที่ไม่มีการใช้ฟายชะลอ  
การไหลของน้ำ (NCK)

(5 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	32.44	33.53	28.84	23.93	n/a	n/a
1	2	32.61	33.95	29.31	20.90	n/a	n/a
1	3	32.21	34.40	28.66	19.58	n/a	n/a
1	4	32.21	34.40	28.66	19.58	n/a	n/a
1	5	32.64	33.95	29.31	20.90	n/a	n/a
1	6	32.48	33.57	28.84	23.93	n/a	n/a
2	1	31.52	32.40	30.71	31.74	n/a	n/a
2	2	31.43	29.77	25.43	27.25	n/a	n/a
2	3	30.63	29.97	27.12	22.18	n/a	n/a
2	4	30.67	29.97	27.12	22.18	n/a	n/a
2	5	31.46	29.60	25.43	27.25	n/a	n/a
2	6	31.55	32.68	30.71	31.74	n/a	n/a
3	1	32.20	35.69	32.31	30.08	n/a	n/a
3	2	31.88	31.58	24.17	22.37	n/a	n/a
3	3	31.98	32.23	31.50	27.76	n/a	n/a
3	4	32.23	32.37	30.64	27.52	n/a	n/a
3	5	31.85	31.35	24.19	22.37	n/a	n/a
3	6	32.18	35.42	32.81	29.99	n/a	n/a
	เฉลี่ย	31.90	32.60	28.65	25.07	n/a	n/a

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าแทนตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย  
n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแท่งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

## ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

(30 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	37.55	37.44	37.56	37.44	34.01	14.31
1	2	37.67	37.62	35.54	26.42	24.44	15.49
1	3	37.38	38.57	37.72	37.52	35.35	23.17
1	4	37.38	38.57	38.03	37.50	35.35	23.17
1	5	37.67	37.62	38.73	28.10	24.44	15.49
1	6	37.55	38.86	37.89	37.36	30.02	17.02
2	1	37.55	39.49	37.89	31.41	27.11	23.40
2	2	37.67	39.58	37.54	36.19	28.17	18.11
2	3	37.61	40.36	38.05	34.44	23.08	10.28
2	4	37.61	40.36	38.03	34.44	23.08	10.28
2	5	37.67	39.58	37.56	36.19	28.17	18.11
2	6	37.55	39.49	38.72	31.41	27.11	23.40
3	1	36.00	38.25	37.05	35.42	14.89	6.42
3	2	36.36	35.57	34.25	28.75	18.22	20.96
3	3	35.46	38.41	35.99	32.67	21.43	23.26
3	4	35.46	38.41	35.86	32.61	21.43	23.26
3	5	36.36	35.57	34.25	28.75	18.22	20.96
3	6	36.00	38.25	37.05	35.38	14.89	6.42
เฉลี่ย		37.03	38.44	37.09	33.44	24.97	17.42

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกณฑ์ตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

(60 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน			ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)				
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	32.31	31.85	30.37	27.57	30.98	15.82
1	2	32.41	28.28	30.00	28.45	24.24	18.59
1	3	31.51	31.70	28.57	25.16	20.87	19.22
1	4	31.51	31.70	27.64	25.16	20.87	19.22
1	5	32.41	28.28	30.00	28.45	24.24	18.59
1	6	32.31	29.37	30.37	27.57	30.98	15.82
2	1	32.41	33.07	32.08	31.36	26.68	23.85
2	2	32.11	33.62	34.60	32.32	27.37	21.91
2	3	32.18	35.81	33.43	30.98	27.15	20.64
2	4	32.18	35.81	33.26	31.04	27.15	20.64
2	5	32.11	33.62	34.26	32.27	27.37	21.91
2	6	32.41	33.07	31.96	31.74	26.68	23.85
3	1	30.79	31.11	29.16	23.37	20.62	11.39
3	2	32.10	33.28	31.66	27.58	19.43	13.04
3	3	31.17	31.96	31.41	28.39	18.12	23.52
3	4	31.17	31.96	31.13	28.49	18.12	23.52
3	5	32.10	33.28	31.71	27.54	20.68	13.04
3	6	30.79	31.11	29.19	23.37	21.60	13.15
เฉลี่ย		31.89	32.16	31.16	28.38	24.06	18.76

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกินตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

### ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

(80 เซนติเมตร)

จุดเก็บความชื้นของดิน		ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
แถว	คอลัมน์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	2	43.58	38.50	39.96	39.61	35.20	23.35
1	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
1	5	43.58	37.83	34.58	39.48	35.20	23.35
1	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	2	43.58	39.34	38.97	36.43	29.46	25.08
2	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	5	43.58	39.34	38.56	36.18	29.46	25.08
2	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	2	43.58	40.06	37.89	24.92	21.30	12.35
3	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	5	43.58	40.06	38.70	24.93	21.30	12.35
3	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
เฉลี่ย		43.58	39.19	38.11	33.59	28.65	20.26

หมายเหตุ : จุดเก็บความชื้นของดินแสดงโดยค่าเกินตามแนวตั้งและนอน โดยจุดตั้งต้นเริ่มจากมุมบนด้านซ้าย

n/a = ดินแห้งมาก เครื่องมือวัดความชื้นของดินแบบแห้งวัดความต้านทานไม่สามารถวัดได้

