

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาลักษณะของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนบางชนิดที่พบในประเทศไทยจากพื้นที่  
ตัวแทน 15 บริเวณ ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน สมบัติทางเคมี และ  
แร่วิทยา

### 1. ลักษณะทั่วไป และสัณฐานวิทยาสนามของดิน

จากการศึกษาสภาพแวดล้อมและลักษณะทั่วไปของพื้นที่ที่พบชั้นศิลาแลงในหน้าตัดดิน  
ในบริเวณพื้นที่ตัวแทนจำนวน 15 พืดอน สามารถแบ่งตามสภาพความชื้นที่พบได้เป็น 3 กลุ่ม คือ  
อัสติก (ustic) แอควิก (aquic) และยูดิก (udic) ดังแสดงในตารางที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีอยู่  
ในช่วง 1100-1700 มิลลิเมตร, 1390-2396 มิลลิเมตรและ 1643-2196 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดง  
ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำแนกดินที่ศึกษาจาก 15 บริเวณตามสภาพความชื้นของพื้นที่

Pedon	Amphoe	Province	Annual Rainfall (mm)	Evaporation (mm)	Rain day (days)	Mean temperature (°C)	Relative humidity (%)
<b>สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)</b>							
P1	ลานหอย	สุโขทัย	1,200	1,912	112.0	28	74
P2	เขียงคาน	เขียงราย	1,700	1,309	133.6	24	76
P3	เมือง	พะเยา	1,100	1,352	116.9	25	77
P4	บ้านฝื่อ	อุดรธานี	1,390	1,715	118.9	26.6	71
P5	รัตนวาปี	หนองคาย	1,539	1,479	126.1	26.2	75
P6	น้ำโสม	อุดรธานี	1,390	1,715	118.9	26.6	71
P7	สมเด็จ	กาฬสินธุ์	1,400	1,780	122.0	26.3	73
<b>สภาพความชื้นแบบแอควิก (Aquic soil moisture regime)</b>							
P8	พาน	เขียงราย	1,702	1,309	133.6	24.2	76
P9	ไพศาล	นครสวรรค์	1,402	1,231	120.2	26.0	73
P10	เมือง	อุดรธานี	1,390	1,715	118.9	26.6	71
P11	ควนขนุน	พัทลุง	2,396	1,412	168.0	27.0	81
P12	ทุ่งตะโก	ชุมพร	1,883	1,380	165.8	26.8	82
<b>สภาพความชื้นแบบยูดิก (Udic soil moisture regime)</b>							
P13	ประจันตะคาม	ปราจีนบุรี	1,770	1,695	134.6	28.0	75
P14	นาสาร	สุราษฎร์ธานี	1,643	1,483	155.0	26.5	81
P15	กันดั่ง	ตรัง	2,196	1,511	171.3	27.0	82

จากตารางที่ 8 พบว่าบริเวณที่อยู่ในสภาพความชื้นแบบอัสติก (พีคอน 1-7) และยูติก (พีคอน 13-15) จัดเป็นที่ดอน ดินมีการระบายน้ำดี พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A(Ap)-Bt-Bv พื้นที่ที่มีความลาดชันผิวหน้าอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-10 สภาพภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดและลูกคลื่นลอนชัน มีการใช้พื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพความชื้นแบบอัสติก (พีคอน 1-7) พื้นที่ที่อยู่ภายใต้สภาพป่าผลัดใบ ป่าเต็งรัง หรือมีการใช้พื้นที่สำหรับปลูกสวนผลไม้ผสมได้แก่ ลองกอง ลิ้นจี่ มะม่วง มะขาม และกล้วย ปลูกยางพารา ในสภาพความชื้นแบบยูติก มีการใช้ที่ดินในการปลูกมันสำปะหลังและยางพารา สำหรับบริเวณที่อยู่ในสภาพความชื้นแบบแอกวิก (พีคอน 8-12) จัดเป็นที่ลุ่ม ดินมีการระบายน้ำแล้ว พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Apg-Btg-Bvg พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ในพิสัยร้อยละ 1-2 สภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบถึงค่อนข้างราบ พื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกข้าว ยกเว้นในพีคอนที่ 12 ปลูกปาล์มน้ำมัน

ดินที่ทำการศึกษาทุกหน้าตัดดินมีพัฒนาการสูง จัดเป็นดินลึกมาก คือมีชั้นที่เป็นดินมากกว่า 150 เซนติเมตร จากผิวดิน (เอิบ, 2542) แสดงถึงการผุพังอยู่กับที่เป็นเวลานาน และมีอิทธิพลมากกว่าการกร่อน (Buzter, 1976) มีสภาพพื้นที่ที่ราบเรียบจนถึงสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน มีค่าความชื้นอยู่ในพิสัยร้อยละ 0-10 ทำให้อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านหน้าตัดดินมีมากขึ้น เป็นผลให้อัตราการผุพังอยู่กับที่สูงขึ้น พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึกมากกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน และมีความหนาของชั้นประมาณ 60-140 เซนติเมตร สีดินมีสีเทาและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ แสดงถึงลักษณะการขังน้ำของดิน (เอิบ, 2542) วัตถุต้นกำเนิดมาจากวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่นที่อยู่บนวัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินตะกอน และ ตะกอนล้างผิวดินผสมกับตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่สลายตัวมาจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (ตารางที่ 8) ปฏิกริยาดินส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่เป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) แสดงว่าผ่านกระบวนการผุพังสลายตัวและการชะล้างมานานทำให้ค่าที่มีอยู่ถูกชะออกไปพร้อมกับมีการแทนที่ของไฮโดรเจนไอออน ส่งผลให้ปฏิกริยาดินลดต่ำลง (Mahalinga-Iyer and Williams, 1991)

ลักษณะทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษาทั้ง 15 บริเวณมีดังนี้ (ภาพที่ 3)

พีคอนที่ 1 อยู่ในบริเวณอำเภอลานหอย จังหวัดสุโขทัย ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A-Btc-Bv-BCr วัตถุต้นกำเนิดเป็น วัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (residuum derived from metasedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 96 เมตร อยู่

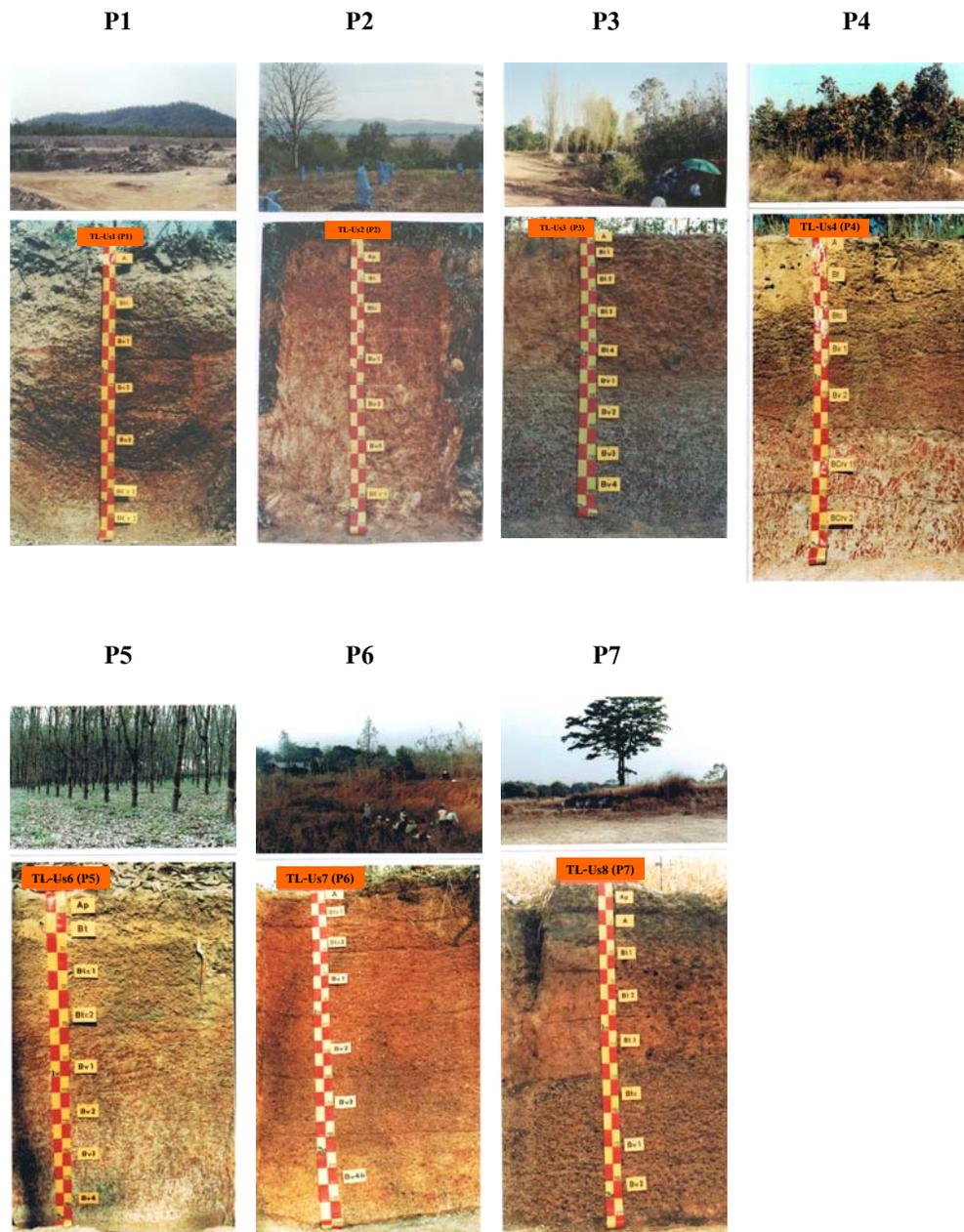
ตารางที่ 8 แสดงลักษณะทั่วไปของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 15 บริเวณ

พืดอน	ความหนา ของชั้นดิน บน (ซม.)	ความ ลึก (ซม.)	พัฒนาการ ของหน้า ตัดดิน	ความ ลาดชัน (%)	สภาพภูมิ ประเทศ	ลักษณะภูมิ ประเทศ	วัตถุต้นกำเนิด
สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)							
1	30	225+	A-Btc-Bv- BCr	3	Undulating	Hill footslope	Residuum derived from metasedimentary rocks
2	15	210+	Ap-Bt-Btc- Bv -BCr	9	Rolling	Summit of low hill	Residuum derived from classic sedimentary rocks (sandstone)
3	5	200+	A-Bt-Bv	6	Undulating	Crestal slope (summit) of low hill	Old wash deposits over residuum derived from metasedimentary rocks
4	7	205+	A-Bt-Btc- Bv-BCrv	3	Undulating	Erosional terrace	Local wash deposits over residuum derived from clastic sedimentary rocks
5	14	200+	Ap-Bt-Btc- Bv	3	Undulating	Erosional terrace	Local wash deposits over residuum derived from clastic sedimentary rocks (sandstone)
6	8	250+	A-Btc-Bv- Bvb	10	Rolling	Depositional on erosional terrace	Wash deposits over residuum derived from clastic sedimentary rocks
7	20	210+	Ap-A-Bt- Bv1	7	Undulating	Erosional terrace	Local wash deposits over residuum derived from sandstone
สภาพความชื้นแบบแอกวิก (Aquic soil moisture regime)							
8	10	150+	Apg-Btg- Bvg-Btgb- Bvgb	2	Almost flat	Low terrace in intermontane basin	Local alluvium over residuum derived from sedimentary and metasedimentary rocks
9	13	200+	Apg-Btg- Bvg-2Bvg	1	Almost flat	Lower part of middle terrace	Mixed alluvium of diferrent episodes

ตารางที่ 8 (ต่อ)

Pedon	ความหนา ของชั้นดิน บน (ซม.)	ความ ลึก (ซม.)	พัฒนาการของ หน้าตัดดิน	ความ ลาดชัน (%)	สภาพภูมิ ประเทศ	สัณฐานภูมิ ประเทศ	วัตถุต้นกำเนิด
10	17	200+	Apg-Btg- Bvg- BCg	2	Gently undulating	Erosional plain	Local wash deposits deposits over residuum derived from fine grained sedimentary rock
11	15	170+	Apg-Btg-Btcg- Bvg	1	Flat	Middle part of low terrace	Mixed alluvium derived from nearby stream sediments and solution of limestone
12	15	190+	Apg-Btg-Btcg- Bvg	2	Gently undulating	Lower part of toeslope	Local wash deposits mixed with local alluvium derived from metasedimentary rocks
สภาพความชื้นแบบยูดิก (Udic soil moisture regime)							
13	15	200+	Ap-Btc-Bv	2	Undulating	Erosional plain	Residuum derived from metasedimentary rock
14	35	220+	Ap-A-Bt-Btc- Bv	3	Undulating	Erosional terrace	Mainly residuum derived from metasedimentary rocks
15	10	200+	Ap-Bt-Btc-Bv	5	Undulating	Upper footslope of residual hills	Wash deposits over residuum derived from weathered metasedimentary rocks

ภายใต้สภาพป่าผลัดใบ ดินมีการระบายน้ำดี การซบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำปานกลาง ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 130 เซนติเมตร



ภาพที่ 3 สภาพภูมิประเทศ สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินบริเวณที่ทำการศึกษภายใต้สภาพความชื้นแบบอัสติก (P1-P7)

พืดอนที่ 2 อยู่ในบริเวณอำเภอเชียงคาน จังหวัดเชียงราย ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt-Btc-Bv-BCr วัตถุต้นกำเนิดเป็น วัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินทราย (residuum derived from classic sedimentary rocks (sandstone)) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 415 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกสวนผลไม้ผสม ได้แก่ ลองกอง ลิ้นจี่ มะม่วง มะขามและกล้วย ดินมีการระบายน้ำดี การซาชซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำปานกลาง ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 68 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 140 เซนติเมตร

พืดอนที่ 3 อยู่ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt-Bv วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินเก่าบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (old wash deposits over residuum derived from metasedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 426 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกป่า ดินมีการระบายน้ำดี การซาชซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำเร็ว ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 110 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 90 เซนติเมตร

พืดอนที่ 4 อยู่ในบริเวณอำเภอบ้านฝื่อ จังหวัดอุดรธานี ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt-Btc-Bv-BCrv วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่นบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (local wash deposits over residuum derived from clastic sedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 213 เมตร อยู่ภายใต้สภาพป่าเต็งรัง ดินมีการระบายน้ำดี การซาชซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำปานกลาง ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 70 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 130 เซนติเมตร

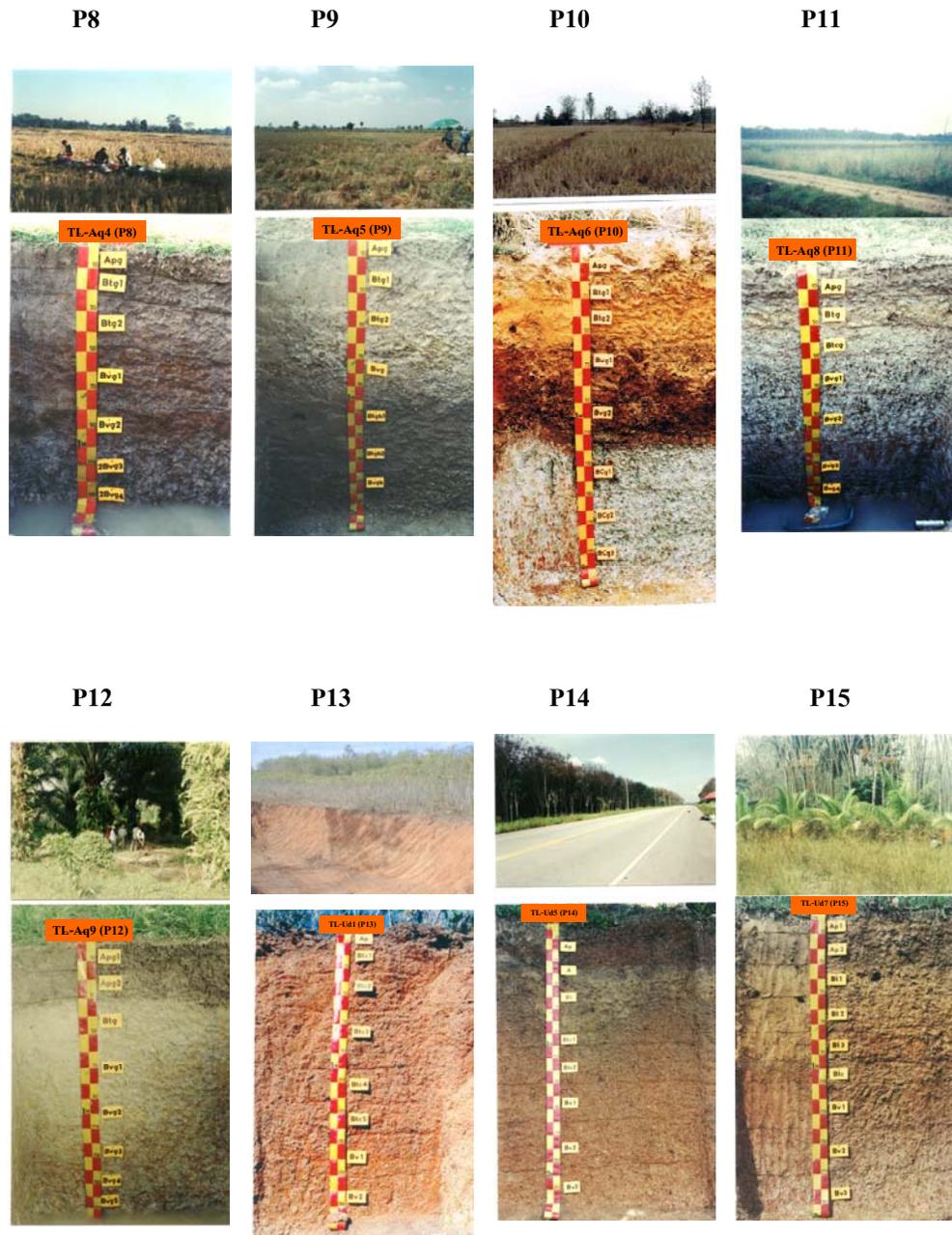
พืดอนที่ 5 อยู่ในบริเวณกิ่งอำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt-Btc-Bv วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินเก่าบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินทราย (old wash deposits over residuum derived from metasedimentary rocks (sandstone)) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 163 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกยางพารา ดินมีการระบายน้ำดี การซาชซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำเร็ว ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 75 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 125 เซนติเมตร

พืดตอนที่ 6 อยู่ในบริเวณอำเภอป่าโมก จังหวัดอยุธยา ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Btc-Bv-Bvb วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (wash deposits over residuum derived from clastic sedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 197 เมตร อยู่ภายใต้สภาพป่าผลัดใบ ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำปานกลาง ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 200 เซนติเมตร

พืดตอนที่ 7 อยู่ในบริเวณอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Btc-Bv-Bvb วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่นบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินทราย (local wash deposits over residuum derived from sandstone) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 208 เมตร มีการใช้ที่ดินเป็นป่าปลูกและบางส่วนตัดแปลงทำนา ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำเร็ว ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 60 เซนติเมตร

พืดตอนที่ 8 อยู่ในบริเวณอำเภอบาง จังหวัดเชียงราย ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Apg-Btg-Bvg-Btgb-Bvgb วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่นบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (local alluvium over residuum derived from sedimentary and metasedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 409 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกข้าว ดินมีการระบายน้ำเร็ว การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับของน้ำใต้ดิน 70 เซนติเมตร ขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 48 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 100 เซนติเมตร

พืดตอนที่ 9 อยู่ในบริเวณอำเภอโพธาราม จังหวัดนครสวรรค์ ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Apg-Btg-Bvg-2Bvg วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนน้ำพาผสมในช่วงเวลาต่างกัน (mixed alluvium of different episodes) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 43 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกข้าว ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 54 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 146 เซนติเมตร



ภาพที่ 4 สภาพภูมิประเทศ สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินบริเวณที่ทำการศึกษากายใต้สภาพความชื้นแบบสภาพภูมิประเทศ สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินบริเวณที่ทำการศึกษากายใต้สภาพความชื้นแบบแอกวิก (P8-P12) และยูดิก (P13-P15)

พืดอนที่ 10 อยู่ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Apg-BtgBvg-BCg วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่นบนวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอนเนื้อละเอียด (local wash deposits over residuum derived from fine grained sedimentary rock) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 187 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกข้าว ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นซิลิกาแลงที่ระดับความลึก 55 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 140 เซนติเมตร

พืดอนที่ 11 อยู่ในบริเวณอำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Apg-Btg-Btcg-Bvg วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนน้ำพาที่สลายตัวมาจากการผสมของตะกอนน้ำพาผสมและสารละลายจากหินปูน (mixed alluvium and solution of limestone) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 35 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกข้าว ทำสวนยางพารา ปลูกมะพร้าว และไม้ผลเขตร้อน ดินมีการระบายน้ำเร็ว การซาบซึมน้ำช้า การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับของน้ำใต้ดิน 110 เซนติเมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นซิลิกาแลงที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดินมีความหนา 120 เซนติเมตร

พืดอนที่ 12 อยู่ในบริเวณอำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร ดินมีพัฒนาการหน้าตัดแบบ Apg-Btg-Btcg-Bvg วัตถุต้นกำเนิดเป็น ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่นผสมกับตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่มาจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (local wash deposits mixed with local alluvium derived from metasedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 12 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกปาล์ม น้ำมัน และมะพร้าว ดินมีการระบายน้ำเร็ว การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับของน้ำใต้ดิน 110 เซนติเมตรขณะทำการศึกษา พบชั้นซิลิกาแลงที่ระดับความลึก 54 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 140 เซนติเมตร

พืดอนที่ 13 อยู่ในบริเวณอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี ดินมีพัฒนาการหน้าตัดแบบ Ap-Btc-Bv วัตถุต้นกำเนิดเป็น วัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (residuum derived from metasedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 43 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกมันสำปะหลัง ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำปานกลาง ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตร ขณะทำการศึกษา พบชั้นซิลิกาแลงที่ระดับความลึก 142 เซนติเมตรจากผิวดินมีความหนา 60 เซนติเมตร

พืดอนที่ 14 อยู่ในบริเวณอำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดินมีพัฒนาการหน้าตัดแบบ Ap-A-Bt-Btc-Bv วัตถุต้นกำเนิดเป็น วัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (residuum derived from metasedimentary rocks) เป็นส่วนใหญ่ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 45 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกยางพารา และกล้วย ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตร ขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 130 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 90 เซนติเมตร

พืดอนที่ 15 อยู่ในบริเวณอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ดินมีพัฒนาการหน้าตัดแบบ Ap-Bt-Btc-Bv วัตถุต้นกำเนิดเป็น วัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินตะกอน (wash deposits over residuum derived from weathered metasedimentary rocks) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 24 เมตร มีการใช้ที่ดินในการปลูกมันสำปะหลัง ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำปานกลาง ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตร ขณะทำการศึกษา พบชั้นศิลาแลงที่ระดับความลึก 110 เซนติเมตรจากผิวดิน มีความหนา 90 เซนติเมตร

ความลึกของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนในบริเวณที่ศึกษามีความลึกและความหนาของชั้นศิลาแลงแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่และสภาพความชื้นของดิน โดยในพืดอนที่ 1 ถึง 7 อยู่ในสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน ความชื้นของพื้นที่อยู่ในพิสัยร้อยละ 3-10 อยู่ในสภาพความชื้นแบบอัสติก พบชั้นศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ระดับความลึกในช่วง 50-150 เซนติเมตร ความหนาของชั้นศิลาแลงตั้งแต่ประมาณ 60 จนถึงหนากว่า 200 เซนติเมตร พืดอนที่ 8 ถึง 12 อยู่ในสภาพพื้นที่ราบถึงลูกคลื่นลอนลาดของพื้นที่อยู่ในพิสัยร้อยละ 1-2 อยู่ในสภาพความชื้นแบบแอกวิก พบชั้นศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ระดับความลึกในช่วง 48-54 เซนติเมตร ความหนาของชั้นศิลาแลงตั้งแต่ประมาณ 100 จนถึงหนากว่า 146 เซนติเมตร และพืดอน 13 ถึง 15 อยู่ในสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาด ความชื้นของพื้นที่อยู่ในพิสัยร้อยละ 2-5 อยู่ในสภาพความชื้นแบบยูดิก พบชั้นศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ระดับความลึก 110-142 เซนติเมตร ความหนาของชั้นศิลาแลงตั้งแต่ประมาณ 60 จนถึงหนากว่า 90 เซนติเมตร จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ดอนพบชั้นของศิลาแลงลึกกว่าพื้นที่ลุ่ม และในสภาพความชื้นแบบยูดิก ความหนาของชั้นศิลาแลงน้อยกว่า สภาพความชื้นแบบ อัสติก และ แอกวิก อาจเกิดจากการที่ออกไซด์ของเหล็กที่อยู่ในหน้าตัดดินบางส่วนละลายออกมาในดิน และเมื่อเกิดออกซิเดชันใหม่ก็มีการสะสมเหล็กใหม่ ทำให้ชั้นของศิลาแลงมีความหนาลดลง (ประเทือง, 2532)

ลักษณะของเม็ดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษาทั้ง 15 บริเวณ ไม่แตกต่างกันชัดเจนแต่ในสภาพความชื้นแบบอัสติก (พีคอน 1-7) จะแข็งและสีของเม็ดศิลาแลงมีสีแดงกว่าที่ในความชื้นแบบแอกวิก (พีคอน 8-12) และ ยูติก (พีคอน 13-15) เนื่องจากที่สภาพความชื้นแบบแอกวิกและยูติกมีความชื้นมากกว่า ลักษณะของศิลาแลง (laterite) ในสภาพความชื้นแบบอัสติก เหล็กออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบหลักจึงเป็นฮีมาไทต์ บริเวณที่มีความชื้นแบบยูติก จะมีความชื้นสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัดดิน เหล็กออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบหลักเป็นเกอไทต์ ทำให้ศิลาแลงที่พบมีสีออกเหลืองสำหรับในพีคอนระดับของน้ำใต้ดินลึกก็จะทำให้แข็งได้ สำหรับในสภาพความชื้นแบบแอกวิก ระดับของน้ำใต้ดินจะตื้นกว่าในพื้นที่ที่สภาพความชื้นเป็นแบบอัสติก ทำให้ศิลาแลงที่พบในสภาพความชื้นแบบยูติกและแอกวิกเป็นศิลาแลงอ่อน (Watana, 2004)

## 2. สมบัติทางเคมี

### 2.1 ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส

วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส โดยใช้ตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่บดละเอียดแล้วนำไปสกัดด้วยสารละลาย 1) dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) ซึ่งเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีสที่สกัดโดยวิธีนี้อยู่ในรูปอิสระ รูปสารอสังฐาน และรูปที่มีผลึก โดยเฉพาะแร่ฮีมาไทต์ เกอไทต์ (Mehra and Jackson, 1960) ซึ่งปริมาณของเหล็กอิสระมีความสำคัญมากเกี่ยวกับกระบวนการ laterization และ podzolization (Olson and Roscoe, 1982) 2) ammonium oxalate (pH 3.0) เหล็ก อะลูมิเนียมและแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีนี้อยู่ในรูปอสังฐาน ซึ่งเป็นรูปที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ (McKeague and Day, 1966; Hodges and Zelazny, 1980; National Soil Survey Center, 1995; สมใจ, 2545) การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ทำให้ทราบความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเหล็กในดินได้ และ 3) 0.1M sodium pyrophosphate (pH 10.0) เป็นเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีสที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (organic complex form) (National Soil Survey Center, 1995) ซึ่งอยู่ในรูปที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลาย และมีปริมาณสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน (ทัศนีย์, 2543) การสกัดโดยวิธีนี้จะไม่ทำลายโครงสร้างของแร่ดินเหนียวซิลิเกตและออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมที่อยู่ในดิน (McKeague, 1967) หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ด้วย atomic absorption spectrophotometer ได้ผลดังนี้

### 2.1.1 เหล็ก

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณเหล็กที่สกัดด้วยวิธีไดโครโอไนต์-ซีเตรต-ไบคาร์บอเนต วิธีแอมโมเนียมออกซาลेट และวิธีโซเดียมไฟโรฟอสเฟต อยู่ในพิสัย 0.56-22.46, 0.13-4.66 และ 0.12-0.74 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ในการวิเคราะห์เหล็กโดยวิธีการสกัดต่างๆ กันพบว่า เหล็กที่สกัดโดยไดโครโอไนต์-ซีเตรต-ไบคาร์บอเนต มีปริมาณสูงกว่าทุกวิธี เนื่องจากเป็นเหล็กอิสระที่อยู่ในรูปอสัณฐานและรูปที่มีผลึก โดยที่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ดินมีกระบวนการผุพังสลายตัวอยู่กับที่รุนแรง เหล็กจะเกิดปฏิกิริยาเคมีและหลุดออกมาจากรูปผลึกอยู่ในรูปเหล็กอิสระ ปริมาณเหล็กอิสระจะใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับความรุนแรงของการผุพังอยู่กับที่ในดิน ค่าร้อยละของเหล็กอิสระจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการผุพังอยู่กับที่เพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงถ้าหากดินมีการระบายน้ำเลวลง (เอิบ, 2542) เมื่อเรียงลำดับพัฒนาการของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนในแต่ละสภาพความชื้น พบว่าศิลาแลงหรือศิลาแลงอ่อนที่พบในบริเวณสภาพความชื้นแบบยูดิก (พีคอน 13-15) มีพัฒนาการสูงที่สุด รองลงมาคือศิลาแลงที่พบในสภาพความชื้นแบบฮัสติก (พีคอน 1-7) และแอควิก (พีคอน 8-12) (ตารางที่ 9) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเหล็กอิสระในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนพบบริเวณที่เป็นที่ดอนมากกว่าบริเวณที่เป็นที่ลุ่ม คาดว่าเกิดจากการชะละลายในหน้าตัดดิน โดยที่เหล็กเคลื่อนย้ายได้เมื่ออยู่ในรูปเฟอร์รัสไอออน ( $Fe^{2+}$ ) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นกรด (วันเพ็ญ, 2533; สมใจ, 2545) และเมื่ออยู่ในสภาวะออกซิเดชัน เฟอร์รัสไอออนจะเปลี่ยนเป็นเฟอร์ริกไอออน ( $Fe^{3+}$ ) ทำให้ตกตะกอนเป็นเหล็กออกไซด์อยู่ในดิน (ทัสนีย์, 2543; ผงจิตต์, 2545, Eswaran *et al.*, 1986) ส่วนในชั้นล่างของดินที่ดอนเมื่อวัตถุต้นกำเนิดดินผุพังสลายตัวปลดปล่อยธาตุเหล็กออกมาในสภาพรีดักชัน เมื่อมีการขึ้นลงของน้ำใต้ดินก็จะละลายเฟอร์รัสไอออน ขึ้นมาสะสมตามระดับของน้ำใต้ดินที่จะเป็นพาหะเคลื่อนย้ายเหล็กขึ้นมาสะสมอยู่ในชั้นดินล่าง (Young, 1976) ทำให้ดินในที่ดอนมีปริมาณของเหล็กออกไซด์อิสระในรูป  $Fe^{3+}$  มากกว่าในที่ลุ่มที่มีอิทธิพลของน้ำอย่างต่อเนื่อง

### 2.1.2 อะลูมินัม

ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วย ไดโครโอไนต์-ซีเตรต-ไบคาร์บอเนต เป็นอะลูมินัมที่อยู่ในรูปผลึก และรูปอสัณฐาน ทั้งที่อยู่ในลักษณะของอะลูมินัมออกไซด์ หรืออยู่ในลักษณะแทนที่สารประกอบอื่นๆ เช่น แทนที่เหล็กออกไซด์ (Olson and Roscoe, 1982; จงกลณี, 2545) ผลการ

ตารางที่ 9 ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีสที่สกัดโดย วิธีไดไซโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต วิธีแอมโมเนียมออกซาลेट และวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต ในแต่ละสภาพความชื้นดิน

รูปที่สกัด		Soil moisture regime		
		Ustic	Aquic	Udic
Fe (g kg <sup>-1</sup> )	Fe <sub>d</sub>	2.3-21.6	0.6-18.3	2.2-22.5
	Fe <sub>o</sub>	0.29-0.46	0.13-2.87	0.33-2.18
	Fe <sub>p</sub>	0.12-0.59	0.14-0.74	0.23-0.7
	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	0.02-0.33	0.07-0.29	0.21-0.23
Al (g kg <sup>-1</sup> )	Al <sub>d</sub>	0.7-5.23	0.05-6.67	1.34-6.16
	Al <sub>o</sub>	0.13-0.77	0.08-0.49	0.26-0.53
	Al <sub>p</sub>	0.03-0.2	0.06-0.32	0.03-0.21
Mn (g kg <sup>-1</sup> )	Mn <sub>d</sub>	0.001-0.69	0.004-0.40	0.001-0.23
	Mn <sub>o</sub>	0.001-0.64	0.001-0.32	0.001-0.15
	Mn <sub>p</sub>	0.0003-0.02	0.0003-0.02	0.0006-0.0002

หมายเหตุ Fe<sub>d</sub>, Al<sub>d</sub>, Mn<sub>d</sub> = สกัดด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) รูปอิสระ

Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub>, Mn<sub>o</sub> = สกัดด้วย ammonium oxalate (pH 3.0) รูปอิสระ

Fe<sub>p</sub>, Al<sub>p</sub>, Mn<sub>p</sub> = สกัดด้วย 0.1M sodium pyrophosphate (pH 10.0) รูปอินทรีย์

วิเคราะห์พบว่าอะลูมิเนียมที่สกัดโดยวิธีนี้มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคืออะลูมิเนียมที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน ซึ่งได้จากการสกัดด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต และอะลูมิเนียมที่อยู่ในรูปอิสระที่สกัดโดยวิธีแอมโมเนียมออกซาลेट ตามลำดับ มีค่าอยู่ในพิสัย 0.05-6.67, 0.03-0.32 และ 0.08-0.77 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเกิดอะลูมิเนียมออกไซด์ แตกต่างไปจากการเกิดเหล็กออกไซด์ คือ ต้องการปริมาณน้ำฝนมากกว่า และการระบายน้ำที่ดี (well drainage) เนื่องจากแร่ดินเหนียวในดินส่วนใหญ่เป็นแร่อะลูมิโนซิลิเกต ที่ประกอบด้วยธาตุซิลิกอน และอะลูมิเนียมเป็นธาตุหลัก ดังนั้นเมื่อแร่ดินเหนียวสลายตัวก็จะปลดปล่อยอะลูมิเนียม และซิลิกอนออกมาอยู่ในสารละลายดิน ถ้ามีปริมาณฝนน้อย การระบายน้ำอยู่ในระดับดีปานกลาง ซิลิกอนจะรวมกับอะลูมิเนียมอยู่ในรูปแร่โอไลไนต์ (Hsu, 1989)

ตารางที่ 10 ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ในเม็ดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนทั้ง 15 บริเวณ

Depth (cm)	Horizon	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	g kg <sup>-1</sup>			Mn <sub>d</sub>	Mn <sub>o</sub>	Mn <sub>p</sub>
						Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>p</sub>			
สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)											
Pedon 1 Typic Plinthustaf, loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic											
Bv1	60-90	10.32	1.99	0.34	0.19	2.99	0.25	0.04	0.697	0.585	0.0191
Bv2	90-130	10.37	1.38	0.34	0.13	2.99	0.17	0.03	0.653	0.430	0.0176
Bv3	130-170	7.35	0.60	0.40	0.08	2.05	0.13	0.05	0.621	0.647	0.0155
Pedon 2 Haplic Plinthustult, fine, kaolinitic, isohyperthermic											
Bv1	68-108	2.45	0.53	0.59	0.22	2.05	0.44	0.16	0.005	0.001	0.0005
Bv2	108-136	3.59	0.45	0.43	0.12	2.75	0.30	0.13	0.004	0.003	0.0003
Bv3	136-170	2.84	0.94	0.28	0.33	1.65	0.45	0.10	0.003	0.003	0.0005
BCvr	170-210	2.30	0.29	0.21	0.13	1.80	0.44	0.08	0.003	0.001	0.0006
Pedon 3 Typic Plinthustult, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic											
Bv1	110-130	16.21	2.28	0.37	0.14	3.39	0.27	0.06	0.084	0.053	0.0028
Bv2	130-150	20.14	4.66	0.34	0.23	4.20	0.66	0.10	0.145	0.094	0.0013
Bv3	150-175	19.67	0.80	0.51	0.04	2.70	0.13	0.15	0.016	0.003	0.0010
Bv4	175-200	12.34	1.53	0.29	0.12	2.50	0.24	0.19	0.012	0.004	0.0006
Pedon 4 Typic Plinthustult, , loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic											
BCvr1	130-170	4.15	1.21	0.12	0.29	0.70	0.37	0.12	0.005	0.004	0.0016
BCvr2	170-205	5.62	0.81	0.19	0.14	1.30	0.22	0.13	0.008	0.001	0.0012
Pedon 5 Typic Plinthustult, clayey-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic											
Bv1	75-110	13.26	2.10	0.49	0.16	5.02	0.64	0.14	0.002	0.002	0.0009
Bv2	110-130	6.88	0.68	0.40	0.10	2.54	0.25	0.18	0.001	0.003	0.0013
Bv3	130-170	3.75	0.53	0.22	0.14	1.90	0.45	0.17	0.002	0.003	0.0012
Bv4	170-200	4.02	0.54	0.17	0.13	2.15	0.29	0.20	0.002	0.004	0.0014
Pedon 6 Typic Plinthustult, , loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic											
Bv1	50-100	21.64	0.81	0.28	0.04	5.18	0.28	0.10	0.020	0.003	0.0010
Bv2	100-150	18.94	0.39	0.21	0.02	4.13	0.18	0.07	0.018	0.006	0.0005
Bv3	150-190	16.18	0.63	0.26	0.04	3.51	0.77	0.09	0.019	0.008	0.0009
Bv4b	190-250	14.07	0.66	0.24	0.05	3.05	0.38	0.07	0.213	0.153	0.0018
Pedon 7 Typic Plinthustalf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic											
Bv1	150-185	11.19	2.33	0.28	0.21	3.48	0.69	0.06	0.287	0.244	0.0048
Bv2	185-210	15.45	0.90	0.31	0.06	5.23	0.29	0.06	0.156	0.003	0.0040
สภาพความชื้นแบบแอกวิก (Aquic soil moisture regime)											
Pedon 8 Typic Plinthaqualf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic											
Bvg1	48-76	2.36	0.37	0.24	0.15	1.10	0.19	0.11	0.017	0.011	0.0010
Bvg2	76-90	10.47	1.07	0.14	0.10	4.25	0.20	0.06	0.110	0.052	0.0051

ตารางที่ 10 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> <sup>-1</sup>	Al <sub>p</sub>	Mn <sub>d</sub>	Mn <sub>o</sub>	Mn <sub>p</sub>
		←						g kg <sup>-1</sup> →			
2Bvg3	90-115	2.42	0.24	0.14	0.10	1.70	0.18	0.11	0.030	0.017	0.0039
2Bvg4	115-150	1.73	0.13	0.15	0.08	1.25	0.16	0.17	0.055	0.039	0.0060
Pedon 9 Typic Plinthaqualf, , loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic											
Bvg	54-100	5.52	0.40	0.30	0.07	1.35	0.09	0.12	0.402	0.324	0.0110
Bvgb	160-200	5.04	0.36	0.32	0.07	1.40	0.08	0.13	0.399	0.323	0.0231
Pedon 10 Typic Plinthaquilt, , loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic											
Bvg1	55-78	18.34	1.19	0.74	0.07	6.67	0.31	0.12	0.158	0.003	0.0008
Bvg2	78-119	15.60	2.87	0.52	0.18	4.23	0.39	0.07	0.010	0.005	0.0008
Pedon 11 Typic Plinthaquilt, fine, mixed, isohyperthermic											
Bv1	50-75	3.39	0.51	0.33	0.15	0.05	0.29	0.12	0.199	0.166	0.0042
Bv2	75-110	1.94	0.25	0.25	0.13	0.95	0.19	0.13	0.070	0.036	0.0044
Bv3	110-140	1.39	0.18	0.31	0.13	1.20	0.24	0.28	0.009	0.003	0.0019
Bv4	140-170	1.82	0.40	0.31	0.22	1.50	0.47	0.32	0.013	0.007	0.0022
Pedon 12 Typic Plinthaquilt, fine-loamy, mixed, isohyperthermic											
Bvg1	54-82	0.56	0.13	0.30	0.23	0.40	0.15	0.15	0.005	0.001	0.0004
Bvg2	82-110	2.05	0.29	0.42	0.14	0.85	0.29	0.15	0.005	0.003	0.0006
Bvg3	110-135	3.48	0.99	0.47	0.29	1.45	0.49	0.13	0.005	0.003	0.0007
Bvg4	135-160	2.95	0.29	0.40	0.10	1.35	0.18	0.12	0.005	0.002	0.0005
Bvg5	160-190	2.67	0.33	0.31	0.12	1.00	0.33	0.10	0.006	0.004	0.0003
สภาพความชื้นแบบยูดิก (Udic soil moisture regime)											
Pedon 13 Typic Plinthudult, clayey-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic											
Bv1	142-172	9.72	1.22	0.30	0.13	3.24	0.47	0.06	0.236	0.154	0.0024
Bv2	172-200	12.48	0.37	0.23	0.03	3.60	0.31	0.03	0.188	0.133	0.0028
Pedon 14 Typic Plinthudult, fine kaolinitic, isohyperthermic											
Bv1	130-160	22.46	1.03	0.42	0.05	6.16	0.28	0.06	0.007	0.002	0.0008
Bv2	160-195	19.25	2.18	0.43	0.11	5.00	0.53	0.06	0.020	0.002	0.0008
Bv3	195-220	12.07	0.44	0.66	0.04	5.51	0.26	0.10	0.024	0.001	0.0010
Pedon 15 Typic Plinthudult, coarse-loamy, mixed, isohyperthermic											
Bv1	110-140	3.91	0.56	0.70	0.14	2.14	0.32	0.21	0.008	0.003	0.0009
Bv2	140-170	2.54	0.33	0.34	0.13	1.39	0.28	0.19	0.001	0.001	0.0006
Bv3	170-200	2.15	0.46	0.23	0.21	1.34	0.45	0.15	0.002	0.002	0.0007

หมายเหตุ Fe<sub>d</sub>, Al<sub>d</sub>, Mn<sub>d</sub> = สกัดด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) รูปอิสระ

Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub>, Mn<sub>o</sub> = สกัดด้วย ammonium oxalate (pH 3.0) รูปอิสระ

Fe<sub>p</sub>, Al<sub>p</sub>, Mn<sub>p</sub> = สกัดด้วย 0.1M sodium pyrophosphate (pH 10.0) รูปอินทรีย์

แต่ถ้ามีปริมาณน้ำฝนมากจะเกิดการชะละลายซิลิกอนออกไปจากดิน อะลูมินัมจะแยกตัวออกมารวมกับอนุภาคไฮดรอกไซด์ เกิดเป็นสารประกอบอะลูมินัมไฮดรอกไซด์ หรือแร่กิบบ์ไซต์ขึ้น (Hsu, 1989) ภายหลังจากเคลื่อนย้ายซิลิกาและธาตุที่เป็นต่างออกไปจากระบบ อะลูมินาและเหล็กออกไซด์ ซึ่งเคลื่อนที่ได้ยากจะสะสมเข้มข้นเป็นวัสดุตกค้าง และในที่สุดจะกลายเป็นซิลิแลงอยู่ในหน้าตัดดิน ดังนั้นในชั้นที่มีการสะสมซิลิแลงจึงมีปริมาณอะลูมินัมมากกว่าส่วนอื่นๆ (จงกลณี, 2545)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะลูมินัมกับเหล็ก เห็นได้ว่ามีปริมาณต่างกันมาก แสดงว่าซิลิแลงในบริเวณที่ทำการศึกษามีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของซิลิแลงที่มีปริมาณควอตซ์สูง (Maigien, 1966)

### 2.1.3 แมงกานีส

ปริมาณแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีไดโครโอไมต์-ซีเตรต-ไบคาร์บอเนต วิธีแอมโมเนียม ออกซาเลต และวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต อยู่ในพิสัย 0.001-0.697, 0.001-0.647 และ 0.0003-0.0231 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

แมงกานีสในซิลิแลงและซิลิแลงอ่อนในบริเวณที่ศึกษาทั้ง 15 บริเวณมีค่าต่ำกว่าเหล็ก และอะลูมินัมอาจเป็นเพราะ 1) วัตถุประสงค์กำเนิดดินโดยทั่วไปมีแมงกานีสออกไซด์ต่ำอยู่แล้ว (พรพนา, 2546; ไพบูลย์, 2528) 2) ในสภาพแวดล้อมที่มีการผุพังอยู่กับที่ค่าปฏิกิริยาดินจะทำให้เหล็กตกตะกอนทางเคมีได้ง่ายโดยกระบวนการออกซิเดชัน แต่ไอออนของแมงกานีสยังคงมีอยู่ในสารละลายได้ จึงมีโอกาสสูญเสียน้ำหนักจากหน้าตัดดินได้ง่ายกว่าเหล็ก (McFarlane, 1976)

### 2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กออสเทนกับเหล็กอิสระในซิลิแลง

จากผลการวิเคราะห์อัตราส่วนของเหล็กออสเทนกับเหล็กอิสระ ( $Fe_0/Fe_d$ ) (ตารางที่ 9) พบว่าทุกพืดอนมีค่าอัตราส่วนของ  $Fe_0/Fe_d$  ต่ำกว่า 1 อยู่ในพิสัย 0.02-0.33 แสดงว่าเหล็กที่อยู่ในซิลิแลงส่วนมากอยู่ในรูปที่มีผลึก มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่ำ (Lucia, 1995; Maejima, 2000; จงกลณี, 2545) มีพัฒนาการสูง ซึ่งในการผุพังสลายตัว แร่ปฐมภูมิจะสลายตัวและปลดปล่อยเหล็กออกมาสะสมในดิน เมื่อดินมีปริมาณเหล็กสูงขึ้น จะมีการจัดเรียงตัวกันเกิดเป็น

เหล็กที่มีผลึก จึงทำให้อัตราส่วนของ  $Fe_0/Fe_d$  ต่ำลงเมื่อดินมีอายุเพิ่มขึ้น (Bronger *et al.*, 2000) เมื่อทำการเรียงลำดับพบว่าศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่พบในสภาพความชื้นแบบยูดิก (พีคอน 13-15) มีพัฒนาการมากกว่าภายใต้สภาพความชื้นแบบอัสติก (พีคอน 1-7) และแอกวิก (พีคอน 8-12) (ตารางที่ 8) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาทางสัณฐานวิทยา และจุลสัณฐานวิทยา ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดของดิน เหล็กออกไซด์จะอยู่ในรูปไอออนบวกซึ่งสามารถตรึงธาตุอาหารพืชที่มีประจุลบ เช่น ฟอสเฟต และซัลเฟต เป็นต้น ดังนั้นดินจึงมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ (พรพนา, 2546)

จากการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส โดยการสกัดด้วยสารละลายต่างๆ พบว่าเหล็ก อะลูมิเนียมและแมงกานีสในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษาทั้ง 15 บริเวณอยู่ในรูปอิสระ มากกว่ารูปอื่นๆ ซึ่งได้จากการสกัดด้วยวิธีไดโครโอไนต์-ซีเตรด-ไบคาร์บอเนต และภายใต้สภาพความชื้นแบบยูดิก ศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนมีปริมาณเหล็กอิสระมากที่สุดอยู่ในช่วง 2.2-22.5 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาเป็นกลุ่มที่อยู่ภายใต้สภาพความชื้นแบบอัสติก และแอกวิก ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของศิลาแลงที่มีปริมาณควอตซ์สูง (Maigien, 1966) เนื่องจากผ่านกระบวนการกำเนิดศิลาแลงซึ่งเป็นการผูกพันอยู่กับที่แบบหนึ่งมานาน ทำให้มีการสะสมเหล็กมากขึ้น และดินบริเวณที่ศึกษามีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 4-6 ทำให้ค่า  $E_h$  มีค่ามากและมีการออกซิไดซ์เพิ่มขึ้น จึงทำให้สารประกอบเฟอร์ริกมีความเสถียรมากกว่า สารประกอบของอะลูมิเนียมและแมงกานีส ซึ่งสามารถสูญเสียหรือเปลี่ยนรูปไปได้ง่ายกว่า (McFarlane, 1976)

## 2.2. การวิเคราะห์ทางเคมีรวม

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุรวมต่างๆ ได้แก่ ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) ไทเทเนียม (Ti) แมงกานีส (Mn) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และฟอสฟอรัส (P) ในศิลาแลงโดยวิธี X-ray fluorescence spectrophotometry (XRF) แสดงไว้ในตารางที่ 11 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันดังนี้

### 2.2.1 ซิลิคอน

ธาตุซิลิคอนในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนมีปริมาณอยู่ในพิสัย 136.2-399.4 กรัมต่อกิโลกรัม โดยภายใต้สภาพความชื้นแบบแอกวิก (พีคอน 8-12) มีค่ามากที่สุดอยู่ในพิสัย 150.3-399.4 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือในสภาพความชื้นแบบยูดิกและอัสติก ซึ่งอยู่ในพิสัย 136.2-341 และ 168-334.7 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีรวมของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ทำการศึกษา  
ทั้ง 15 บริเวณ

Depth (cm)	Horizon	Si	Al	Fe	Ti	Na	Mg	K	Ca	S	P	Mn	Cu	Zn
		←					g kg <sup>-1</sup>		→					
<b>สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)</b>														
<b>Pedon 1</b> Typic Plinthustaf, loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic														
Bv1	60-90	256.2	50.7	223.2	2.9	3.3	1.2	4.0	1.0	nil	0.29	9.01	0.135	0.117
Bv2	90-130	317.8	38.0	157.6	2.1	1.6	0.8	3.5	0.6	nil	0.25	7.76	0.100	0.066
Bv3	130-170	320.1	40.8	154.8	2.1	1.8	0.8	4.5	0.8	nil	0.18	8.79	0.096	0.063
<b>Pedon 2</b> Haplic Plinthustult, fine, kaolinitic, isohyperthermic														
Bv1	68-108	302.9	132.1	31.3	3.1	0.8	3.3	23.5	nil	nil	0.12	0.03	0.013	0.025
Bv2	108-136	308.7	123.4	38.6	2.9	0.7	3.2	22.1	nil	nil	0.11	0.02	0.011	0.023
Bv3	136-170	334.7	108.0	33.2	2.6	0.7	2.9	21.8	nil	nil	0.11	0.02	0.009	0.016
BCvr	170-210	328.3	115.1	27.9	2.8	0.7	3.2	25.5	nil	nil	0.11	0.02	0.008	0.015
<b>Pedon 3</b> Typic Plinthustult, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic														
Bv1	110-130	194.1	65.2	262.2	2.2	0.5	1.9	4.2	0.1	nil	0.37	1.18	0.047	0.039
Bv2	130-150	202.1	82.6	235.2	2.9	0.7	2.8	6.3	0.1	nil	0.32	1.46	0.034	0.033
Bv3	150-175	209.7	72.6	235.7	2.7	0.6	2.6	6.4	0.1	nil	0.30	0.20	0.027	0.031
Bv4	175-200	259.3	91.9	160.4	4.0	0.7	3.2	7.7	0.3	nil	0.20	0.14	0.032	0.035
<b>Pedon 4</b> Typic Plinthustult, loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic														
BCvr1	130-170	311.9	102.8	58.3	3.6	0.9	7.5	15.6	0.4	nil	0.12	0.11	0.023	0.035
BCvr2	170-205	312.1	94.8	68.9	3.5	0.9	6.8	15	0.3	nil	0.14	0.15	0.019	0.033
<b>Pedon 5</b> Typic Plinthustult, clayey-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic														
Bv1	75-110	193.8	129.3	182.9	3.1	0.9	5.1	13	nil	nil	0.31	0.05	0.025	0.022
Bv2	110-130	222.9	142.7	130.9	5.0	1.2	7.6	22.7	0.1	nil	0.36	0.07	0.029	0.030
Bv3	130-170	251.4	144.3	83.5	6.3	1.4	9.4	28.9	0.1	nil	0.31	0.10	0.036	0.034
Bv4	170-200	255.4	146.5	82.4	6.5	1.4	10.0	32.6	nil	nil	0.23	0.11	0.031	0.036
<b>Pedon 6</b> Typic Plinthustult, loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic														
Bv1	50-100	214.1	92.6	236.4	2.3	0.7	1.0	1.2	0.3	nil	0.90	0.28	0.057	0.084
Bv2	100-150	168.0	105.0	275.0	2.4	0.7	0.8	1.2	0.2	nil	1.15	0.26	0.073	0.087
Bv3	150-190	186.9	104.7	258.6	2.6	0.7	0.9	1.4	0.2	nil	0.89	0.31	0.060	0.088
Bv4b	190-250	195.4	117.2	240.3	3.1	0.8	0.7	1.1	2.0	nil	0.99	2.33	0.106	0.097
<b>Pedon 7</b> Typic Plinthustalf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic														
Bv1	150-185	235.2	74.0	204.0	2.6	0.6	1.6	5.5	0.3	nil	0.48	3.55	0.053	0.040
Bv2	185-210	252.7	67.4	187.6	2.5	0.6	1.5	5.5	0.3	nil	0.42	1.86	0.051	0.039

ตารางที่ 11 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Si	Al	Fe	Ti	Na	Mg g kg <sup>-1</sup>	K	Ca	S	P	Mn	Cu	Zn
<b>สภาพความชื้นแบบแอกวิก (Aquic soil moisture regime)</b>														
<b>Pedon 8</b> Typic Plinthaqualf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic														
Bvg1	48-76	378.5	75.8	28.8	4.5	2.3	2.4	12.6	0.4	nil	0.16	0.17	0.018	0.037
Bvg2	76-90	295.1	89.3	128.4	3.3	2.7	2.7	14.1	0.4	nil	0.24	1.37	0.026	0.056
2Bvg3	90-115	314.8	125.1	32.3	5.5	3.6	3.7	22.1	0.8	nil	0.11	0.32	0.036	0.066
2Bvg4	115-150	331.0	116.0	26.3	5.8	3.2	3.2	19.0	0.8	nil	0.10	0.56	0.035	0.059
<b>Pedon 9</b> Typic Plinthaqualf, , loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic														
Bvg	54-100	368.9	33.3	91.1	4.6	0.7	0.7	1.1	0.1	nil	0.09	4.98	0.020	0.020
Bvgb	160-200	346.3	43.1	103.3	4.4	1.3	1.1	1.6	0.4	nil	0.08	4.82	0.025	0.020
<b>Pedon 10</b> Typic Plinthaquilt, , loamy-skeletal, mixed, semiaactive, isohyperthermic														
Bvg1	55-78	178.4	74.2	278.2	1.7	0.7	3.8	7.9	0.1	nil	0.34	0.26	0.040	0.040
Bvg2	78-119	150.3	69.0	309.5	1.6	0.7	3.4	7.9	0.1	nil	0.23	0.23	0.036	0.043
<b>Pedon 11</b> Typic Plinthaquilt, fine, mixed, isohyperthermic														
Bv1	50-75	321.7	106.2	49.2	8.2	0.8	4.0	14.3	0.3	nil	0.15	2.21	0.023	0.066
Bv2	75-110	354.3	87.7	30.2	7.7	0.6	3.5	10.4	0.3	nil	0.09	0.82	0.014	0.044
Bv3	110-140	329.4	112.2	28.6	7.1	0.7	3.5	9.7	0.6	nil	0.07	0.08	0.013	0.049
Bv4	140-170	339.8	107.6	31.2	6.0	0.7	3.0	7.9	0.7	nil	0.06	0.13	0.013	0.041
<b>Pedon 12</b> Typic Plinthaquilt, fine-loamy, mixed, isohyperthermic														
Bvg1	54-82	399.4	62.9	10.8	3.6	0.6	2.1	7.0	nil	nil	0.03	0.06	0.005	0.019
Bvg2	82-110	366.5	86.0	22.3	4.3	0.7	2.6	10.5	nil	nil	0.05	0.06	0.010	0.024
Bvg3	110-135	326.9	102.7	48.2	4.8	0.7	2.9	14.0	nil	0.05	0.06	0.06	0.017	0.026
Bvg4	135-160	324.1	112.2	39.0	5.4	0.8	3.3	16.8	nil	0.03	0.06	0.08	0.013	0.030
Bvg5	160-190	329.0	110.7	35.7	5.4	0.8	3.1	16.8	nil	0.03	0.06	0.07	0.012	0.034
<b>สภาพความชื้นแบบยูติก (Udic soil moisture regime)</b>														
<b>Pedon13</b> Typic Plinthudult, clayey-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic														
Bv1	142-172	162.9	149.1	217.2	5.0	0.7	0.9	5.4	0.1	nil	0.56	2.88	0.091	0.061
Bv2	172-200	136.2	135.5	255.7	4.1	0.7	0.8	4.9	0.1	nil	0.61	2.37	0.114	0.064
<b>Pedon 14</b> Typic Plinthudult, fine kaolinitic, isohyperthermic														
Bv1	130-160	137.8	99.0	296.7	2.3	0.6	2.2	7.3	0.2	0.37	0.91	0.25	0.041	0.058
Bv2	160-195	147.6	104.3	277.7	2.7	0.6	2.4	8.1	0.1	0.27	0.70	0.21	0.038	0.054
Bv3	195-220	215.8	128.2	156.4	4.7	0.6	2.8	9.3	0.2	0.23	0.42	0.25	0.027	0.039
<b>Pedon 15</b> Typic Plinthudult, coarse-loamy, mixed, isohyperthermic														
Bv1	110-140	316.7	98.8	54.2	3.9	0.6	5.5	14	0.1	0.04	0.13	0.03	0.006	0.024
Bv2	140-170	337.0	96.2	35.1	4.1	0.6	6.1	17	0.1	nil	0.11	0.02	0.006	0.023
Bv3	170-200	341.0	95.7	32.1	4.0	0.6	6.4	18.1	nil	nil	0.10	0.02	0.008	0.025

### 2.2.2 อะลูมินัม

ปริมาณอะลูมินัมรวมในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนในบริเวณที่ทำการศึกษาทั้ง 15 บริเวณมีปริมาณอยู่ในพิสัย 33.3-149.1 กรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณรวมของธาตุซิลิกอนและอะลูมินัมในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ทำการศึกษาทั้ง 15 บริเวณมีปริมาณสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ที่มีอยู่ในศิลาแลง เนื่องจากทั้งสองเป็นองค์ประกอบในแร่พวกซิลิเกตซึ่งเป็นแร่องค์ประกอบของเปลือกโลกมากกว่าร้อยละ 90 (อัญชลี, 2534) และส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันแบบผกผันตามความลึกของดิน คือ ซิลิกอนจะมีปริมาณลดลง ส่วนอะลูมินัมจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยที่ซิลิกอนจะมีความสัมพันธ์กับอนุภาคขนาดทรายและทรายแป้งเนื่องจากเป็นอนุภาคขนาดที่มีแร่ควอตซ์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและเป็นแร่ที่มีความคงทนต่อการสลายตัว โดยเฉพาะเมื่อมีขนาดเท่ากับเม็ดทราย (อัญชลี, 2534; เอ็ม, 2542) ส่วนอะลูมินัมจะสัมพันธ์กับปริมาณของกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวที่มีการสะสมในดินล่าง จากผลของกระบวนการทางดิน (Buol *et al.*, 2003) เนื่องจากแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นแร่ในกลุ่มอะลูมิโนซิลิเกต ซึ่งมีธาตุอะลูมินัมเป็นองค์ประกอบ

โดยซิลิกอนในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนมีปริมาณและเป็นองค์ประกอบในรูปที่แตกต่างหลายรูป ซึ่งรูปที่สำคัญคือ แร่ควอตซ์ และแร่ในกลุ่มอะลูมิโนซิลิเกต โดยเฉพาะแร่เคโอลิไนต์ แต่จากผลวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าซิลิกอนมีปริมาณมากกว่าอะลูมินัมประมาณหนึ่งเท่า เป็นไปได้ว่าซิลิกอนส่วนใหญ่ในศิลาแลงที่ศึกษาจะอยู่ในรูปของแร่ควอตซ์ (ประเทือง, 2532) ดังนั้นการที่ปริมาณซิลิกอนในศิลาแลงมีมากเป็นอันดับสองรองจากเหล็กคองเป็นเพราะวัตถุดิบกำเนิดเป็นพวกที่มีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบอยู่มาก เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมินัม หรือซิลิกอนกับเหล็กในศิลาแลง พบว่ามีความสัมพันธ์ในทางลบทั้งซิลิกอนและอะลูมินัมต่างสูญเสียออกไปจากศิลาแลง ในขณะที่มีการเพิ่มเติมเหล็ก สภาพดังกล่าวนี้ก็อาจเกิดขึ้นได้ถ้าการผุพังอยู่กับที่รุนแรงมากขึ้น นอกจากนี้อาจเป็นเพราะมีการเพิ่มเติมหรือมีการสะสมเหล็กในศิลาแลงมากขึ้น จึงทำให้สัดส่วนปริมาณของซิลิกอนและอะลูมินัมลดลง ทั้งๆ ที่ปริมาณแท้จริงไม่ได้ลดลงหรือลดลงน้อยมาก (ประเทือง, 2532; Schellmann, 1981)

### 2.2.3 เหล็กและไทเทเนียม

ธาตุเหล็กและไทเทเนียมมีปริมาณอยู่ในพืช 10.8-309.5 และ 1.6-8.2 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ โดยเหล็กจะอยู่เป็นอนุภาคเดี่ยวหรืออยู่ในสภาพเคลือบอนุภาคดิน (กรรณิการ์และคณะ, 2529) ซึ่งปริมาณของเหล็กที่วิเคราะห์ด้วยมีปริมาณที่สูง แสดงถึงการเพิ่มเติมหรือการสะสมโดยกระบวนการเกิดซิลิกาแลง ส่วนไทเทเนียมไม่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชัดเจน เนื่องจากเป็นธาตุที่มีน้อยมากในธรรมชาติแต่คงทนต่อการสลายตัว มักพบในรูปของแร่อิลเมไนต์ซึ่งโดยทั่วไปถือว่าเป็นรูปปฏิกิริยาที่เสถียรมาก สำหรับรูปอื่นๆ ได้แก่ รูไทล์ อนาเทส เป็นต้น เมื่อสลายตัวผู้พืงจะปลดปล่อยไทเทเนียมออกมา ความแตกต่างในแต่ละบริเวณอาจเกิดจากปริมาณดั้งเดิมที่มีอยู่ในวัตถุดิบกำเนิดที่แตกต่างกัน (อัญชลี, 2534; Tillmann, 1972; McFarlane, 1976)

### 2.2.4 แมงกานีส

แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพืช 0.7-10 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าต่ำ เนื่องจากเป็นธาตุที่ถูกรีดิวซ์ได้ง่าย และอาจมีอยู่น้อยในวัตถุดิบกำเนิด (ไพบูลย์, 2528; ทศนีย์, 2543; Hamilton, 1964; McFarlane, 1976; Baize, 1993) ในพีคอน 1 มีค่าสูงแตกต่างจากพีคอนอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจาก มีสภาพที่แล้งกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งในสภาพออกซิไดซ์ที่รุนแรงและค่า pH สูงหรือสภาพที่เป็นด่าง แมงกานีสจะตกตะกอนได้ดีกว่าเหล็ก (Hamilton, 1964; McFarlane, 1976; Mercado, 1981)

### 2.2.5 แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมและโซเดียม

แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมและโซเดียมมีปริมาณอยู่ในพืช 0.1-2, 0.7-10, 1.1-32.6 และ 0.5-3.6 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณธาตุที่เป็นด่างมีอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากการพืงอยู่กับที่โดยกระบวนการเกิดซิลิกาแลง ทำให้มีการสูญเสียธาตุที่เป็นด่าง (Nambiar *et al.*, 1981) และดินซิลิกาแลงในบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรด โดยแมกนีเซียมและโพแทสเซียม มีค่าสูงกว่าแคลเซียมและโซเดียม ซึ่งค่าจะมีความสัมพันธ์กับการสะสมดินเหนียว (Yoothong *et al.*, 1977)

## 2.2.6 ฟอสฟอรัส และกำมะถัน

ธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.032-1.151 กรัมต่อกิโลกรัมมีปริมาณต่ำ และกำมะถัน มีค่าอยู่ในพิสัยที่น้อยมาก เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสและกำมะถันมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ และการมีอินทรีย์วัตถุต่ำเป็นลักษณะตามธรรมชาติของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนโดยทั่วไป (Soil Survey Staff, 1999)

จากการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณทั้งหมดของธาตุต่างๆ ของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ทำการศึกษา พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารพืชได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม แมงกานีส ฟอสฟอรัสและกำมะถันต่ำ แสดงว่าดินมีธาตุอาหารรองอยู่ในดินเป็นปริมาณต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารและความเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ (Sanchez, 1976; Buol *et al.*, 2003)

## 3. การจำแนกดิน

การจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธาน (Soil Survey Staff, 1999) ดินอ้างอิงตามผลการทดลองของ ผงจืด, 2545 สมใจ, 2545 จงกลณี, 2545 และพรพนา, 2546 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 12

## 4. สมบัติทางแร่วิทยา

ผลจากการวิเคราะห์แร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในศิลาแลงที่บดละเอียด (ตารางที่ 13) พบว่าแร่ควอตซ์ เป็นแร่หลักในศิลาแลงของแต่ละหน้าตัดดิน ส่วนแร่เหล็กที่พบในทุกพีดอนคือ แร่ฮีมาไทต์และแร่เกอไทต์ พบแร่กิบbsite ในพีดอน 1, 2, 5, 7 และ 12 นอกจากนี้ยังพบแร่ดินเหนียวในกลุ่ม 0.7 และ 1.0 นาโนเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 7-9)

ศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนทั้ง 15 บริเวณในสภาพความชื้นที่แตกต่างกัน มีองค์ประกอบเชิงแร่ดังนี้

ศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนภายใต้สภาพความชื้นแบบอัสติก (พีดอน 1-7) (ภาพที่ 5) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ฮีมาไทต์ซึ่งพบในปริมาณปานกลางจนถึงต่ำ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เกอไทต์พบในปริมาณค่อนข้างต่ำจนถึงต่ำมาก นอกจากนี้ยังพบแร่ควอตซ์ในปริมาณปานกลาง

ตารางที่ 12 อนุกรมวิธานดินของดินที่ศึกษาทั้ง 15 บริเวณ

พืดอน	อำเภอ/ จังหวัด	อนุกรมวิธานดิน	ชุดดิน
1	ลานหอย/ สุโขทัย <sup>1/</sup>	Typic Plinthustalf, loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic	สกลนคร
2	เชียงคาน/ เชียงราย <sup>1/</sup>	Haplic Plinthustult, fine, kaolinitic, isohyperthermic	เชียงคาน
3	เมือง/ พะเยา <sup>1/</sup>	Typic Plinthustult, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic	พะเยา
4	บ้านฝื่อ/ อุตรธานี <sup>2/</sup>	Typic Plinthustult, loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic	โพนพิสัย
5	รัตนวาปี/ หนองคาย <sup>2/</sup>	Typic Plinthustult, clayey-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic	โพนพิสัย
6	น้ำโสม/ อุตรธานี <sup>2/</sup>	Typic Plinthustult, , loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic	โพนพิสัย
7	สมเด็จพระ/ กาฬสินธุ์ <sup>2/</sup>	Typic Plinthustalf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic	โพนพิสัย
8	พาน เชียงราย <sup>1/</sup>	Typic Plinthaqualf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic	พาน
9	ไพศาลี/ นครสวรรค์ <sup>1/</sup>	Typic Plinthaqualf, , loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic	เพ็ญ
10	เมือง/ อุตรธานี <sup>2/</sup>	Typic Plinthaquilt, , loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic	เพ็ญ
11	กวนขนุน/ พัทลุง <sup>4/</sup>	Typic Plinthaquilt, fine, mixed, isohyperthermic	พัทลุง
12	ทุ่งตะโก/ ชุมพร <sup>4/</sup>	Typic Plinthaquilt, fine-loamy, mixed, isohyperthermic	วิสัย
13	ประจันตะคาม/ ปราจีนบุรี <sup>3/</sup>	Typic Plinthudult, clayey-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic	กระบี่
14	นาสาร/ สุราษฎร์ธานี <sup>4/</sup>	Typic Plinthudult, fine kaolinitic, isohyperthermic	เขาขาด
15	กันตัง/ ตรัง <sup>4/</sup>	Typic Plinthudult, coarse-loamy, mixed, isohyperthermic	ปากคม

<sup>1/</sup> จงกลณี (2545), <sup>2/</sup> พรพนา (2546), <sup>3/</sup> พงจิดต์ (2545), <sup>4/</sup> สมใจ (2545)

ถึงสูง และพบแร่ดินเหนียวกลุ่ม 1.0 นาโนเมตรในปริมาณน้อยมากที่ชั้น Bv1 ของพืดอน 1 เท่านั้น

ศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนภายใต้สภาพความชื้นแบบแอกวิก (พืดอน 8-12) (ภาพที่ 6) ประกอบด้วยแร่ฮีมาไทต์ซึ่งพบในปริมาณค่อนข้างต่ำ เกอไทต์พบปริมาณปานกลางจนถึงต่ำ และพบแร่ควอตซ์ในปริมาณปานกลางถึงสูง

ศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนภายใต้สภาพความชื้นแบบยูดิก (พืดอน 13-15) (ภาพที่ 7) ประกอบด้วยแร่ฮีมาไทต์ซึ่งพบในปริมาณปานกลางจนถึงต่ำ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เกอไทต์พบในปริมาณค่อนข้างต่ำจนถึงต่ำมาก พบแร่ควอตซ์ในปริมาณปานกลางถึงสูง และพบแร่ดินเหนียวกลุ่ม 0.7 และ 1.0 นาโนเมตรในปริมาณน้อยมากที่ชั้น Bv1 ของพืดอน 14 และ 15

ตารางที่ 13 องค์ประกอบเชิงแร่ในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษาทั้ง 15 บริเวณ

Horizon	Depth (cm)	Quartz	Hematite	Goethite	Gibbsite	0.7 nm clay	1.0 nm clay
สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)							
Pedon 1 Typic Plinthustaf, loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic							
Bv1	60-90	xxx	x	x	tr	tr	-
Bv2	90-130	xxx	x	x	-	tr	tr
Bv3	130-170	xxx	x	x	-	tr	-
Pedon 2 Haplic Plinthustult, fine, kaolinitic, isohyperthermic							
Bv1	68-108	xxx	x	tr	tr	tr	-
Bv2	108-136	xxx	x	tr	tr	tr	-
Bv3	136-170	xxx	x	tr	tr	tr	-
BCvr	170-210	xxx	x	tr	tr	tr	-
Pedon 3 Typic Plinthustult, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic							
Bv1	110-130	xxx	x	x	-	-	-
Bv2	130-150	xxx	x	x	-	-	-
Bv3	150-175	xxx	x	x	-	-	-
Bv4	175-200	xxx	x	x	-	-	tr
Pedon 4 Typic Plinthustult, loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic							
BCvr1	130-170	xxx	tr	tr	-	-	-
BCvr2	170-205	xxx	tr	tr	-	-	-
Pedon 5 Typic Plinthustult, clayey-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic							
Bv1	75-110	xxx	x	x	x	tr	-
Bv2	110-130	xxx	x	x	tr	tr	tr
Bv3	130-170	xxx	x	x	tr	-	tr
Bv4	170-200	xxx	x	x	x	-	tr
Pedon 6 Typic Plinthustult, loamy-skeletal, mixed, kaolinitic, isohyperthermic							
Bv1	50-100	xxx	x	x	-	tr	x
Bv2	100-150	xxx	x	x	-	tr	tr
Bv3	150-190	xxx	x	x	-	tr	tr
Bv4b	190-250	xxx	x	x	-	tr	x
Pedon 7 Typic Plinthustalf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic							
Bv1	150-185	xxx	x	x	tr	-	-
Bv2	185-210	xxx	x	x	tr	-	-

## ตารางที่ 13 (ต่อ)

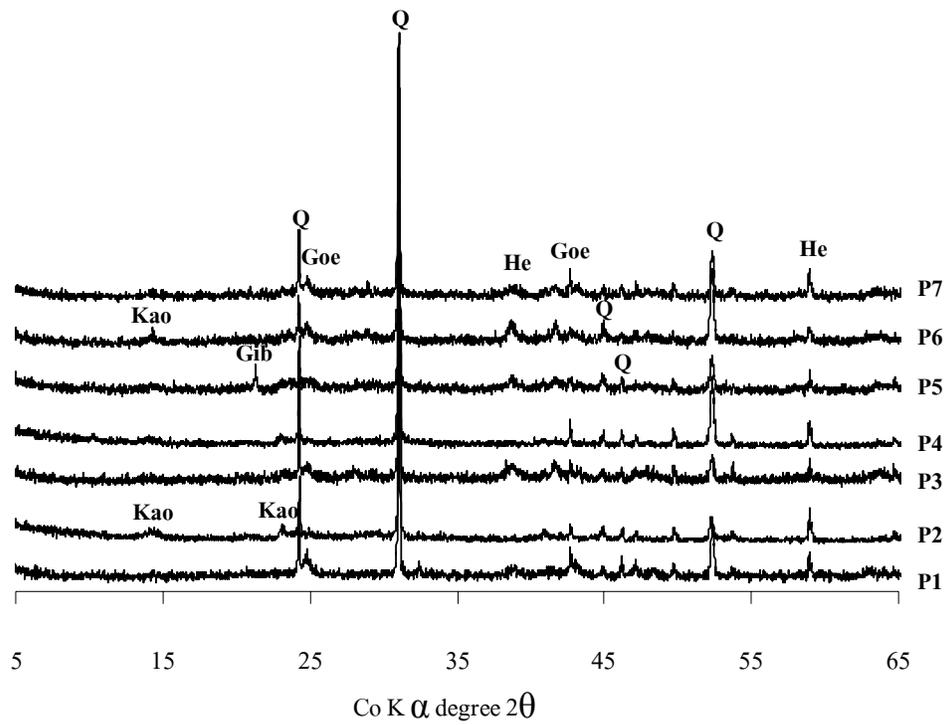
Horizon	Depth (cm)	Quartz	Hematite	Goethite	Gibbsite	0.7 nm clay	1.0 nm clay
สภาพความชื้นแบบแอกวิค (Aquic soil moisture regime)							
Pedon 8 Typic Plinthaqualf, fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic							
Bvg1	48-76	xxx	tr	tr	tr	-	-
Bvg2	76-90	xxx	tr	tr	tr	-	-
2Bvg3	90-115	xxx	tr	tr	tr	-	-
2Bvg4	115-150	xxx	tr	tr	tr	-	-
Pedon 9 Typic Plinthaqualf, loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic							
Bvg	54-100	xxxx	x	tr	tr	tr	-
Bvgb	160-200	xxxx	x	tr	tr	tr	tr
Pedon 10 Typic Plinthaquult, loamy-skeletal, mixed, semiaactive, isohyperthermic							
Bvg1	55-78	xxx	x	x	tr	tr	-
Bvg2	78-119	xxx	xx	tr	tr	tr	-
Pedon 11 Typic Plinthaquult, fine, mixed, isohyperthermic							
Bv1	50-75	xxx	tr	tr	-	-	-
Bv2	75-110	xxx	tr	tr	-	-	-
Bv3	110-140	xxx	tr	tr	-	-	-
Bv4	140-170	xxx	tr	tr	-	-	-
Pedon 12 Typic Plinthaquult, fine-loamy, mixed, isohyperthermic							
Bvg1	54-82	xxx	x	tr	tr	-	-
Bvg2	82-110	xxx	x	tr	tr	-	-
Bvg3	110-135	xxx	x	tr	tr	-	-
Bvg4	135-160	xxx	x	tr	tr	-	-
Bvg5	160-190	xxx	x	tr	tr	-	-
สภาพความชื้นแบบยูดิก (Udic soil moisture regime)							
Pedon 13 Typic Plinthudult, clayey-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic							
Bv1	142-172	xx	x	x	-	x	-
Bv2	172-200	x	x	x	-	xx	-
Pedon 14 Typic Plinthudult, fine kaolinitic, isohyperthermic							
Bv1	130-160	xx	x	tr	-	x	-
Bv2	160-195	xx	x	tr	-	xx	-
Bv3	195-220	xx	x	tr	-	xx	-
Pedon 15 Typic Plinthudult, coarse-loamy, mixed, isohyperthermic							
Bv1	110-140	xxx	x	tr	-	tr	-
Bv2	140-170	xxx	x	tr	-	tr	tr
Bv3	170-200	xxx	x	tr	-	tr	tr

หมายเหตุ: xxxx = dominant (>60%), xxx = large (40-60%), xx = moderate (20-40%)  
 x = small (5-20%), tr = trace (<5%), - = not detected

จะเห็นว่าสภาพความชื้นของดินมีผลต่อปริมาณของแร่เกอไทต์ และฮีมาไทต์ เนื่องจากสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดเกอไทต์คือ อุณหภูมิต่ำ กิจกรรมน้ำสูง อินทรีย์สารสูง พบในพีตคอนที่มีสภาพความชื้นแบบแอกวิก (พีตคอน 8-12) และยูติก (พีตคอน 13-15) มากกว่า ขณะที่ฮีมาไทต์เกิดในสภาพที่อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำพบในสภาพความชื้นแบบอัสติก (พีตคอน 1-7) สภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดเกอไทต์คือ อุณหภูมิต่ำ กิจกรรมน้ำสูง อินทรีย์สารสูง พบในพีตคอนที่มีสภาพความชื้นแบบแอกวิก (พีตคอน 8-12) และยูติก (พีตคอน 13-15) มากกว่าขณะที่ฮีมาไทต์เกิดในสภาพที่อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำพบในสภาพความชื้นแบบอัสติก (พีตคอน 1-7)

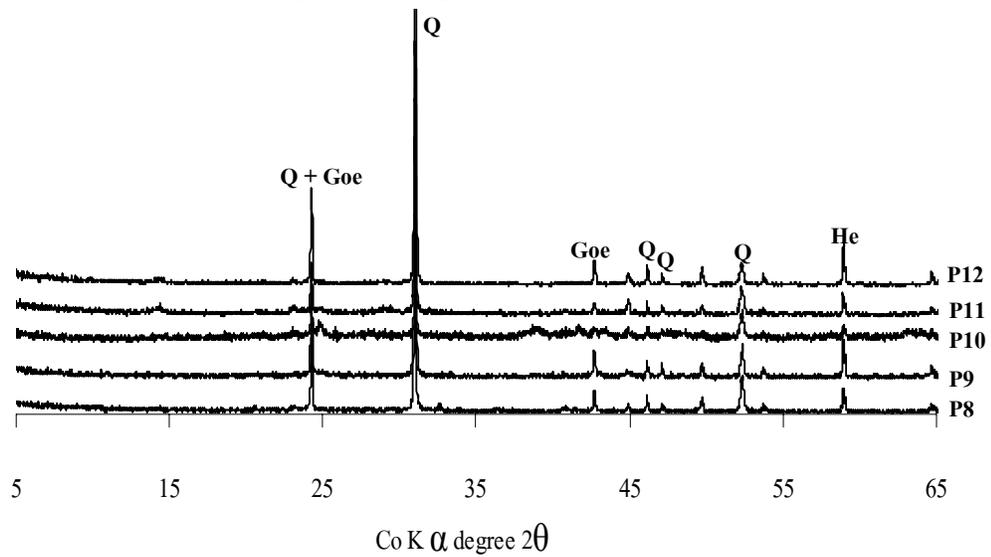
องค์ประกอบเชิงแร่ของเม็ดซิลาลงและซิลาลงอ่อน พบว่าแร่ที่พบในปริมาณมากที่สุดคือแร่ควอตซ์ ซึ่งพบในทุกบริเวณและมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากแร่ควอตซ์เป็นแร่ที่ทนทานต่อการผุพังสลายตัว (Jackson, 1968; Georgios, 2005) ภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน ขณะที่แร่อื่นสลายตัวเล็กน้อยจนเป็นแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว หรือเปลี่ยนเป็นแร่ดินเหนียวใหม่เกิดขึ้น แต่แร่ควอตซ์ซึ่งทนต่อการสลายตัวทั้งทางกายภาพและทางเคมียังสามารถปรากฏให้เห็นได้ การที่ซิลาลงที่ศึกษาในทุกบริเวณพบแร่ควอตซ์ในปริมาณมากที่สุดอาจเป็นเพราะ 1) แร่ควอตซ์ เป็นแร่ที่ทนทานต่อการสลายตัวสูง 2) ดินที่ผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่ การชะละลายและการกร่อนมานาน ทำให้แร่ปฐมภูมิอื่นๆ มีเหลืออยู่น้อย (Jackson, 1968; Malomo, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ ซึ่งมีผู้รายงานไว้ (ประเทือง, 2532; วันเพ็ญ, 2533; Schellmann, 1981)

ปริมาณแร่ดินเหนียว 0.7 และ 1.0 นาโนเมตรที่พบน้อย เนื่องจากหินต้นกำเนิดของบริเวณที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มาจากหินแปรที่แปรสภาพมาจากหินทรายหรือหินตะกอนอื่นๆ ซึ่งมีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก และในกระบวนการเกิดซิลาลงทำให้เกิดการเชื่อมตัวกันของเม็ดควอตซ์ด้วยแร่เกอไทต์และ/หรือฮีมาไทต์ นอกจากนั้นการตกตะกอนใหม่ของเหล็กไฮดรอกไซด์ในลักษณะของการสวมรูป (pseudomorph) รอบๆ เม็ดแร่เดิม (McFarlane, 1976; ประเทือง, 2535) เป็นผลทำให้มีแร่ควอตซ์ตกค้างอยู่ในซิลาลงมาก



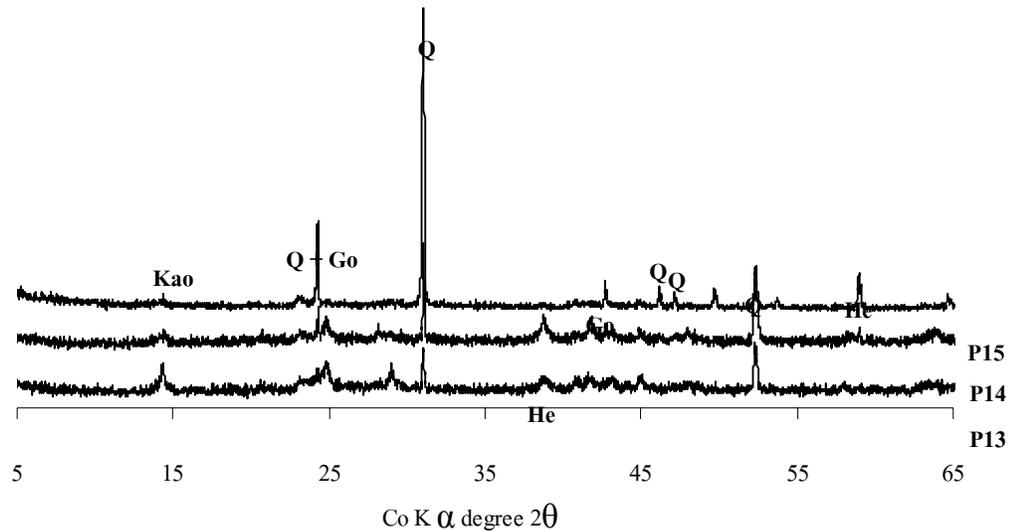
ภาพที่ 5 แสดงกราฟเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแร่ที่พบในศิลาแลงสภาพความชื้นแบบออสติก (P1-7)

(Kao = kaolinite, Gib = gibbsite, Q = quartz, Go = goethite, He = hematite)



ภาพที่ 6 แสดงกราฟเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแร่ที่พบในศิลาแลงสภาพความชื้นแบบแอควิก (P8-12)

(Q = quartz, Goe = goethite, He = hematite)



ภาพที่ 7 แสดงกราฟเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแร่ที่พบในศิลาแลงสภาพความชื้นแบบยูดิก (P13-15)

(Kao = kaolinite, Q = quartz, Go = goethite, He = hematite)

## 5. ลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยา

จากการศึกษาลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยาของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนทั้ง 15 บริเวณ โดยวิธีการทำแผ่นตัดบางและใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ ซึ่งทำการศึกษาจากการแยกเม็ดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนจากชั้นดินเพื่อเป็นตัวแทนของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อน (ตารางที่ 14) (ภาพที่ 8-11) ใช้หลักการอธิบายลักษณะสารมวลพอกตามแบบของ Bullock *et al.* (1985)

โดยลักษณะการกระจายของแร่ในศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนทั้ง 15 บริเวณ มีรายละเอียดดังนี้

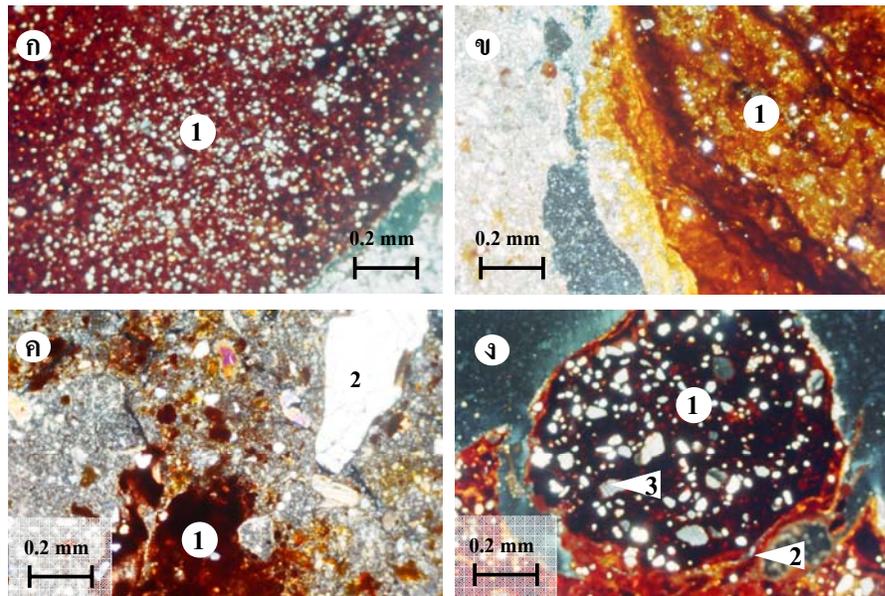
พืดอน 1 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบ (typic nodule) ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอนขนาดตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ แร่ควอตซ์ที่พบอาจมีรอยแตก ทำให้มีเหล็กออกไซด์แทรกเข้าไปตามรอยแตกได้ (rubi-quartz) มีแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ (ferri-argillan) เคลือบรอบๆ นอกจากนี้ยังพบ pseudomorph nodule ขึ้นส่วนของวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นหินชีสต์ (schist rock) และการสะสมเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnate nodules)

ตารางที่ 14 ลักษณะทางจุลสังฐานวิทยาของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนทั้ง 15 บริเวณ

Pedon	Horizon	Type of pedofeature	Shape(size)	Boundary of impregnation	Level of impregnation
สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)					
1	Bv1	Pseudomorphic and typic nodules Ferri-argillan coating	Irregular / up to 1.0 cm.	Sharp	Moderate to strong
	Bv2	Pseudomorphic and typic nodules Ferri-argillan coating	Irregular / up to 1.0 cm.	Sharp	Strong
	Bv3	Pseudomorphic and typic nodules Impregnate nodule Compound nodule of a quartz schist rock Ferri-argillan coating	Subangular to subround / up to 0.2-2.0 cm.	Diffuse	Moderate to strong
2	Bv1-4	Typic nodules Aggregate nodule Crescentic infilling Concentric coating	Subangular to subround / up to 0.2-2.0 cm.	Diffuse to sharp	Weak to strong
3	Bv1	Typic nodule and impregnate nodules Concentric coating	Irregular / 0.2-1.0 cm.	Sharp	Moderate to strong
	Bv2-4	Typic nodule Concentric coating	Irregular / 0.2-1.0 cm.	Sharp	Moderate to strong
4	BCrv1-2	Typic nodules Ferri-argillan coating	Subround / up to 0.5 cm.	Diffuse	Weak
5	Bv1	Typic nodules	Round / up to 0.2 cm.	Diffuse	Strong
	Bv2	Impregnate nodule	Round / up to 1.0 cm.	Diffuse	Strong
	Bv3-4	Typic nodules and Impregnate nodules Ferri-argillan coating	Round / up to 1.0 cm.	Sharp	Strong
6	Bv1-2	Typic nodules	Irregular / up to 1.0 cm.	Sharp	Strong
	Bv3	Typic nodules Ferri-argillan coating	Irregular / up to 1.0 cm.	Sharp	Strong
7	Bv1-2	Typic nodules	Irregular / up to 1.0 cm.	Diffuse	Moderate to strong
สภาพความชื้นแบบแอกวิก (Aquic soil moisture regime)					
8	Bvg1	Typic nodules Aggregate nodules Granular mottles	Irregular / 0.5 cm.	Diffuse to sharp	Strong
	Bvg2-4	Disjointed and aggregate segregations Granular mottles	Irregular / up to 0.2 cm.	Diffuse to clear	Weak
9	Bvg	Typic nodules and impregnated nodules	Subround / up to 0.5 cm.	Diffuse	Weak to strong
	Bvgb	Typic nodules Ferri-argillan coating and aggregate segregations	Subround / up to 0.2 cm.	Diffuse to clear	Weak to moderate

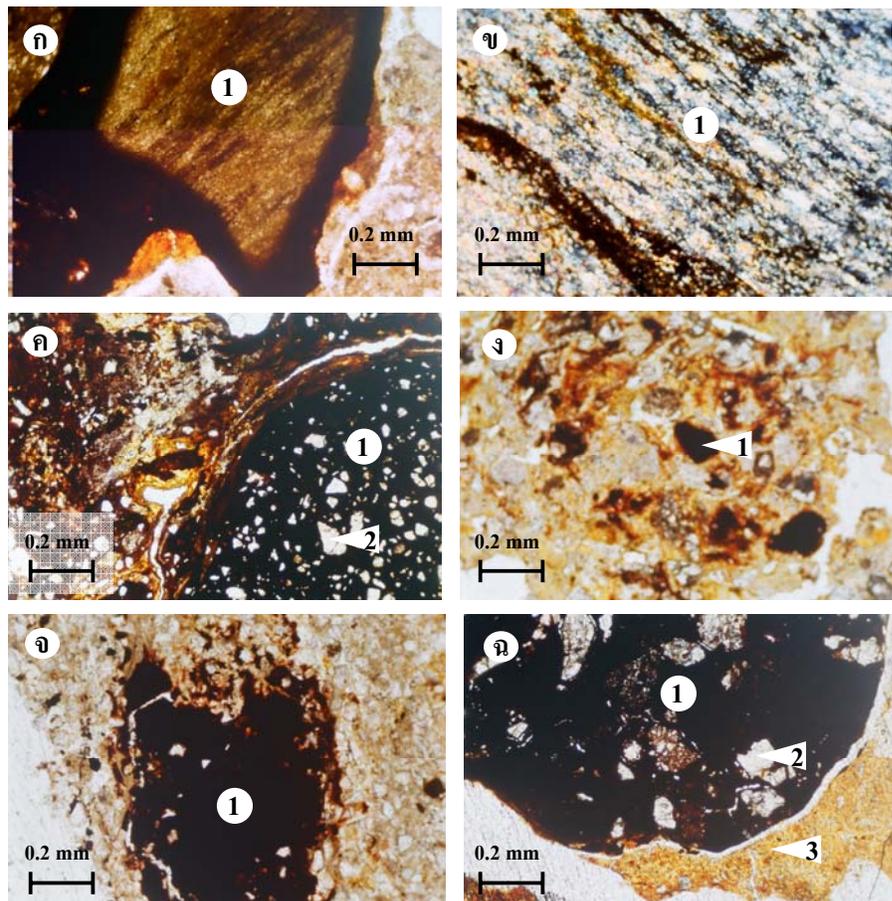
ตารางที่ 14 (ต่อ)

Pedon	Horizon	Type of pedofeature	Shape(size)	Boundary of impregnation	Level of impregnation
10	Bvg1-2	Typic nodules Ferri-argillan coating	Irregular / up to 1.0 cm.	Diffuse to sharp	Moderate
11	Bv1-2	Typic nodules Aggregate segregations	Irregular / up to 1.0 cm.	Diffuse to sharp	Weak to strong
	Bv3	Concentric nodules and ferri-argillan coating	Irregular / up to 1.0 cm.	Sharp	Weak
	Bv4	Aggregate segregation Concentric nodules	Irregular / up to 1.0 cm.	Diffuse to sharp	Strong
12	Bvg1	Aggregate segregations Concentric nodules Ferri-argillan coating	Irregular / up to 1.0 cm.	Diffuse	Weak
	Bvg2-5	Typic nodules Aggregate segregations Concentric nodules	Round / up to 0.1 cm.	Diffuse	Moderate
สภาพความชื้นแบบยูดิก (Udic soil moisture regime)					
13	Bv1-2	Typic nodules Ferri-argillan coating and aggregation segregations	Irregular / up to 0.5 cm.	Diffuse to sharp	Moderate
14	Bv1-3	Typic nodules and runi quartz Ferri-argillan coating	Subangular to round / up to 0.5 cm.	Sharp	Weak to strong
15	Bv1	Nucleic nodules and typic nodules	Subangular to round / up to 0.5 cm.	Sharp	Moderate to strong
	Bv2	Typic nodules Ferri-argillan coating and aggregation segregations	Subangular to round / up to 0.5 cm.	Sharp	Moderate to strong
	Bv3	Pseudomorphic and typic nodules	Subangular to round / up to 0.5 cm.	Sharp	Moderate to strong



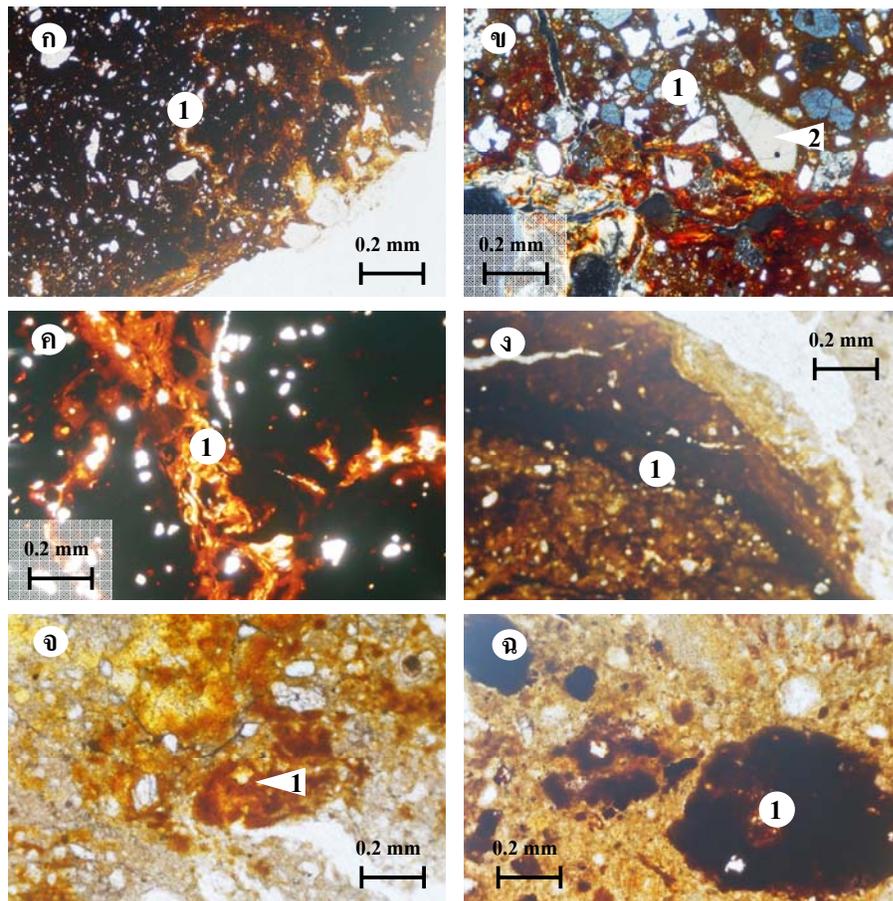
ภาพที่ 8 ลักษณะทางจุลทัศน์ฐานของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษาภายใต้สภาพ x-nicols

- ก) สารก้อนกลมแบบ typic nodule (1) ที่มีขอบเขตชัดเจนในพีคอน 5 ชั้น Bv2 ความลึก 110-130 ซม.
- ข) แสดงสารก้อนกลมแบบ concentric nodule (1) ลักษณะเป็นวงซ้อน ในพีคอน 11 ชั้น Bv4 ความลึก 140-170 ซม.
- ค) การแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน (aggregate segregation) (1) แร่ควอตซ์ (2) ที่มีลักษณะค่อนข้างเหลี่ยม ในพีคอน 11 ชั้น Bv4 ความลึก 140-170 ซม.
- ง) สารก้อนกลมแบบ typic nodule (1) ที่มี ferri-argillan เคลือบอยู่บริเวณรอบๆ (2) มีแร่ควอตซ์ที่ค่อนข้างกลมอยู่ภายใน (3) พีคอน 3 ชั้น Bv3 ความลึก 150-175 ซม.



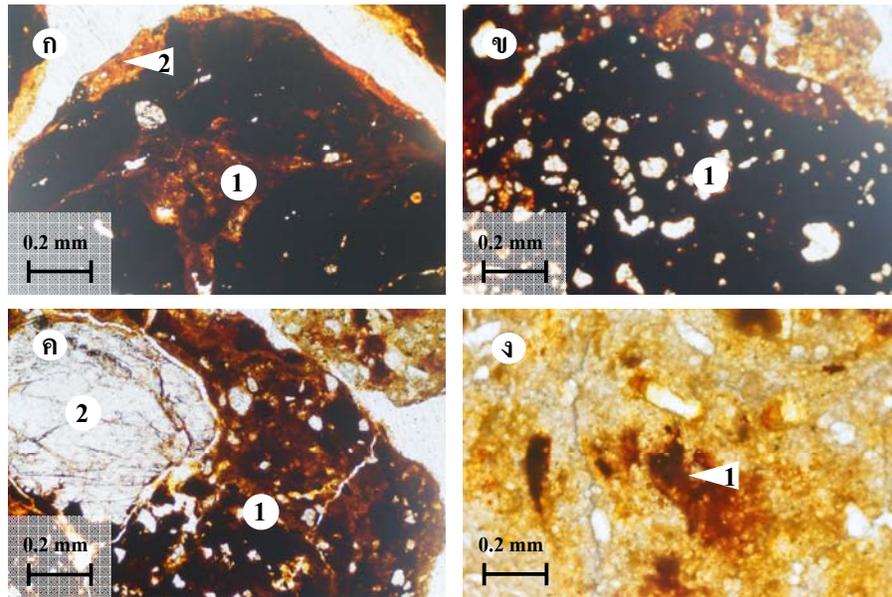
ภาพที่ 9 ลักษณะทางจุลทรรศน์ของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษา ที่สภาพความชื้นแบบ ustic ภายใต้สภาพ plane light

- (ก) แสดง pseudomorphic nodule (1) ในพีคอน 1 ชั้นที่ Bv2 ที่ระดับความลึก 90-130 ซม.
- (ข) แสดงชิ้นส่วนของหินควอตซ์ชีสต์ (quartz schist rock fragment) (1) ในพีคอน 1 ของชั้น Bv3 ที่ระดับความลึก 130-170 ซม.
- (ค) Typical nodules (1) แร่ควอตซ์ (2) ในพีคอน 3 ชั้น Bv3 ที่ระดับความลึก 150-175 ซม.
- (ง) แสดงการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน (aggregate segregation) (1) ในพีคอน 2 ชั้น Bv3 ที่ระดับความลึก 136-170 ซม.
- (จ) แสดงการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน (aggregate segregation) (1) ในพีคอน 4 ชั้น BCrv2 ที่ระดับความลึก 170-205 ซม.
- (ฉ) Typical nodules (1) แร่ควอตซ์ (2) ในพีคอน 6 ชั้น Bv2 ที่ระดับความลึก 100-150 ซม. มี ferri-argillan (3) เคลือบอยู่บริเวณรอบๆ nodule



ภาพที่ 10 ลักษณะทางจุลทรรศน์ของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษา ที่สภาพความชื้นแบบ aquic ภายใต้สภาพ plane light

- (ก) Typical nodules (1) ในพีคอน 8 ชั้น Bvg2 ที่ระดับความลึก 76-90 ซม.
- (ข) ภายใน typical nodules (1) ในพีคอน 9 ชั้น Bvgb ที่ระดับความลึก 160-200 ซม. ที่มีควอตซ์ กระจายอยู่ภายในซึ่งมีหลายขนาด รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม (2)
- (ค) รอยแตกภายใน typical nodules (1) ในพีคอน 10 ชั้น Bvg2 ที่ระดับความลึก 78-119 ซม. มี ferri-argillan อยู่ภายใน
- (ง) Concentric nodules (1) ในพีคอน 11 ชั้น Bvg3 ที่ระดับความลึก 110-140 ซม.
- (จ) แสดงการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน (aggregate segregation) (1) ในพีคอน 11 ชั้น Bvg4 ที่ระดับความลึก 140-170 ซม.
- (ฉ) Aggregate segregation (1) ในพีคอน 12 ชั้น Bvg5 ที่ระดับความลึก 160-190 ซม.



ภาพที่ 11 ลักษณะทางจุลทัศน์ฐานของศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ศึกษา ที่สภาพความชื้นแบบ udic ภายใต้สภาพ plane light

- ก) สารก้อนกลมแบบ typical nodule (1) ที่มีขอบเขตชัดเจนในพีคอน 13 ชั้น Bv1 ความลึก 142-172 ซม. มี ferri-argillan เคลือบที่ผิว (2)
- ข) สารก้อนกลมแบบ typical nodule (1) ในพีคอน 14 ชั้น Bv2 ความลึก 110-130 ซม.
- ค) สารเม็ดกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง Nucleic nodules (1) ควอตซ์อยู่ภายใน (2) ในพีคอน 14 ชั้น Bv3 ความลึก 195-220 ซม.
- ง) แสดงการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน (aggregate segregation) (1) ของพีคอน 15 ชั้น Bv2 ความลึก 140-170 ซม.

พีคอน 2 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทับ ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ภายใน พบ pseudomorph nodule แร่ควอตซ์ที่พบอาจมีรอยแตก ทำให้มีเหล็กออกไซด์แทรกเข้าไปตามรอยแตกได้ และพบลักษณะของหินที่เป็นต้นกำเนิดซึ่งเป็นหินชีสต์ (schist) มีแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์เคลือบรอบๆ เม็ดศิลาแลง พบสารมวลพอก ลักษณะซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ (concentric nodule)

พีคอน 3 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทับ ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ภายใน พบ pseudomorph nodule แร่ควอตซ์ที่พบอาจมีรอยแตก ทำให้มีเหล็กออกไซด์แทรกเข้าไปตามรอยแตกได้ และพบ

ลักษณะของหินที่เป็นต้นกำเนิดของหินชีสต์ มีแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบรอบ ๆ เม็ดซิลิกาแดง

พืดอน 4 พบลักษณะของสารก่อกมลแบบมีดทับ ที่มีขอบเขตไม่ชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดใหญ่กว่า 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในซิลิกาแดงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ แร่ควอตซ์ที่พบอาจมีรอยแตก ทำให้มีเหล็กออกไซด์แทรกเข้าไปตามรอยแตกได้ และพบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบรอบ ๆ เม็ดซิลิกาแดง

พืดอน 5 พบลักษณะของสารก่อกมลแบบมีดทับ ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดตั้งแต่ 0.2 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในซิลิกาแดงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ แร่ควอตซ์ที่พบอาจมีรอยแตก ทำให้มีเหล็กออกไซด์แทรกเข้าไปตามรอยแตกได้ พบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบรอบ ๆ และพบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน (aggregate segregation)

พืดอน 6 พบลักษณะของสารก่อกมลแบบมีดทับ ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในซิลิกาแดงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่พบ แร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์เคลือบรอบ ๆ เม็ดซิลิกาแดง

พืดอน 7 พบลักษณะของสารก่อกมลแบบมีดทับ ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในซิลิกาแดงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ แร่ควอตซ์ที่พบอาจมีรอยแตก ทำให้มีเหล็กออกไซด์แทรกเข้าไปตามรอยแตกได้

พืดอน 8 พบลักษณะของสารก่อกมลแบบมีดทับ และการสะสมเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างค่อนข้างกลมขนาดใหญ่กว่า 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในซิลิกาแดงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ พบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบรอบ ๆ ซิลิกาแดง และพบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประกลมและไม่ต่อเนื่องในดิน

พืดอน 9 พบลักษณะของสารก่อกมลแบบมีดทับ และการสะสมเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างค่อนข้างกลมขนาดใหญ่กว่า 0.2 เซนติเมตร

ขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ พบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบรอบ ๆ ศิลาแลง และพบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน

พืดอน 10 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบ ที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ พบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบรอบ ๆ เม็ดศิลาแลง

พืดอน 11 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบ และสารมวลพอก รูปร่างไม่แน่นอน ขนาดตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไป และพบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน

พืดอน 12 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบ ที่มีขอบเขตไม่ชัดเจน รูปร่างข้างกลม ขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ พบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์เคลือบรอบ ๆ พบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน

พืดอน 13 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบ ที่มีขอบเขตค่อนข้างชัดเจน รูปร่างไม่แน่นอนมีขนาดตั้งแต่ 0.5 เซนติเมตร ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ ไม่มีการจัดเรียงตัว และพบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน

พืดอน 14 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างเหลี่ยมมนถึงกลมขนาด 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ พบแร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ เคลือบตามขอบของสารก้อนกลมและรอยแตกภายในเม็ดศิลาแลง และพบการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน

พืดอน 15 พบลักษณะของสารก้อนกลมแบบมีดทึบที่มีขอบเขตชัดเจน รูปร่างเหลี่ยมมนถึงกลมขนาดใหญ่กว่า 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป ภายในศิลาแลงมีแร่ควอตซ์กระจายอยู่ แร่ดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์เคลือบตามขอบของสารก้อนกลม และการแยกตัวของเหล็กออกไซด์ที่เป็นลักษณะแบบจุดประในดิน

จากการศึกษาลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยา (ตารางที่ 14) ที่พบมวลสารก้อนกลมแบบมีดทึบ และสารมวลพอก ลักษณะเป็นวงแหวนหลายๆ ชั้นซ้อนกัน ซึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมมีการขังน้ำสลับกับช่วงเวลาแห้ง (Brewer, 1964) ลักษณะของกรวดศิลาแลงในแต่ละหน้าตัดดินคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังพบลักษณะของสารเม็ดกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง (nucleic nodules) และพบลักษณะการแยกตัวของเหล็กออกไซด์จากอนุภาคดินเหนียวที่เป็นลักษณะของจุดประในดิน ซึ่งเกิดจากกระบวนการผุพัง สีของจุดประที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดและปริมาณของเหล็กออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบ ถ้าในบริเวณที่มีเหล็กออกไซด์ในปริมาณมากจะมีสีแดงคล้ำ (Vania, 2002) นอกจากนี้มีเหล็กออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบแล้วภายในศิลาแลงยังประกอบด้วยแร่ควอตซ์ที่กระจายอยู่ปริมาณมากสอดคล้องกับการศึกษาโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่พบแร่ฮีมาไทต์ เกอไทต์ และแร่ควอตซ์ เป็นองค์ประกอบหลักในศิลาแลง แร่ควอตซ์ที่พบมีลักษณะค่อนข้างเหลี่ยม ไม่มีการจัดเรียงตัว ซึ่งแสดงให้เห็นลักษณะของการผุพังอยู่กับที่หรือการถูกพัดพามาในระยะใกล้ๆ (เอิบ, 2542)

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและจุลทรรศน์วิทยาพบว่าสภาพภูมิประเทศและสภาพความชื้นของดินจัดเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนในบริเวณที่ศึกษา สภาพพื้นที่ราบหรือค่อนข้างราบ ในพืดอน 8-12 สภาพความชื้นแบบ aquatic พบสารมวลพอกก้อนกลมเนื้อสมานแน่น คาดว่าเกิดจากการทับถมของตะกอนทรายกรวดศิลาแลงน้ำพา ซึ่งจะพบตามที่ราบต่ำของแม่น้ำบางสาย (พรพนา, 2546; ประเทือง, 2532) ส่วนสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด ถึงลูกคลื่นลอนชันในพืดอน 1-7 และ 13-15 ส่วนใหญ่พบเป็นสารก้อนกลมเพราะหน้าตัดดินบนสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและลูกคลื่นลอนชัน มีการระบายน้ำและอากาศดี จึงเกิดกระบวนการเกิดศิลาแลงได้มาก หินและแร่ต่างๆ ถูกเชื่อมตัวหรือโดยการแทนที่ของเหล็กในรูปออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดเป็นสารก้อนกลมส่วนใหญ่ และสะสมตัวในดินล่าง (วันเพ็ญ, 2533; สมใจ, 2545) สำหรับการพบจุดประ สารมวลพอก และสารก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ แสดงถึงลักษณะของดินที่มีการขังน้ำหรือมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินและมีระยะเวลาที่ดินมีการขังน้ำที่นานพอที่จะทำให้เกิดการละลาย และเคลื่อนย้ายสารเหล่านี้ และการที่พบแร่ดินเหนียวเคลือบอยู่รอบผิวของศิลาแลงแสดงว่าดินมีพัฒนาการสูง (เอิบ, 2542; Fanning and Fanning, 1989; Buol et al., 2003)

## 6. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีศิลาแลงและศิลาแลงอ่อน

จากผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ตารางที่ 15) โดยใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523) ซึ่งใช้ผลวิเคราะห์ดินทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ค่าอัตราร้อยละของการอิ่มตัวเบส และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนซึ่งได้แสดงวิธีคิดไว้ในตารางผนวกที่ 2 พบว่าดินที่ทำการศึกษาทุกพืดอนมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทั้งในดินบนและดินล่าง เนื่องมาจากว่าดินที่ทำการศึกษามีพัฒนาการสูง ทำให้เกิดการชะล้างแคตไอออนบวกที่เป็นธาตุอาหารพืช ออกจากหน้าตัดดิน ยกเว้นดินบนของพืดอน 14 ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง (>15 กรัมต่อกิโลกรัม) และค่าอัตราร้อยละการอิ่มตัวเบสสูง (> 75 %) คาดว่าเป็นผลจากการจัดการดินเฉพาะบริเวณ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการใช้พื้นที่ในด้านการเกษตรและการจัดการดิน พบว่าไม่ได้มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินเลย เนื่องจากไม่พบความแตกต่างของความอุดมสมบูรณ์ระหว่างดินบนและดินล่าง ถึงแม้ว่าดินเหล่านี้มีการใช้ประโยชน์ทั้งการปลูกข้าว ยางพารา ไม้ผล และป่าไม้ธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่าอัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์สูงมาก (Sanchez, 1976)

### ตารางที่ 15 แสดงการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่

#### ทำการศึกษา

พืดอน	Depth (cm)	OM		BS		CEC		Avail. P		Avail. K		คะแนนรวม	ระดับความอุดมสมบูรณ์
		g kg <sup>-1</sup>	คะแนน	%	คะแนน	cmol kg <sup>-1</sup>	คะแนน	g kg <sup>-1</sup>	คะแนน	g kg <sup>-1</sup>	คะแนน		
สภาพความชื้นแบบอัสติก (Ustic soil moisture regime)													
1	0-30	8.80	1	79.3	3	5.46	1	0.60	1	36.3	1	7	ต่ำ
	30-100	4.70	1	72.4	2	8.18	1	0.50	1	15.6	1	6	ต่ำ
2	0-30	12.50	1	11.9	1	13.82	2	0.95	1	70.0	1	6	ต่ำ
	30-100	4.70	1	5.5	1	14.78	2	0.40	1	40.8	1	6	ต่ำ
3	0-30	7.60	1	21.1	1	8.57	1	1.30	1	34.2	1	5	ต่ำ
	30-100	3.67	1	18.2	1	12.75	2	0.60	1	40.2	1	6	ต่ำ
4	0-30	5.80	1	26.1	1	6.50	1	0.97	1	32.0	1	5	ต่ำ
	30-100	3.40	1	27.4	1	11.27	2	0.87	1	47.1	1	6	ต่ำ
5	0-30	19.29	2	8.4	1	8.33	1	7.25	1	56.3	1	6	ต่ำ
	30-100	8.59	1	6.3	1	22.28	3	0.93	1	36.7	1	7	ต่ำ
6	0-30	19.50	2	28.2	1	8.13	1	5.37	1	33.4	1	6	ต่ำ
	30-100	6.56	1	36.8	2	7.88	1	1.66	1	27.5	1	6	ต่ำ

ตารางที่ 15 (ต่อ)

พืดอน	Depth (cm)	OM		BS		CEC		Avail. P		Avail. K		กะเนน รวม	ระดับ ความอุดม สมบูรณ์
		g kg <sup>-1</sup>	กะเนน	%	กะเนน	cmol kg <sup>-1</sup>	กะเนน	g kg <sup>-1</sup>	กะเนน	g kg <sup>-1</sup>	กะเนน		
7	0-30	10.10	1	54.6	2	7.14	1	1.85	1	20.3	1	6	ต่ำ
	30-100	5.19	1	20.5	1	10.47	2	1.38	1	22.7	1	6	ต่ำ
สภาพความชื้นแบบแอกวิก (Aquic soil moisture regime)													
8	0-30	15.62	2	47.7	2	9.45	1	2.70	1	21.3	1	7	ต่ำ
	30-100	2.79	1	35.7	2	5.10	1	2.60	1	16.6	1	6	ต่ำ
9	0-30	7.65	1	57.5	2	6.95	1	3.90	1	33.8	1	6	ต่ำ
	30-100	1.30	1	41.6	2	3.89	1	0.30	1	16.3	1	6	ต่ำ
10	0-30	6.70	1	16.8	1	7.84	1	0.75	1	23.4	1	5	ต่ำ
	30-100	3.60	1	16.9	1	9.30	1	0.73	1	31.6	1	5	ต่ำ
11	0-30	11.45	1	26.2	1	10.10	2	2.70	1	30.1	1	6	ต่ำ
	30-100	3.60	1	13.3	1	13.20	2	0.80	1	17.5	1	6	ต่ำ
12	0-30	14.20	1	14.9	1	4.00	1	3.15	1	16.6	1	5	ต่ำ
	30-100	1.20	1	10.1	1	4.20	1	0.70	1	12.1	1	5	ต่ำ
สภาพความชื้นแบบยูดิก (Udic soil moisture regime)													
13	0-30	14.60	1	12.5	1	7.20	1	1.23	1	38.5	1	5	ต่ำ
	30-100	9.20	1	13.9	1	7.30	1	1.06	1	38.4	1	5	ต่ำ
14	0-30	18.00	2	77.3	3	13.0	2	1.90	1	36.0	1	9	ปาน กลาง
	30-100	14.10	1	30.0	1	16.10	2	0.90	1	32.5	1	6	ต่ำ
15	0-30	13.90	1	10.1	1	5.60	1	1.30	1	17.2	1	5	ต่ำ
	30-100	5.20	1	6.7	1	12.30	2	0.30	1	23.7	1	6	ต่ำ

หมายเหตุ กะเนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า แสดงว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กะเนน 8-12 แสดงว่า มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง กะเนนตั้งแต่ 13 ขึ้นไป แสดงว่า มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง