

การตรวจเอกสาร

1. นิยามของศิลาแดง ศิลาแดงอ่อน และศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

คำว่า “laterite” ผู้ที่ใช้คนแรกคือ F. Buchanan เป็นวิศวกรชาวอังกฤษประจำบริษัทอินเดีย laterite ที่ Buchanan บรรยายนั้น เป็นวัสดุสีเหลือง สีแดง ไม่เป็นชั้น และเต็มไปด้วยรูพรุน เกิดขึ้นในบริเวณใกล้ผิวดิน เมื่ออยู่ภายในดินจะยังอ่อนตัวอยู่ แต่จะแข็งได้เร็วเมื่อสัมผัสกับอากาศ ดังนั้นชาวพื้นเมืองจึงนำไปสร้างบ้าน โดยการใช้เครื่องมือโลหะง่าๆ ตัดแต่งเป็นแท่งแล้วฝังให้แห้งก่อนนำไปใช้ในงานก่อสร้าง เหตุนี้ Buchanan จึงเรียกชื่อวัสดุดังกล่าวว่า “laterite” แปลว่า “อิฐ” (ประเทือง, 2532; Person, 1970; Bahlmann, 1978)

ราชบัณฑิตยสถาน (2516) ได้บัญญัติศัพท์ laterite ว่า “ศิลาแดง” “ดินแดง” และอธิบายศัพท์ซึ่งในที่นี้สรุปย่อๆ คือ เป็นดินชนิดหนึ่ง มีสีสนิมเหล็ก และมีรูพรุน มักพบเป็นพีคใหญ่อยู่ใต้หน้าดินธรรมดา เมื่อเปิดหน้าดินถึงตัวดินแดงใหม่ๆ จะไม่แข็งมากนัก พอจะใช้เครื่องมือโลหะเบิกร่องเซาะงัดออกเป็นแท่งใหญ่ๆ ได้ เมื่อปล่อยให้แห้งสักเดือนหนึ่งจะแข็งตัวกว่าเดิมมากมายจนใช้วางเรียงเป็นอิฐได้ดี ส่วนประกอบสำคัญคือ สารประกอบเหล็กออกไซด์กับอะลูมิเนียมออกไซด์ ดินแดงนี้ถ้าเกิดการกร่อนจนดินบนที่ปกคลุมอยู่ถูกเคลื่อนย้ายออกไป ตัวดินแดงโผล่ขึ้นมาบนผิวดินและเกิดการผุพังกระจายตัวออกไปจะกลายเป็น “ดินลูกรัง” ที่นิยมใช้เป็นวัสดุทำถนน

ราชบัณฑิตยสถาน (2525) ให้นิยามเหมือนกับคำว่า “หินแดง” โดยให้นิยามคำ “แดง” ว่าเป็นชื่อหินชนิดหนึ่ง เมื่ออยู่ใต้ดินมีลักษณะอ่อนอย่างดินอ่อนแต่ถูกลมแล้วแข็งเป็นหิน สีแดงอย่างอิฐเผา แต่ปรุเป็นรูเหมือนไม้เพรียงกิน ส่วนคำว่า “ลูกรัง” ให้นิยามว่า คือหินแดงที่เป็นเม็ดๆ

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา (2541) อธิบายความหมายของคำว่า laterite หรือศิลาแดง ว่าวัสดุที่ผ่านกระบวนการผุพังมาเป็นเวลายาวนานจนมีธาตุที่เป็นด่างและซิลิกาตกอยู่น้อยมาก คงเหลือออกไซด์ของเหล็ก และ/หรืออะลูมิเนียม โดยอาจมีควอตซ์และเคโอลิไนต์ปนอยู่ด้วย

ศิลาแดงอ่อน (Plinthite) เป็นสารที่มีเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ อยู่ในปริมาณสูง มีควอตซ์ เคโอลิไนต์ และสารที่เป็นองค์ประกอบอื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย ตามปกติจะพบในดินชั้นล่างในรูปของจุดประสีแดง อยู่ในสภาพยังไม่แข็งตัวสามารถตัดแต่งเป็นรูปที่ต้องการ เมื่อนำขึ้นมาสัมผัส

อากาศและผ่านกระบวนการทำให้เปียกและแห้งสลับกันไปหลายๆ ครั้ง จะแข็งตัวอย่างถาวรรู้จักกันทั่วไปว่า ศิลาแลง (plinthite มาจากคำกรีก plinthos = brick) (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

ศิลาแลงอ่อน (Plinthite) เป็นสารที่มีเหล็ก และอะลูมิเนียมออกไซด์อยู่ในปริมาณสูง มีอิทธิพลต่ำ มีควอตซ์ เคโอลิไนต์ และสิ่งเจือปนอื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย ตามปกติจะพบในดินชั้นล่างในรูปของจุดประสีแดง จะแข็งตัวอย่างถาวรเมื่อผ่านวัฏจักรการเปียกและแห้งสลับกันหลายๆ ครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อถูกกับแสงแดด ถ้าอยู่ในสภาพยังไม่แข็งตัวสามารถตัดแต่งโดยใช้พลั่วได้ และรากพืชสามารถไชซอนได้ เมื่อแข็งถาวรเรียกว่า หินเหล็ก (ironstone) (เอิบ, 2542; Soil Survey Staff, 1999)

การเกิดศิลาแลง (Laterization) กระบวนการที่วัตถุต้นกำเนิด ได้ผุพังสลายตัวปลดปล่อยธาตุต่างๆ ออกมาในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง ทำให้ซิลิกาละลายและถูกชะพัดพาออกไปจากหน้าตัดดินพร้อมกับแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมและโซเดียม จึงทำให้มีการสะสมออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมในสภาพของคอลลอยด์ กระบวนการนี้ได้ผ่านระยะเวลาอันยาวนานในสภาพแวดล้อมที่เปียกและแห้งสลับกัน ทำให้ปริมาณของเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์เพิ่มมากขึ้น จนกลายเป็นศิลาแลงหรือลูกรัง (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

ดินศิลาแลง, ดินสนิมเหล็ก, ดินลูกรัง (Lateritic soils) เป็นดินที่เกิดจากการสลายตัวมาเป็นระยะเวลานานภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมอยู่ในปริมาณสูง อันเป็นผลมาจากการเกิดกระบวนการ laterization ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวสีแดงไม่พบชั้นซิมชะ (eluvial horizon) ในหน้าตัดดิน ดินดังกล่าวมีสมบัติที่แข็งตัวได้เอง และมีหินศิลาแลง (laterite rock) หรือกรวดศิลาแลง (laterite gravel) ผสมปนอยู่ (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

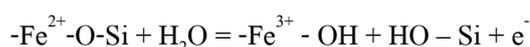
ดินสีแดงเขตร้อน (Tropical red soils หรือ Latosols) ดินสีแดงที่ไม่มีสมบัติในการแข็งตัวได้เอง และไม่มีหินศิลาแลงหรือกรวดศิลาแลงผสมปนอยู่ (ประเทือง, 2532; Alexander and Cady, 1962)

หินศิลาแลง (Laterite rock) หมายถึงศิลาแลงที่เกิดการแข็งตัวเองอย่างสมบูรณ์ จะแสดงสมบัติเป็นหินมากกว่าดิน (ประเทือง, 2532; Alexander and Cady, 1962)

กรวดศิลาแลง (Laterite gravel) หมายถึงศิลาแลงที่มีลักษณะคล้ายหินศิลาแลงแต่เป็นเม็ดแข็ง ขนาดเม็ดหยาบ ไม่ได้มีการรวมตัวเป็นก้อนอย่างหินศิลาแลง (Alexander and Candy, 1962)

2. เหล็กออกไซด์ในดิน

เหล็กออกไซด์ (รวมทั้งรูปออกซิไฮดรอกไซด์ และไฮดรอกไซด์) เป็นองค์ประกอบที่พบอยู่ในดินต่างๆ ไป ทั้งในรูปที่เป็นอนุภาค และเป็นสิ่งเจือปนอยู่กับแร่อื่นๆ ผลจากการผุพังอยู่กับที่ของหินที่มีแร่ซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบ และกระบวนการเกิดดิน เหล็กที่รวมตัวอยู่กับแร่ซิลิเกตในรูปที่มีประจุ +2 เมื่อรวมตัวกับน้ำก็จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนเป็นเหล็กออกไซด์ ซึ่งเหล็กจะมีประจุ +3 ดังสมการ (Aleva, 1994; Brennan and Lindsay, 1998)



เหล็กออกไซด์ที่พบอยู่ในดินสีแดง สีแสด และสีน้ำตาล ตามชั้นของกระบวนการที่เกิดขึ้นในดิน ซึ่งเป็นลักษณะพื้นฐานของดินที่สามารถใช้ในการแบ่งชั้นดินได้ ถึงแม้ว่าเหล็กออกไซด์จะพบในดินเป็นปริมาณที่น้อยกว่าแร่ดินเหนียวอะลูมิเนียมซิลิเกต แต่มีความสำคัญต่อสมบัติต่างๆ ของดินมาก นอกจากจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับสีของดินแล้ว เหล็กออกไซด์ยังมีอิทธิพลต่อการจับตัวของเม็ดดิน และการดูดซับธาตุอาหารพืชต่างๆ ของดิน เหล็กออกไซด์ที่พบในดินนั้นมีหลายชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูป องค์ประกอบ และการตกผลึก สำหรับแร่เหล็กออกไซด์ที่พบมาก ได้แก่ แร่เกอไทต์ (goethite, α -FeO.OH) แร่ฮีมาไทต์ (hematite, α -Fe₂O₃) แร่อิลเมนไนต์ (ilmenite, FeTiO₃) แร่แมกนีไทต์ (magnetite, Fe₃O₄) แร่แมกฮีไมต์ (maghemite, γ -Fe₂O₃) และแร่เฟอร์ริไฮโดรไรต์ (ferrihydrite, Fe₅HO₈.4H₂O) (Young, 1976; Aleva, 1994; Watana, 2004)

เหล็กออกไซด์ในดิน นอกจากอยู่ในรูปของแร่แมกนีไทต์ แร่เกอไทต์ แร่ฮีมาไทต์แล้ว เหล็กออกไซด์ในรูปอื่นๆ ยังเกิดจากการสลายตัวของแร่ซิลิเกตที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ (Greenland and Hayes, 1978) กระบวนการสลายตัวผุพังของหินและแร่ รุนแรงมากในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Young, 1976) เมื่อหินและแร่มีองค์ประกอบหลักเป็นพวกเหล็กสลายตัวผุพัง ก็จะปลดปล่อยเหล็กออกมาในรูปเฟอร์รัสไอออน (Fe²⁺) และเฟอร์ริกไอออน (Fe³⁺) สะสมอยู่ในดินทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) อย่างช้าๆ เป็นแร่เกอไทต์ แต่ถ้าเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็ว จะเกิดเป็นแร่เฟอร์ริไฮโดรไรต์ก่อน เมื่อมีการสูญเสียน้ำก็จะเปลี่ยนไปเป็นแร่ฮีมาไทต์ (Schwertmann and

Taylor, 1977; Anand and Gilkes, 1987a) สภาพแวดล้อมจัดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแร่เหล็ก ออกไซด์ชนิดต่างๆ เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปแร่ฮีมาไทต์เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีความลาดชัน หรือเป็นชั้นบันได มีการระบายน้ำดี ความชื้นต่ำ อุณหภูมิสูง แต่ถ้าสภาพแวดล้อมอยู่ในสภาวะที่มี อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง และเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบหรือมีความลาดชันต่ำ ก็จะพบแร่เกอไทต์ เป็นแร่หลัก (Greenland, 1981; Qiguo and Hua, 1986; Anand and Gilkes, 1987b) กรณีที่ดินมี ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสภาพแวดล้อมไม่ส่งเสริมการเกิดแร่ฮีมาไทต์ เนื่องจากอินทรีย์วัตถุจะเกิด เป็นสารประกอบเชิงซ้อนร่วมกับเหล็ก ทำให้ไม่เกิดเป็นแร่เฟอร์ริไฮโดรด์ ซึ่งเป็นแร่ที่จะเปลี่ยนไป เป็นแร่ฮีมาไทต์ในภายหลัง ดังนั้นจึงมักจะไม่มีพบแร่ฮีมาไทต์ในดินบนต่างๆ ไป (Schwertmann and Taylor, 1977) ผลจากการศึกษาดินในอันดับออกซิซอลส์ (Oxisols) ในประเทศไทย พบว่าเหล็ก ออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้นในชั้นดินล่าง เพราะว่าชั้นดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง เกิดเป็นกรด อินทรีย์ ทำให้เหล็กออกไซด์ละลายและตกตะกอนอยู่ในชั้นดินล่าง และการที่เหล็กออกไซด์มี ปริมาณมากน้อยในดินแตกต่างกัน เนื่องจากวัตถุดิบกำเนิดที่มีส่วนประกอบที่มีเหล็กในปริมาณที่ มากน้อยแตกต่างกันด้วย (บุรี, 2515)

3. สภาพแวดล้อมการเกิดศิลาแลง

3.1 สภาพภูมิอากาศ (Climate)

ภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเกิดศิลาแลง คือ ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแห้ง ภูมิอากาศแบบกึ่งร้อนชื้น ภูมิอากาศแบบป่าดิบชื้น และภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (ประเทือง, 2532) โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของภูมิอากาศ คือ อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มี อิทธิพลต่อการเกิดศิลาแลง กล่าวคือ อุณหภูมิที่สูงและฝนที่ตกชุก (พรพนา, 2546; Frederick *et al.*, 1998) จะช่วยให้เกิดกระบวนการทำลายทั้งทางกายภาพและเคมีของหินได้ดี ซึ่งอุณหภูมิที่พอเหมาะ ต่อการเกิดศิลาแลงประมาณ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นการกระจายของฝนที่ไม่สม่ำเสมอตลอด ปี ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดิน

3.2 วัตถุดิบกำเนิด (Parent material)

ศิลาแลงเกิดจากหินต้นกำเนิดได้ทุกประเภท แต่ส่วนใหญ่ที่พบมักเกิดจากหินแกรนิต หินไนส์ หินฟิลไลต์ หินบะซอลต์ หินทราย และหินที่มีเหล็กและแมกนีเซียมมาก รวมทั้งพวก

ตะกอนน้ำพา หินคาบเชิงเขา หรือวัสดุอื่นๆ ที่เป็นแหล่งให้เหล็กได้ ซึ่งหินแต่ละชนิดจะเกิดศิลาแลงได้ต่างกัน เช่น หินชีสต์ หินดินดาน จะเกิดศิลาแลงได้ดีกว่าหินทรายหรือหินพวกคาร์บอนेट (Oti, 1987) แต่มักจะไม่พบศิลาแลงในหินบางชนิด เช่น หินควอร์ตไซต์ที่บริสุทธิ์ สำหรับประเทศไทยพบศิลาแลงรูปร่างกลมมน ซึ่งเกิดจากวัสดุตกค้างบนหินทราย (Person, 1970) นอกจากนั้นชนิดของกรวดและวัสดุต้นกำเนิดดินกรวดของประเทศไทย ดินที่ประกอบด้วยศิลาแลง (ลูกรัง) และเศษหิน จะเกิดการสลายตัวผู้พังของหินพื้นหรือเกิดจากการทับถมของดินคาบเชิงเขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีหินพื้นเป็นพวกหินตะกอนเนื้อละเอียด ส่วนดินที่ประกอบด้วยหินมนเล็กจะเกิดมาจากการทับถมของตะกอนลำน้ำ บริเวณส่วนบนของหุบเขา หรือในที่ราบ และเป็นตะกอนรูปพัด (Vijarnsorn, 1984)

3.3 สภาพภูมิประเทศและการระบายน้ำ (Topography and drainage)

สภาพภูมิประเทศและสมบัติทางกายภาพของศิลาแลงภายใต้สภาพภูมิอากาศและความชื้นต่างๆ ในประเทศไทย แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ อัสติก (ustic) แอควิก (aquic) และ ยูติก (udic) โดยในสภาพความชื้นแบบแอควิกจัดเป็นพื้นที่ลุ่ม วัสดุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพา (alluvium) ส่วนในสภาพความชื้นแบบอัสติก และยูติกจัดเป็นพื้นที่ดอน วัสดุต้นกำเนิดเป็นการผุพังอยู่กับที่เป็นส่วนใหญ่ (residuuum) (Watana, 2004) (ตารางที่ 1)

ลักษณะรูปร่างของพื้นที่ที่เหมาะสมในการเกิดศิลาแลง ส่วนมากเป็นพื้นที่ซึ่งมีระดับความสูงไม่มาก มีความลาดชันน้อย ถ้าพื้นที่มีความลาดชันมากจะทำให้น้ำไหลผ่านลงไปอย่างรวดเร็ว รวมทั้งตะกอนก็จะถูกชะล้างออกไปอย่างรวดเร็วด้วย ส่วนพื้นที่ซึ่งค่อนข้างราบจะกักเก็บตะกอนและน้ำไว้ได้ดีกว่า และระดับน้ำใต้ดินสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกด้วยความลาดเอียงของพื้นที่ที่เหมาะสมประมาณ 10 – 15 องศา พื้นที่ซึ่งเหมาะสมในการเกิดศิลาแลงจึงควรเป็นที่ราบ เช่น ที่ราบสูง (plateau) ภูเขาขอรราบ (mesa) ที่ราบเชิงเขา ตะพักลำน้ำ (terraces) และที่ราบชายฝั่งทะเล พื้นที่เหล่านี้จะรับแสงแดดได้เต็มที่ และน้ำซึมลงข้างล่างได้สะดวก โดยทั่วไปศิลาแลงจะเกิดกับหน้าตัดดินบริเวณพื้นที่ราบหรือค่อนข้างราบ ที่ราบสูง รวมทั้งที่มีความลาดชัน (จنگลณี, 2545; พรพนา, 2546; Aleva, 1994)

ตารางที่ 1 สภาพภูมิประเทศและสมบัติทางกายภาพของศิลาแลงภายใต้สภาพภูมิอากาศและความชื้นต่างๆ ในประเทศไทย

Parameters	Soil moisture regimes		
	Udic	Aquic	Ustic
<i>Climatic characteristic</i>			
Annual rainfall (mm)	1,883-4,737	1,702-2,396	1,193-1,390
Evaporation (mm)	1,380-1,511	1,309-1,695	1,715-1,912
Mean temperature (°C)	26.8-27.3	24.2-27.3	26.6-27.6
<i>Physical environment</i>			
Landform	Erosional plain Erosion terrace and lower middle slope of residual hill	Higher part of low terrace	Hill footslope
Slope	6-9%	0-2%	3-5%
Elevation (m MSL)	28-125	33-409	96-213
Depth of groundwater	>2	0.7-1.5	>2
Parent materials	Local wash (over residuum)	Alluvium (over residuum)	Local wash (over residuum)
Parent rocks	Metasedimentary rock (plinthite, quartzite) and sedimentary rock	Metasedimentary rock (plinthite, quartzite) and sedimentary rock (siltstone)	Metasedimentary rock (plinthite, quartzite) and clastic sedimentary rock (sandstone)
Land use/ vegetation	Laterite borrow pit/ para- rubber mainly	Paddy rice	Laterite borrow pit/ dipterocarp forest deciduous forest

ที่มา : Watana (2004)

Gidigas (1976) กล่าวว่า หินที่มีการระบายน้ำดี เช่น หินทราย และหินไนส์ จะสลายตัวผุพังเกิดเป็นศิลาแลงได้ง่ายกว่าหินที่มีการระบายน้ำไม่ดี เช่น หินชนวน หินควอตซ์ไซต์ หินชีสต์ และหินฟิลไลต์ ยกเว้นหินแกรนิต หินบะซอลต์และหินดินดาน สามารถสลายตัวผุพังเกิดเป็นศิลาแลงได้ เนื่องจากมีแร่เหล็กและอะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง และมีการระบายน้ำได้ดี ซึ่งเมื่ออุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนพอเหมาะสามารถเกิดดินที่มีศิลาแลงได้

นอกจากนั้นในสภาพแวดล้อมที่มีความลาดชัน หรือชันบันได ซึ่งมีการระบายน้ำดี ความชื้นต่ำ อุณหภูมิสูง ดินศิลาแลงจะมีสีแดงถึงสีน้ำตาลแดง หรือสีแดงปนน้ำตาล พบแร่เหล็ก ออกไซด์พวกฮีมาไทต์ แต่ถ้าพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบหรือมีความลาดชันต่ำ ความชื้นสูง อุณหภูมิต่ำ ดินศิลาแลงจะมีสีน้ำตาลหรือเหลือง ซึ่งส่วนใหญ่จะพบแร่เกอไทต์และไลมอไนต์ (วันเพ็ญ, 2533; Gidigas, 1976; Person, 1970)

3.4 พืชพรรณธรรมชาติ (Vegetation)

ชนิดพืชพรรณที่ปกคลุมเหนือชั้นศิลาแลง เป็นที่มีอิทธิพลต่อการเกิดประเภทของศิลาแลง เช่น ภายใต้อากาศที่แห้งจะมีปริมาณการสะสมเหล็กเกิดเป็นชั้นแข็ง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสูญเสียน้ำ ส่วนบริเวณป่าไม้จะเกิดศิลาแลงอ่อน เนื่องจากมีปริมาณความชื้นสูง และมีแนวโน้มที่จะป้องกันไม่ให้ดินชั้นล่างเกิดปฏิกิริยาสูญเสีย และยังป้องกันไม่ให้เกิดชั้นแข็ง (ประเทือง, 2532)

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมบนดินศิลาแลง (lateritic soil) ส่วนใหญ่เป็นป่าแดงหรือป่าพะ ซึ่งมีพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) และเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. Ex Miq.) ขึ้นอยู่มาก แต่บางบริเวณจะใช้ปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด และข้าวฟ่าง หรืออาจใช้ทำนา ส่วนภาคเหนือและภาคกลาง พืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมบนดินดังกล่าวจะเป็นป่าแดงหรือป่าเบญจพรรณ ซึ่งบางบริเวณก็ใช้ปลูกพืชไร่เช่นกัน แต่หลังจากทำการเพาะปลูกพืชติดต่อกันระยะหนึ่ง พื้นที่เหล่านี้ก็จะถูกทิ้งให้เป็นที่รกร้างว่างเปล่า แต่อาจมีพืชพวกไม้พุ่ม เช่น สدابเสือ ฝั้ว วัชพืช และหญ้าคา ขึ้นแทน ส่วนในบริเวณภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้ใช้ประโยชน์ในบริเวณดังกล่าวสำหรับปลูกยางพาราเป็นพืชหลัก (Vijarnsorn, 1984)

4. ลักษณะของศิลาแลง

โดยทั่วไปจะพบเห็นศิลาแลงอยู่บนผิวดินหรือใต้ผิวดินเพียงเล็กน้อย ศิลาแลงจึงจัดเป็นตะกอนพื้นผิวที่เป็นผลมาจากกระบวนการผุพังทางธรณีวิทยา และพบในประเทศที่อยู่ในสภาพภูมิอากาศมรสุมเขตร้อนเท่านั้น (Tardy, 1997) การผุพังในกระบวนการเกิดศิลาแลงส่วนมากเป็นการผุพังทางเคมี ซึ่งเป็นการเปลี่ยนสภาพของแร่ที่ประกอบอยู่ในหิน หรือในตะกอนที่สะสมตัวอยู่บริเวณนั้น โดยอาจมีการผุพังทางกลศาสตร์จากการแตกหักของหินต้นกำเนิดร่วมด้วยบ้าง ศิลาแลง

จึงเป็นวัสดุธรรมชาติที่เกิดจากการผุพัง มีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละแหล่ง ซึ่งมีลักษณะทั่วไปที่เด่นชัด คือ

1. มีปริมาณแร่เหล็กและอะลูมินัมที่เกิดจากการผุพังมาก
2. มีสารอินทรีย์น้อยมาก หรือ ไม่มีเลย
3. อาจมีหรือไม่มีแร่ควอตซ์ก็ได้ มีความเป็นต่างลดลง
4. มีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อสัมผัสกับอากาศ
5. เกิดในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งสลับชุ่มชื้น (Banerji, 1982; Maignien, 1966)

4.1 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ลักษณะเด่นๆ ดังนี้

4.1.1 ความแข็ง (hardness) ศิลาแลงธรรมชาติเมื่ออยู่ใต้ผิวดินจะมีความแข็งน้อย สามารถตัดให้เป็นก้อน เป็นบล็อกได้ โดยใช้เครื่องมือที่ทำด้วยเหล็ก แต่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสูญเสียความชื้นในดินเหนียวที่เป็นส่วนประกอบของศิลาแลง นอกจากนั้น การสัมผัสกับอากาศและการเปลี่ยนแปลงของอากาศระหว่างฝนตกกับแดดออกทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ส่วนมากเป็นการออกซิไดส์ มีการเพิ่มปริมาณของเหล็กออกไซด์แทรกซึมเข้าไปตามช่องว่างของตะกอน ดังนั้น ศิลาแลงจึงเป็นวัสดุที่สามารถแข็งตัวในระดับพื้นที่ต่างกัน และมีศักยภาพที่จะเป็นของแข็ง (Alexander and Cady, 1962; Watana, 2004)

4.1.2 สี (color) ศิลาแลงจะมีสีออกแดง แดงปนเหลือง แดงอมส้ม น้ำตาลแดง และสีอิฐ เป็นต้น (พรพนา, 2546; Gidigas, 1976) สีของศิลาแลงส่วนมากจะขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็กออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบ รวมทั้งปริมาณของธาตุอื่นที่ปนอยู่ในศิลาแลง เช่น อะลูมินัม ปกติจะมีสีขาวแต่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำเมื่อผสมกับเหล็ก ซิลิกาจะมีสีแดงแบบสนิมเหล็กเมื่อผสมกับไฮดรอกไซด์ของเหล็ก ดินเคโอลินเมื่อถูกเคลือบด้วยเหล็กก็จะมีสีแดง วัสดุหลายชนิดเหล่านี้เมื่อรวมกันเป็นศิลาแลง จึงทำให้ศิลาแลงมีสีแดงหลากหลาย และสีของศิลาแลงอาจเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เกิดขึ้นด้วย (จงกลณี, 2545; Young, 1976; Gidigas, 1976 ; Torrent *et al.*, 1983)

เหล็กออกไซด์มีความสำคัญต่อสีดินเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ๆ (Davey *et al.*, 1975; Bigam *et al.*, 1978) สีดินจะมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของเหล็กออกไซด์ โดยเฉพาะแร่ฮีมาไทต์ และแร่เกอไทต์ สำหรับดินที่ไม่มีแร่ฮีมาไทต์หรือมีเพียง

ปริมาณเล็กน้อย ถึงแม้แร่เหล็กออกไซด์ชนิดอื่นปนอยู่ก็จะมีสี 7.5YR หรือ 10YR ตามรหัสสี Munsell แต่ถ้ากรณีที่ดินมีสี 5R จะเป็นข้อบ่งชี้ให้รู้ว่ามีแร่ฮีมาไทต์เป็นแร่หลักอยู่ในดิน (Bigham *et al.*, 1978) และเมื่อมีการเพิ่มแร่ฮีมาไทต์เข้าไปร้อยละ 1 ค่าของสี (Hue) ของดินสีเหลืองในอันดับ ออกซิซอลส์ จะเปลี่ยนจาก 10YR ไปเป็น 5YR (Rasende, 1976) เมื่อดินสีเหลืองในสภาพความชื้น แบบฮัสติกและยูคิก จะมีสีแดงเข้ม ส่วนสีลาแสงอ่อนที่พบในลักษณะจุดประในดินจะมีแดงสว่าง (Watana, 2004)

4.1.3 โครงสร้าง (structure) หมายถึง รูปแบบหรือรูปร่างของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่จับตัวกันเป็นสีลาแสง และบ่งถึงกระบวนการกำเนิดของสีลาแสง ณ บริเวณนั้น ๆ ด้วยโครงสร้างที่เป็นเนื้อเดียวกันจับตัวกันแน่นเป็นแผ่นแข็ง เป็นลักษณะของสีลาแสงที่เนื้อหินเดิมถูกแทนที่ด้วยออกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีสที่เกิดจากการผุพัง จึงเรียกว่า ออกไซด์ทุติยภูมิ โครงสร้างที่ไม่ต่อเนื่องกัน มีเศษหินหรือกรวดปะปนอยู่ในชั้นสีลาแสง อาจจับตัวกันแน่นเป็นแผ่นหรือจับตัวกันหลวม ๆ มีลักษณะร่วน (จงกลณี, 2545; ประเทือง, 2532; Maignien, 1966; Schwertmann and Taylor, 1989)

การเกิดดินสีลาแสงในประเทศจีน พบว่า ดินสีลาแสงที่มีเนื้อหยาบมาก จะมีความพรุนอากาศน้อย โดยที่มีความพรุนรวมในชั้นดินบนที่ไม่ได้มีการเพาะปลูก มีค่าร้อยละ 46.4 ซึ่งมีความพรุนอากาศอยู่เพียงร้อยละ 2.4 เท่านั้น ทำให้มีผลกระทบต่อระบบการไหลของรากพืชได้ ถ้าเป็นดินที่มีการเพาะปลูก แต่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีค่าความพรุนอากาศเท่ากับร้อยละ 3.0 แต่ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ก็จะมีค่าความพรุนอากาศเท่ากับร้อยละ 11.2 ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 (Xian-Iiang, 1986)

ตารางที่ 2 การกระจายความพรุนในดินสีลาแสงสีแดง ในประเทศจีน

ประเภทการใช้ที่ดิน	ความลึก (ซม.)	ความพรุนอากาศ (%)	ความพรุนของน้ำ (%)	ความพรุนรวม (%)
พื้นที่ว่างเปล่า	0-13	2.4	44.0	46.4
พื้นที่เพาะปลูกที่มี ความอุดมสมบูรณ์สูง	0-21	11.2	44.8	56.0
พื้นที่เพาะปลูกที่มี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	21+	3.8	39.7	43.5
พื้นที่เพาะปลูกที่มี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	0-11	3.0	48.9	51.9
พื้นที่เพาะปลูกที่มี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	11+	3.4	40.3	43.7

ที่มา : Xian-Iiang (1986)

ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของเหล็ก มีคุณสมบัติช่วยให้อนุภาคดินเชื่อมตัวเกาะกันเป็นเม็ดดินได้ดีขึ้น ทำให้ดินมีโครงสร้างดี Schwertmann and Taylor (1977) และ McIntyre (1956) พบว่า การเพิ่มขึ้นของเหล็กออกไซด์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของช่องว่างขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้ดินมีสภาพการระบายน้ำและอากาศที่ดี ซึ่งมีสมบัตินี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดินมีความทนทานต่อการกร่อนแบบร่องลึก (gully erosion) (Bennema, 1967)

4.1.4 ความหนาแน่น (density) ความหนาแน่นของศิลาแลงขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมี กล่าวคือ ถ้ามีเหล็กมากก็จะมีความหนาแน่นมาก และจะมีความหนาแน่นน้อยเมื่อมีอะลูมิเนียมมาก (McIntyre, 1956)

4.2 สมบัติทางเคมี โดยทั่วไปพิจารณาจากปริมาณแร่ที่มีอยู่ในเนื้อศิลาแลง (ดังตารางที่ 3) ได้แก่

4.2.1 เหล็ก แร่เหล็กออกไซด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักของศิลาแลง ได้แก่ แร่ฮีมาไทต์ ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) และแร่เกอไทต์ ($\alpha\text{-FeO.OH}$) ปริมาณแร่ฮีมาไทต์จะลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน (Watana, 2004) นอกนั้นอาจมีแร่เหล็กชนิดอื่น เช่น อิลเมไนต์ (FeTiO_3) หรือไลโมนไนต์ ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) เป็นต้น แร่เหล็กในศิลาแลงส่วนมากเป็นแร่ทุติยภูมิ คือ แร่เหล็กที่เปลี่ยนสภาพมาจากแร่ต้นกำเนิด โดยอยู่ในสภาพของสารละลายเหล็กออกไซด์ที่แทรกซึมเข้าไปตามรอยแตกและตามช่องว่างของเม็ดตะกอน (ประเทือง, 2532; Aleva, 1994) ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบในศิลาแลงที่ต่าง ๆ จะแตกต่างกัน โดยที่บางแห่งจะมีปริมาณเหล็กออกไซด์มากกว่าร้อยละ 80 และมีอะลูมิเนียมออกไซด์อยู่น้อย แต่ในบางแห่งก็มีปริมาณเหล็กออกไซด์อยู่เพียงเล็กน้อย แต่มีอะลูมิเนียมออกไซด์สูงก็ได้ (Maignien, 1983) ดินศิลาแลงในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย จะมีแร่ดังกล่าวข้างต้นอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-10 (อัญชลี, 2515)

เหล็กออกไซด์มีประจุขึ้นอยู่กับค่าปฏิกิริยาดิน (pH dependent charge) ซึ่งถูกทำให้สมดุลด้วยไอออนลบ หรือไอออนบวกต่าง ๆ ได้ (Schwertmann and Taylor, 1977) ในสภาพแวดล้อมที่ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด เหล็กออกไซด์จะมีประจุบวก ทำให้สามารถดูดซับไอออนลบ

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของศิลาแลง

Properties	Thailand ^{1/}			Nigeria ^{2/}
	Udic	Aquic	Ustic	
Moisture content (%)	-	-	-	0.22
Specific gravity (Kg l ⁻¹)	-	-	-	2.51
Loss on ignition (%)	-	-	-	0.93
Chemical composition (%)				
SiO ₂	30.5-87.8	29.8-86.3	20.3-94.6	77.80
Al ₂ O ₃	7.2-27.2	4.9-33.7	0.9-33.0	18.40
Fe ₂ O ₃	1.6-52.0	0.8-33.7	1.7-56.9	2.38
TiO ₂	0.3-1.5	0.4-1.7	0-1.5	0.82
K ₂ O	<1	<1	<1	0.13
MgO	<1	<1	<1	0.13
P ₂ O ₅	<1	<1	<1	0.10
CaO	0.3-3.2	0.1-2.4	<1	-
Na ₂ O	<1	<1	<1	-

^{1/} Watana (2004), ^{2/} Udoeyo (2005)

ที่มีอยู่ในดินได้ เช่น แร่เกอไทต์สามารถดูดซับธาตุฟอสฟอรัสได้สูงสุดประมาณ 5,000 ไมโครกรัมต่อฟอสฟอรัสหนึ่งกรัม (Kanabo and Gilkes, 1987) โดยเกิดปฏิกิริยาดังนี้



เหล็กออกไซด์มีอิทธิพลทำให้ดินมีความจุแลกเปลี่ยนประจุลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเหล็กถูกปลดปล่อยออกมาจากการสลายตัวของหินและแร่อยู่ในรูปเฟอร์รัสไอออนและเฟอร์ริกไอออน ซึ่งจะดูดซับอยู่ที่ผิวของแร่ดินเหนียวอะลูมิเนียมซิลิเกต แล้วตกตะกอนเป็นเหล็กออกไซด์จับอยู่ที่ผิว (Follet, 1965) ทำให้ประจุลบของแร่ดินเหนียวถูกทำให้สมดุลด้วยประจุบวกของเหล็กออกไซด์ (Barber and Rowell, 1972; Sanchez, 1976) เมื่อมีการไล่เหล็กออกไซด์ออกจากดิน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นประจุของดินเหนียว (Tian-ren and Xioao-nian, 1986) ดังนี้คือ

(ก) เหล็กออกไซด์ที่มีประจุบวกในปริมาณ $0.22 \text{ cmol kg}^{-1}$ ที่ pH 3 เมื่อ pH 7 มีอยู่เป็นปริมาณ $0.08 \text{ cmol kg}^{-1}$

(ข) เหล็กออกไซด์สามารถจะบดบังประจุของแร่ดินเหนียว ในกรณีที่เหล็กออกไซด์อยู่ในลักษณะเคลือบผิวของแร่ดินเหนียวนั้น

(ค) พื้นที่ผิวของเหล็กออกไซด์ จะแตกต่างจากพื้นที่ผิวของแร่ดินเหนียว โดยที่ดินเหนียวที่มีเหล็กออกไซด์ปน มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 170 ตารางเมตรต่อกรัม ขณะที่ดินเหนียวซึ่งไม่มีเหล็กออกไซด์จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 38 ตารางเมตรต่อกรัม

4.2.2 อะลูมินัม เป็นธาตุอีกชนิดหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบหลักของศิลาแลง โดยจะอยู่ในรูปของสารประกอบอะลูมินัมออกไซด์ ที่เกิดจากการสลายตัวของแร่พวกอะลูมิโนซิลิเกต ส่วนมากเป็นแร่บอกไซต์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) และอาจมีแร่กิบbsite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) เกิดรวมด้วย อะลูมินัมในศิลาแลงเกิดจากการสลายตัวของอะลูมินัมที่มีอยู่ในหินหรือในตะกอน แล้วถูกชะละลายออกไปในรูปสารละลายที่ตกตะกอนสะสมตัวเป็นชั้นอยู่ใต้ผิวดิน (Kabata-Pendias, 1992)

4.2.3 แมงกานีส แมงกานีสในศิลาแลงส่วนมากจะมีลักษณะเป็นเม็ด เป็นแท่งสั้น ๆ เป็นสาย หรืออาจเป็นก้อนก็ได้ โดยเป็นสารละลายที่ถูกชะละลายลงมาตกตะกอนทับถมกัน เช่นเดียวกับเหล็ก และอะลูมินัม ในบางพื้นที่แมงกานีสอาจตกผลึกเป็นชั้นหนา มีปริมาณสำรองพอเพียงในการทำเหมืองได้ (จงกลณี, 2545; McFarland, 1976; McKenzie, 1989)

นอกจากแร่ทั้งสามดังกล่าวแล้ว ศิลาแลงอาจมีแร่ออกไซด์ของไทเทเนียม เซอร์คอน โครเมียม เกิดรวมด้วยแต่มีปริมาณน้อยมาก ส่วนแร่ควอตซ์ซึ่งเป็นซิลิโคนไดออกไซด์ (SiO_2) จะพบอยู่ในศิลาแลงเช่นกัน โดยอาจเกิดเป็นสายแร่ที่แสดงถึงการผุพังของหินหรือเป็นเม็ดกรวดของแร่ควอตซ์ปฐมภูมิ (Kabata-Pendias and Pendias, 1992)

4.3 สมบัติทางแร่

สารประกอบเหล็กจะเกิดจากการสลายตัวของแร่ต้นกำเนิด ซึ่งจะเกิดขึ้นในรูปของสารออกไซด์ก่อน โดยเป็นส่วนที่ไปเคลือบอนุภาคต่าง ๆ ของดิน และจะไปสะสมในปริมาณสูงรวมอยู่กับอนุภาคดินเหนียว (Uehara, 1979) แล้วจึงเปลี่ยนเป็นสารมีผลึกในภายหลังเป็นแร่เหล็กออกไซด์ในดิน เช่น แร่ฮีมาไทต์ แร่เกอไทต์ แร่แมกนีไมต์ และแร่เลพิโดโครไซต์ (Malomo, 1985;

Raymahashay *et al.*, 1985; Anand and Gilkes, 1987a) แต่แร่เหล็กออกไซด์ที่พบเสมอในดิน ได้แก่ แร่เกอไทต์ และแร่ฮีมาไทต์ (Suddhiprakarn, 1978; Theng, 1980) โดยที่แร่เกอไทต์ที่มีระบบผลึกแบบ orthorhombic รูปร่างเป็นแบบแท่งเข็มมัดรวมกัน (acicular) สามารถเกิดปฏิกิริยาคูดความร้อนที่อุณหภูมิ 280 ถึง 400 องศาเซลเซียส และมีค่าระยะห่างผลึก (diffraction spacing) ที่สำคัญคือ 0.418, 0.269 และ 0.244 นาโนเมตร (nm) ส่วนแร่ฮีมาไทต์มีระบบผลึกเป็นแบบ rhombohedral ไม่เกิดปฏิกิริยาคูดความร้อนหรือคายความร้อน และมีค่าระยะห่างระหว่างผลึกที่สำคัญที่ 0.27, 0.252 และ 0.368 นาโนเมตร (Whittig, 1965)

Schwertmann and Kampf (1985) ทำการศึกษาเหล็กออกไซด์ในส่วนของอนุภาคดินเหนียวของดิน ในอันดับอินเซปติซอลส์ (Inceptisols) อัลติซอลส์ (Ultisols) และออกซิซอลส์ (Oxisols) ทางภาคใต้ และภาคกลางของประเทศบราซิล พบแร่เกอไทต์ และแร่ฮีมาไทต์เป็นแร่หลัก การศึกษานาฬิกาผลึกโดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์พบว่าผลึกของแร่ฮีมาไทต์มีขนาด 10 ถึง 15 นาโนเมตรในแกน Z และ 20 ถึง 30 นาโนเมตร ในแกน X ส่วนแร่เกอไทต์จะมีผลึกที่มีขนาดเล็กกว่าแร่ฮีมาไทต์ ผลจากการศึกษาเหล็กออกไซด์จากตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณ Darling Range ของประเทศออสเตรเลีย พบว่า ผลึกของแร่เกอไทต์มีขนาดอยู่ในพิสัย 15.5 ถึง 22 นาโนเมตร ในตัวอย่างเดียวกัน ผลึกของแร่ฮีมาไทต์จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเฉลี่ยของแร่เกอไทต์อยู่ร้อยละ 50 (Gidigas, 1976)

แร่เหล็กออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ที่พบในดินศิลาแลงในเขตทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย ที่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินแกรนิต มีอัตราส่วนของแร่เกอไทต์ต่อแร่ฮีมาไทต์ ร่วมกับแร่ฮีมาไทต์ อยู่ในพิสัย 0.55-1 ขณะที่วัตถุต้นกำเนิดมาจากหินโดโลไรต์ อัตราส่วนของแร่ดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 0.29-0.83 (Anand and Gilkes, 1987a) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชนิดและปริมาณของแร่เหล็กออกไซด์ที่แตกต่างกัน จะขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดด้วย การศึกษาศิลาแลงในบริเวณ Kerala ประเทศอินเดีย พบว่าประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ร้อยละ 42.0 แร่เกอไทต์ร้อยละ 16.6 แร่ฮีมาไทต์ร้อยละ 5.6 แร่กิบไซต์ร้อยละ 8.8 และแร่ควอตซ์ร้อยละ 22.4 (Viswanathan *et al.*, 1985)

จากการศึกษาลักษณะของศิลาแลงและชั้นศิลาแลงอ่อนของดินอันดับอัลติซอลส์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ของ Suddhiprakarn and Kheoruenromne (1994) พบว่าในดิน Plinthustults ในชั้นศิลาแลงอ่อนพบมวลก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ แร่ควอตซ์ที่มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมและช่องว่างขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ในพื้นเนื้อจะมีสีส้มเข้ม

ของแร่เลพิโดโครไซต์ มีการเคลือบของสารประกอบเหล็กบนผนังช่องว่าง บนผิวของชั้นส่วนหิน และบนผิวของมวลก้อนกลม และเมื่อใช้กล้อง scanning electron microscopys (SEM) ศึกษาองค์ประกอบทางแร่พบว่าแร่เกอไทต์ อีมาไทต์ ควอตซ์ เคโอลิไนต์ และเลพิโดโครไซต์ ส่วนองค์ประกอบทางแร่ของมวลก้อนกลมหรือสารมวลพอกในศิลาแลงและชั้นศิลาแลงอ่อนจะมีแร่หลักอยู่ 3 ชนิด คือ แร่ควอตซ์ เกอไทต์ และอีมาไทต์ และในสภาพที่แห้งซึ่งมีการสูญเสียน้ำในมวลก้อนกลมหรือมวลสารพอก จะพบว่าอีมาไทต์มากกว่าแร่เกอไทต์ ส่วนในสภาพที่ชื้นจะพบแร่เกอไทต์มากกว่าอีมาไทต์

Maejima *et al.* (2000) ทำการศึกษาองค์ประกอบทางแร่ของเหล็กออกไซด์ในดินแดงและดินเหลือง จากทางตอนใต้ของญี่ปุ่นและมณฑลยูนนานของจีน โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์โดยศึกษาดิน 6 พืดอน ในชั้น Bt2 (ช่วงความลึก 50-95 ซม.) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอีมาไทต์ขึ้นกับระดับการผุพังสลายตัวของตัวอย่างดินที่ทำการศึกษา ในดินสีเหลือง และดินศิลาแลงสีเหลือง เมื่อทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคทางการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ตรวจพบเหล็กออกไซด์ในรูปแร่เกอไทต์ที่มีผลึกสมบูรณ์ แต่ไม่พบเหล็กออกไซด์ในรูปอีมาไทต์ และภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนกันความแตกต่างของสปีดระหว่างสีแดงกับสีเหลือง สืบเนื่องมาจากปริมาณน้ำในดิน ที่มีปริมาณแตกต่างกันในวัตถุต้นกำเนิดของดินทั้งสอง

Watana (2004) ศึกษาองค์ประกอบและปริมาณของแร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียวของชั้นศิลาแลงหรือศิลาแลงอ่อน ในสภาพความชื้นแบบ แอควิก (aquic) ยูดิก (udic) และอัสติก (ustic) พบว่า แร่เคโอลิไนต์เป็นแร่ดินเหนียวที่มีปริมาณมากที่สุด คือร้อยละ 5-60 แต่จะไม่พบแร่คลอไรต์ ในสภาพความชื้นแบบยูดิก ส่วนปริมาณเหล็กออกไซด์ที่พบทุกบริเวณคือ เกอไทต์ พบน้อยกว่าร้อยละ 5 และแร่ปฐมภูมิที่พบทุกพื้นที่ที่ศึกษาคือแร่ควอตซ์ ซึ่งพบมากที่สุดที่ชั้นดินบนและลดลงตามความลึก (ตารางที่ 4)

5. ทฤษฎีการเกิดศิลาแลง

ได้มีผู้เสนอทฤษฎีอธิบายการเกิดศิลาแลงไว้หลายทฤษฎี เช่น ทฤษฎีที่ว่าศิลาแลงเป็นสารตกตะกอนชนิดหนึ่ง ยังคงมีผู้เชื่ออยู่ในปัจจุบัน แต่ได้มีการพัฒนาความคิดใหม่จากแนวความคิดเดิม โดยมีผู้พยายามสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของศิลาแลง กับพัฒนาการของภูมิประเทศ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของแร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียวของชั้นศิลา
แลงหรือศิลาแลงอ่อน (Watana, 2004)

Mineralogical composition (in clay fraction)	Soil moisture regimes					
	Udic		Aquic		Ustic	
Clay minerals	Kaolinite	5->60%	Kaolinite	20->60%	Kaolinite	20->60%
	Illite	<20%	Vermiculite	<20%	Illite	<40%
	Smectite	<5%	Illite	<20%	Smectite	<5%
	Vermiculite	<5%	Smectite	<5%	Vermiculite	<5%
	Interstratified*	<5%	Chlorite	<5%	Chlorite	<5%
			Interstratified*	<5%	Interstratified*	<5%
Fe oxides	Goethite	<5%	Goethite	<5%	Goethite	<5%
Al oxides	-	-	Gibbsite	<5%	Gibbsite	<5%
Primary minerals	Quartz	<20%	Quartz	<5%	Quartz	<20%
					Feldspar	<5%

*Interstratified clay minerals 1.0 and 1.4 nm

เช่นงานการศึกษาของ du Bois and Jeffery (1955); Trendall (1962); de Swardt (1964) และ McFarlane (1976) ซึ่งจากข้อสันนิษฐานเบื้องต้นที่อธิบายว่าศิลาแลงเป็นสารตกตะกอนนั้นยังไม่เพียงพอ กล่าวคือ การเกิดศิลาแลงไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ผิวดิน อันเป็นเงื่อนไขที่ต้องมีก่อนของกลุ่มที่เชื่อตามทฤษฎีนี้ และระดับน้ำใต้ดินไม่ได้ขึ้นลงมากอย่างที่สันนิษฐานกัน รวมทั้งไม่สามารถนำพาวัสดุที่ย่อยในทางดิ่งผ่านระยะทางหลายสิบเมตรได้ การกระทำจากสภาพแคพิลลารีก็มีขีดจำกัดมาก รวมทั้งหน้าตัดศิลาแลงที่แตกต่างจากหน้าตัดแบบฉบับ มีพบเห็นอยู่ทั่วไปคือ ไม่พบโซนคัพฟิง โซนลีซีดจางหรือโซนลีจูดประ ด้านการกระจายของศิลาแลงยังต้องการคำอธิบายที่เป็นปัจจัยอื่นที่นอกเหนือไปจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายของสารละลายสู่ด้านบนและด้านล่างพร้อม ๆ กันเป็นบริเวณกว้าง ในกรณีที่ใช้ธิบายกระบวนการสูญเสียซิลิกา (desilicification) และกระบวนการเพิ่มเติมวัสดุด้านบนจากโซนลีซีดจางนั้นยังมีข้อมูลการศึกษาด้านเคมีสนับสนุนน้อย เหตุนี้การศึกษากำเนิดของศิลาแลงในระยะหลังจึงหันมาสนใจในลักษณะของการสังเคราะห์ระหว่างโมเดลเก่าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนตัวต่ำลง พร้อมกับการสะสมตัวของวัสดุตกค้าง กับ โมเดลต่อมาที่เกี่ยวกับการตกตะกอนในหน้าตัดของพื้นที่ผิวดิน (McFarlane, 1976)

ทฤษฎีที่กล่าวว่าศิลาแลงเป็นวัสดุตกค้างชนิดหนึ่ง จัดเป็นแนวความคิดเกี่ยวกับการเกิดศิลาแลงที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ทฤษฎีนี้เชื่อว่าการสะสมตัวมีความสัมพันธ์กับสารประกอบที่เคลื่อนย้ายได้ยาก ทฤษฎีที่กล่าวว่าศิลาแลงเป็นสารตกตะกอนชนิดหนึ่ง เชื่อว่าโซนสีซีดขาว-เทา (pallid zone) เป็นแบบฉบับที่พบอยู่ใต้ชั้นศิลาแลง เหล็กและอะลูมิเนียมจากโซนนี้จะเข้าสู่โซนรับวัสดุเพิ่มเติมด้านบนโดยการขุ่นลงของระดับน้ำใต้ดินตามฤดูกาลหรือโดยน้ำแคพิลลารี (capillary water) และเกิดการตกตะกอนในที่สุด (McFarlane, 1976)

กลไกการเกิดศิลาแลงถือว่าเป็นกลไกการเกิดเหล็กออกไซด์ในดินอย่างหนึ่ง คือ มีการตกตะกอนของเหล็กภายในชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะในสภาพภูมิอากาศแบบเมืองร้อนมีฝนตกเฉพาะฤดู (Young, 1976) กระบวนการเกิดดินศิลาแลงที่สำคัญได้แก่ กระบวนการ laterization (Sanchez, 1976) ซึ่งมีขั้นตอนอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

ก. การสลายตัวทางกายภาพ และทางเคมีของแร่ปฐมภูมิ มีการปลดปล่อยส่วนประกอบของธาตุที่เป็นค่า เช่น ซิลิกอน อะลูมิเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ออกมาอยู่ในรูปของไอออน

ข. การชะล้างซิลิกา และธาตุประจุบวกที่เป็นค่า ภายใต้สภาวะที่มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมออกไซด์ โดยเฉพาะอะลูมิเนียมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และไทเทเนียมออกไซด์

ค. การสูญเสียน้ำบางส่วน หรือทั้งหมดออกจากเซสควิออกไซด์ และแร่ทุติยภูมิ

ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมการเกิดศิลาแลงคือ วัตถุประสงค์กำเนิด สภาพภูมิอากาศ พืชพรรณ สภาพภูมิประเทศและสภาพการระบายน้ำ และเวลาทางธรณี (Gidigasu, 1983) การที่ศิลาแลงแข็งตัวนั้นตัวการสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ เหล็ก ส่วนอะลูมิเนียมอาจจะทำให้ศิลาแลงแข็งได้ แต่ต้องมีปริมาณมากและใช้เวลานานกว่าเหล็ก (Alexander and Cady, 1962) กระบวนการที่ทำให้ศิลาแลงแข็งตัวนี้อาจเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ

1. การตกผลึก และการสูญเสียน้ำเนื่องจากเหล็กออกไซด์ที่อยู่ในรูปสารอสัณฐาน เกิดการสูญเสียน้ำ แล้วตกผลึกเกิดเป็นแร่เกอไทต์

2. แร่เหล็กออกไซด์ตกผลึกจับตัวกันเป็นก้อนอย่างต่อเนื่อง

5.1 กระบวนการเกิดศิลาแลง

ในธรรมชาติจะเห็นศิลาแลงเป็นชั้นอยู่บนผิวดิน หรือใต้ผิวดินเล็กน้อย ถัดลงไปจะมีตะกอนอีกหลายชั้นเกิดรวมด้วย ซึ่งรวมเรียกว่าหน้าตัดศิลาแลง (laterite profile)

ศิลาแลงในประเทศไทยสามารถแบ่งตามกระบวนการเกิดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ (ประเทือง, 2532; Hongsnoi, 1969) คือ

5.1.1. ศิลาแลงที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินในพื้นที่ ประกอบด้วยชั้นที่สำคัญ คือ

- 1) ชั้นดินตอนบนประกอบด้วยทราย ดินเหนียว และซากพืช จัดเป็นดินพื้นผิว โดยสารละลายของแร่เหล็กถูกชะล้างลงไปสะสมตัวชั้นล่าง
- 2) สารละลายของแร่เหล็กและแมงกานีสออกไซด์ที่สะสมตัวเป็นชั้นแข็งจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำใต้ดิน และอาจจะจับตัวกันเป็นเม็ด มีรูปร่างมนจนถึงกลม มีขนาดต่างๆ กัน และเม็ดเหล่านี้อาจเชื่อมประสานเป็นแผ่นเดียวกัน มีลักษณะเป็นชั้นแข็ง (duricrust) ชั้นนี้คือชั้น “ศิลาแลง” หรือชั้นที่ชาวบ้านเรียกว่า “แม่รัง”
- 3) ชั้นดินเหนียวจุดประ (mottled clay) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากชั้นศิลาแลงลงไป อาจมีสารละลายของแร่เหล็กและแมงกานีสพอกพูนเป็นเม็ด ๆ ปะปนอยู่บ้าง ชาวบ้านเรียกว่า “ลูกรัง” มีความหนาไม่แน่นอน รอยต่อระหว่างชั้นนี้กับชั้นศิลาแลง อาจจะเป็นรอยต่อที่เด่นชัด หรืออาจจะเป็นรอยต่อที่ดินเหนียวค่อย ๆ เปลี่ยนสภาพเป็นดินเหนียวอ่อนสีเทา มีจุดประสีแดง สีส้ม สีเหลือง ของสารละลายเหล็กออกไซด์ กระจุกกระจายอยู่ในเนื้อดินเหนียวอย่างไม่เป็นระเบียบ
- 4) ในบางพื้นที่จะเห็นชั้นดินเหนียวสีจาง (pallid zone) อาจมีสีขาวยิ่งหมด หรือขาวเป็นบางส่วน และมีกรวดของแร่ควอตซ์ขนาดต่าง ๆ ปะปนอยู่ด้วย ชั้นนี้เกิดจากการที่สารละลายของแร่เหล็ก หรือแมงกานีสออกไซด์ถูกชะล้างออกไป เนื่องจากการเปลี่ยนระดับน้ำใต้ดิน กล่าวคือ เมื่อสารละลายของเหล็กเฟอร์สอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน บริเวณนั้นจะเกิดสถานะการ

ลดออกซิเจน สารละลายของเหล็กจะถูกดูดขึ้นไปด้วยแรงดึงดูระหว่างโมเลกุลตามรูเล็ก ๆ (capillary suction) ในเนื้อตะกอน แล้วตกตะกอนเป็นเหล็ก เพอริกอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินดังกล่าว ในฤดูร้อนจึงเห็นชั้นตะกอนตอนบนมีจุดประสีแดง ส่วนชั้นตะกอนที่สูญเสียออกซิเจนก็จะมีสีจางหรือสีขาว แต่ในบางพื้นที่เป็นชั้นหินผุ โดยเนื้อหินเดิมผุพังสลายตัวไป แต่โครงสร้างของหินยังคงอยู่ให้สังเกตได้ แร่ประกอบหินถูกแทนที่ด้วยดินเหนียวและเหล็กออกไซด์

5) ชั้นล่างสุดถัดจากชั้นหินผุ ลงไปจะเป็นหินต้นกำเนิด หรือหินดาน

5.1.2 ศิลาแลงที่เกิดจากการสะสมตะกอน ตะกอนในที่นี้หมายถึง เศษหิน กรวด ทราย และดินเหนียว หรืออาจเป็นศิลาแลงที่เกิดขึ้นมาก่อนแล้วแตกหักผุพัง ตะกอนเหล่านี้เมื่อผุพัง หรือถูกกัดเซาะหลุดออกจากพื้นที่เดิมก็จะถูกพัดพาไปสะสมตัว ณ ที่ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่า ต่อจากนั้น กระบวนการเกิดศิลาแลงจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศและระดับน้ำใต้ดิน ได้เปลี่ยนแปลงสภาพตะกอนที่ทับถมกันอยู่นั้นให้เป็นศิลาแลง ตะกอนที่ผุพังส่วนมากจะถูกเปลี่ยนสภาพด้วยสารละลายของแร่เหล็ก แต่บางครั้งแร่ควอตซ์และหินที่มีความต้านทานอาจจะเหลืออยู่เป็นก้อนกรวดขนาดต่าง ๆ ห่อมล้อมหรือเชื่อมประสานเป็นชั้นแข็งด้วยสารละลายเหล็กและแมงกานีส จึงอาจเรียกชื่อตามลักษณะรูปแบบที่เห็นนี้ว่า ศิลาแลงกรวด

กระบวนการเกิดศิลาแลงที่สำคัญ จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินตามฤดูกาล ในฤดูฝนระดับน้ำที่มีสารละลายของแร่เหล็กจะขึ้นสูงและตกตะกอนอยู่ในระดับบน ฤดูร้อนระดับน้ำใต้ดินลด สารละลายของแร่เหล็กที่มีอยู่ในน้ำก็ค่อย ๆ ลดระดับลงมาด้วย และตกตะกอนอยู่เป็นแนวชั้นล่าง ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงเช่นนี้ เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ก็จะเกิดเป็นชั้นแข็งของศิลาแลงอยู่ ณ บริเวณนั้น

ศิลาแลงส่วนมากเป็นผลจากการผุพังทางเคมีของหิน อาจมีการผุพังทางกลศาสตร์ร่วมด้วยเป็นบางพื้นที่ การผุพังมักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป โดยเกิดอยู่บนดิน หรือใต้ผิวดินเล็กน้อย มีเหล็กและอะลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบหลัก มีซิลิกาน้อยกว่าปริมาณแร่โอไลท์ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในเนื้อหินต้นกำเนิด ศิลาแลงจึงไม่เป็นหินหรือดิน แต่เป็นตะกอนที่เปลี่ยนรูปมาจากการผุพังของหิน มีกระบวนการเกิดที่สัมพันธ์กับธรณีวิทยา (Gidigas, 1975; Maignien, 1996)

5.2 ชนิดของศิลาแลง

ศิลาแลงมีรูปร่างต่าง ๆ กัน ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเม็ดมวลสารพอก (concretion) ที่เกิดจากสารละลายตกผลึก หรือสารละลายงอกพอกพูนจากจุดศูนย์กลางของเม็ดตะกอนที่ส่วนมากเป็นแร่ควอตซ์ออกไปรอบด้าน อาจมีลักษณะกลมมนหรือเรียวยาว ซึ่งบางครั้งก็แบ่งแยกไปตามขนาดของเม็ด ถ้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 มิลลิเมตร มีรูปร่างเรียวกล้ายถั่วหรือกระสุน เรียกว่า พิโซลิทส์ (pisoliths) และถ้าเป็นเม็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร เรียกว่า โอโอลิทส์ (ooliths) คำจำกัดความนี้จึงมักนำไปใช้เรียกชนิดของศิลาแลงที่มีลักษณะเป็นเม็ดว่า pisolithic laterite หรือ oolithic laterite ตามขนาดที่พบ ศิลาแลงที่เป็นเม็ดนี้อาจเชื่อมติดกัน หรืออาจมีช่องว่างระหว่างเม็ด โดยมีเม็ดดินเหนียวเป็นตัวเชื่อมประสาน (ประเทือง, 2532; McFarlane, 1981)

นอกจากเป็นเม็ดแล้ว ศิลาแลงอาจมีรูปร่างเป็นแท่งยาวคล้ายตัวหนอน (vermiform laterite) มีลักษณะเป็นท่อ ภายในท่ออาจจะมีแร่ดินขาว หรือแร่ควอตซ์แทรกอยู่ด้วย แต่ถ้าไม่มีแร่เหล่านี้ ก็อาจมีแร่เกอไทต์แทรกอยู่ โดยทั่วไปจะพบว่าศิลาแลงที่เกิดอยู่ในพื้นที่สูง มีการระบายน้ำได้ดี มักจะเกิดเป็นเม็ด แต่ในพื้นที่ต่ำซึ่งมีการระบายน้ำไม่ดี มักจะเป็นศิลาแลงแบบตัวหนอน (ประเทือง; McFarlane, 1976)

ศิลาแลงที่พบในดิน มีลักษณะรูปแบบต่าง ๆ กัน พอสรุปได้ดังนี้ (วันเพ็ญ, 2533; Young, 1976)

5.2.1 ศิลาแลงที่จับตัวกันแน่น (Massive laterite) ประกอบกันเป็นเนื้อแข็งบาง ลักษณะอาจจะมีช่องว่าง หรือมีเนื้อดินปนอยู่บ้าง แบ่งย่อยออกเป็น

ก. Cellular laterite เป็นศิลาแลงที่มีช่องว่างรูปร่างค่อนข้างกลมอาจเชื่อมตัวกันหรือไม่เชื่อมตัวกันก็ได้

ข. Vesicular laterite เป็นศิลาแลงที่มีรูพรุนมาก

5.2.2 ศิลาแลงเม็ดกลม (Nodular laterite) มีรูปร่างเป็นเม็ดกลม แยกตัวเป็นอิสระ แบ่งย่อยออกเป็น

ก. สีลาแลงเม็ดกลมที่เชื่อมตัวกัน (Cemented nodular laterite) มวลพอก (concretions) เป็นเม็ดที่แยกตัวเป็นอิสระ เชื่อมตัวกันอย่างเหนียวแน่นด้วยสารประกอบเหล็ก ประเภทเดียวกันกับสารเม็ดกลม

ข. สีลาแลงเม็ดกลมที่เชื่อมตัวกันบางส่วน (Partly-cemented nodular laterite)

ค. สีลาแลงเม็ดกลมที่ไม่เชื่อมตัวกันเลย (Non-cemented nodular laterite)

ง. มวลพอกเหล็ก (Iron concretions) มวลพอกเหล็กนี้จะแยกตัวออกจากดินมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนักของชั้นดินทุกชั้น บางครั้งอาจเรียกว่า เม็ดสีลาแลงแยกตัว (Spaced nodular laterite)

5.2.3 สีลาแลงที่จับตัวกันใหม่ (Recemented laterite) ประกอบด้วยชิ้นส่วนของสีลาแลงที่จับตัวกันแน่น หรือหินที่มีองค์ประกอบของเหล็กอยู่สูง แตกตัวจากกันแล้วมีการเชื่อมตัวกันทั้งหมดหรือบางส่วนก็ได้

5.2.4 หินที่มีองค์ประกอบของเหล็กสูง (Ferruginized rock) โครงสร้างของหินยังปรากฏออกมาให้เห็น แต่จะมีบางส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยเหล็ก

5.2.5 สีลาแลงอ่อน (Soft laterite) เป็นดินเหนียวที่มีปริมาณเหล็กอยู่สูง มีอินทรีย์วัตถุต่ำ โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นจุดประสีแดงเข้ม และสามารถแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศหรืออยู่ในสภาวะเปียก และแห้งสลับกัน

6. ดินสีลาแลงที่พบในประเทศไทย

การกระจายของดินสีลาแลง ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นพวกแร่เหล็กออกไซด์ในประเทศไทย พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาตามลำดับ ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงใต้ ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคกลาง พบว่าดินสีลาแลงในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่มดินใหญ่ คือ Plinthaquults, Dystropepts, Plinthustults, Paleustults, Plinthudults และ Paleudults (Vijarnsorn, 1984) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกระจายของดินศิลาแลงในส่วนต่าง ๆ ของประเทศไทย

ภาค	พื้นที่ของกลุ่มดินต่าง ๆ (ตารางกิโลเมตร)						รวม
	Plinthaquults และ Plinthaqualfs	Dystropepts	Plinthustults และ Plinthustalfs	Paleustults	Plinthudults	Paleudults	
	เหนือ	228	706	438	2,929	-	
ตะวันออกเฉียงเหนือ	746	-	19,493	3,032	-	-	23,271
กลาง	156	-	-	378	-	-	534
ใต้	159	-	353	4,244	-	2,103	6,859
ใต้	205	-	-	-	41	2,343	2,589
พื้นที่รวม	1,494	706	20,284	10,583	41	4,446	37,554
%	0.29	0.14	3.95	2.06	0.01	0.87	7.32

ที่มา : Vijarnsorn (1984)

Plinthaquults พบบริเวณพื้นที่ลุ่ม ที่ราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ มีเนื้อดินตั้งแต่ดินร่วนหยาบ (coarse loamy) จนถึงดินเหนียว (clayey) หรือดินเหนียวปนกรวด (clayey skeletal) มีสภาพการระบายน้ำค่อนข้างเร็วถึงเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ครอบคลุมพื้นที่ 1,494 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ ชุดดินน้ำจาย ชุดดินวิสัย ชุดดินสะท้อน ชุดดินย่านตาขาว ชุดดินคลองขุด ชุดดินสตูล ชุดดินวังทอง ชุดดินกันตัง และชุดดินพะยอมงาม ชุดดินแกลง

Dystropepts อยู่ในพื้นที่ดอน ครอบคลุมพื้นที่ 706 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ ชุดดินชุมแสง (Cs)

Plinthustults อยู่ในพื้นที่ดอน ครอบคลุมพื้นที่ 20,284 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ ชุดดินโพนพิสัย (Pp)

Paleustults อยู่ในพื้นที่ดอน ครอบคลุมพื้นที่ 10,583 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ ชุดดินกบินทร์บุรี (Kb)

Plinthudults เป็นกลุ่มดินที่พบในที่ดอน มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นเล็กน้อย เนื้อดินตั้งแต่ดินร่วน (loamy) ถึงดินเหนียวปนกรวด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สภาพการระบายน้ำปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 41 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ ชุดดินนาท่าม และชุดดินเขาขาด

Paleudults อยู่ในพื้นที่ดอน เนื้อดินตั้งแต่ดินร่วนหยาบ ถึงดิน บางชุดดินเป็นดินต้นมีลูกรังปน บางชุดดินเป็นดินเหนียวลึก มีสีน้ำตาล สีเหลืองปนน้ำตาล และสีแดง มีสภาพการระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง Paleudults เป็นกลุ่มดินที่พบมากในภาคใต้ และพบในที่ดอน สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชันใช้ประโยชน์ในการปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน ผลไม้บางชนิด และพืชไร่ทั่วไป ครอบคลุมพื้นที่ 4,446 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ ชุดดินคลองซาก ชุดดินตราด ชุดดินอ่าวลึก ชุดดินหนองกล้า ชุดดินฝั่งแดง ชุดดินชุมพร ชุดดินยะลา ชุดดินปาดังเคซาร์ ชุดดินหาดใหญ่ ชุดดินตรัง ชุดดินปะทิว ชุดดินภูเก็ต ชุดดินพังงา ชุดดินปากจั่น ชุดดินลำภูตา ชุดดินกระบี่ ชุดดินสวี ชุดดินท่าแซะ ชุดดินรือเสาะ ชุดดินละหาน ชุดดินคลองท่อม ชุดดินฉลอง ชุดดินคอหงษ์ และชุดดินนาทวี

จำแนกดินที่พบศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนตามอันดับต่าง ๆ ตามชนิดของสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย คือภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน และภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ดินศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่จำแนกมี 3 อันดับดิน คือ แอลฟีซอลล์ อินเซปทิซอลล์ และ อัลทิซอลล์ ดังแสดงในตารางที่ 6 (Watana, 2004)

6.1 ธรณีวิทยาของศิลาแลง

ศิลาแลงเป็นทั้งส่วนหนึ่งของหินผุและตะกอน ถ้าเป็นหินผุก็แสดงว่าเกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น ฌ บริเวณนั้น และถ้าเป็นตะกอนก็แสดงว่าเมื่อหินเกิดการผุพังแล้วถูกพัดพาไปตกตะกอนสะสมตัว ฌ ที่ใดที่หนึ่งที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ทำให้เกิดการเชื่อมประสานของตะกอนเป็นศิลาแลง ซึ่งตัวการที่สำคัญในกระบวนการนี้คือ น้ำใต้ดิน สภาพแวดล้อมของพื้นที่รวมทั้งกระบวนการเกิดศิลาแลง (lateritization) ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นกระบวนการทางธรณีวิทยา เช่น การผุพัง การพัดพา การสะสมตัวและการแข็งตัว เป็นต้น (Maignien, 1966; Person, 1970; Mercado, 1981)

ตารางที่ 6 การจำแนกดินศิลาแลงตามอันดับต่าง ๆ โดยจำแนกตามชนิดของสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย (Watana, 2004)

Suborder	Great group	Supgroup	Soil Series
I. Tropical Savanna Climate			
Aqualfs	Endoaqualfs	Aeric (Plinthic)	Manorom (Mn) Doembang (Db) Tha Tum (Tt)
		Typic (Plinthic)	Phan (Ph)
Aquepts	Endoaquepts	Aeric (Plinthic)	Chumsaeng (Cs)
Aquults	Epiaquults	Aeric (Plinthic)	On (On)
	Paleaquults	Aeric Plinthic	Nakhon Phanom (Nn) Phen (Pn)
		(Aeric) Plinthic	Pak Tho (Pth) Renu (Rn)
		Aeric (Plinthic)	Buntharik (Bt)
		Plinthic	Chiang Rai (Cr) Si Thep (Sri)
Ustalfs	Paleustalfs	Plinthic	Phayao (Pao)
		Typic (Plinthic)	Sa Kaeo (Ska)
Ustults	Haplustults	Petroferric	Sakon (Sk)
	Kandiustults (csk)	Typic	Chiang Khan (Ch)
	Paleustults	Typic(Oxyaquic Plinthic)	Phon PHisai (Pp)
II. Tropical Monsoonal Climate			
Aquepts	Endoaquept (csk)	Aeric	Thung Khai (Tuk)
Aquults	Paleaquults	Plinthic	Phattalung (Ptl)
	Plinthaquults	Kandic	Khlong Khut (Kut) Phayom Ngam (Pym) Satun (Stu)
	Plinthaquults	(Aeric) Typic	Kantang (Kat) Yan Ta Khao (Yk)
		Typic	Klaeng (Kl) Nam Krachai (Ni) Sathon (Stn) Visai (Vi)
Humults	Kandihumults (csk)	Typic (Kandic)	Khlong Chak (Kc)
Udalfs	Paleudalfs	Plinthaquic	Phak Kat (Pat)
Udults	Kandiudults (csk)	Typic	Nong Khla (Nok)
	Paleudults (lsk)	Typic	Sawi (Sw)
	Paleudults (csk)	Typic	Chumphon (Cp) Hat Yai (Hy)
	Paleudults (col/csk)	Typic	Padang Besar (Pad)
	Plinthudults	Typic (Kandic)	Khao Khat (Kkt) Tha Chang (Tac)
		Typic (Aquic)	Na Tham (Ntm) Pak Khom (Pkm) Wang Tong (Wat)

Particle size class: csk= clayey-skeletal, lsk= loamy-skeletal, col/csk= coarse-loamy over clayey-skeletal

6.2 อายุของศิลาแลง

ศิลาแลงในประเทศไทยส่วนมากพบอยู่บนผิวดิน หรือใต้ผิวดินลงไปเล็กน้อยจนถึงระดับความลึกประมาณ 2 เมตร ในบริเวณที่ราบสูง ที่ราบและเนินเขา แต่ถ้าเป็นพื้นที่ซึ่งมีตะกอนทับถมกันค่อนข้างหนา เช่นบริเวณที่ราบภาคกลาง จะพบศิลาแลงในระดับที่ลึกกว่า 2 เมตร อาจเป็น 10 – 15 เมตร ลงไป ซึ่งเป็นศิลาแลงเก่าที่เกิดขึ้นก่อนการสะสมของตะกอนที่ปิดทับอยู่ตอนบน ศิลาแลงจึงมีอายุต่างๆ กันตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป อายุของศิลาแลงหรือระยะเวลาของการเกิดศิลาแลง ไม่มีข้อสรุปที่แน่นอน เพราะศิลาแลงไม่มีซากดึกดำบรรพ์ที่จะกำหนดอายุได้ การหาอายุของศิลาแลงจึงใช้การเทียบสัมพันธ์กับหินข้างเคียงที่ทราบอายุแล้ว และเกิดอยู่ร่วมกันในบริเวณนั้น ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านการศึกษานามแม่เหล็กโบราณได้พัฒนาขึ้น อายุสัมบูรณ์ของศิลาแลงจึงได้มีการศึกษาวิจัยมากขึ้น โดยทั่วไปศิลาแลงในภูมิภาคเอเชียมีหลายอายุ ตั้งแต่ตอนปลายยุคมีโซโซอิกต่อเนื่องกับยุคเทอร์เชียรี (ประมาณ 65 ล้านปีขึ้นไป) (Maignien, 1966)

สำหรับประเทศไทย อายุของศิลาแลงประมาณ ได้จากการเทียบสัมพันธ์กับหินที่ทราบอายุแล้ว เช่น ในบริเวณที่ราบสูงโคราช ศิลาแลงเกิดขึ้นบนพื้นผิวของหินชุดโคราช ที่มีอายุอยู่ในยุคมีโซโซอิก ศิลาแลงจึงควรมีอายุน้อยกว่าหินชุดโคราช และควรเป็นช่วงเวลาในประเทศไทยได้เคลื่อนมาอยู่ในตำแหน่งที่เป็นมรสุมเขตร้อนแล้ว ตามทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีภาค อาจจะเป็นยุคเทอร์เชียรีตอนปลาย (ประมาณ 65-20 ล้านปี) และ/หรือยุคควอเทอร์นารีตอนต้น (ประมาณ 2 ล้านปี) ซึ่งเป็นช่วงที่ภูมิอากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง นอกจากนี้ศิลาแลงในยุคควอเทอร์นารียังเทียบเคียงได้กับตะกอนที่เกิดร่วมด้วย โดยพบว่าศิลาแลงส่วนมากจะวางตัวอยู่ใต้ตะกอนสมัยโฮโลซีน (10,000 ปี - ปัจจุบัน) ที่ทราบอายุแน่นอน และบางบริเวณก็ได้มีการหาอายุจากซากดึกดำบรรพ์ที่ตายทับถมอยู่บนชั้นศิลาแลง เช่น ในเขตกรุงเทพมหานครพบซากหอยอายุ 43,000 - 45,000 ปี อยู่บนชั้นดินเหนียวที่มีจุดประ กระบวนการเกิดศิลาแลงในประเทศไทยจึงควรเกิดขึ้นหลายครั้งตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรีเป็นต้นมา ซึ่งเป็นยุคที่ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน แล้วมีปริมาณฝนตกมากและภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ศิลาแลงจึงเป็นหลักฐานอย่างหนึ่ง que แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอากาศในอดีตที่เคยเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ (Maignien, 1966)

7. ประโยชน์ของศิลาแลง

ศิลาแลงมีประโยชน์หลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประโยชน์ในการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างมาอย่างยาวนานในประวัติศาสตร์ของมนุษย์บริเวณอุษาคเนย์ เช่น ประสาทหิน วัดและพระพุทธรูปในสมัยต่างๆ ทั้งในประเทศไทย กัมพูชา และลาว จนต่อมาได้พัฒนาตามยุคสมัย นำมาใช้เป็นวัสดุตกแต่งบ้านเรือน และอาคารสมัยใหม่

ศิลาแลงเป็นแหล่งกำเนิดของทรัพยากรธรณีหลายชนิด เช่น แร่บอกไซต์ ซึ่งเป็นแร่ที่มีอะลูมิเนียมมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการทำสารส้ม นอกจากนี้ศิลาแลงในบางบริเวณสัมพันธ์กับแหล่งแร่เหล็ก ที่เป็นแร่ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) และแร่แมงกานีสที่เป็นแร่ไพโรลูไซต์ แร่ในศิลาแลงจะไม่ใช่แหล่งใหญ่ แต่เป็นแหล่งที่มีกระบวนการทำเหมืองแบบง่ายๆ และลงทุนน้อย (นวลอนงค์ และคณะ, 2527; วันเพ็ญ, 2533)

นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของศิลาแลงเพิ่มขึ้น เพื่อหาศักยภาพในการนำมาใช้เป็นฐานรากของทางหลวง สนามบิน หรือเป็นวัสดุสำหรับเขื่อนดินรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้เพราะศิลาแลงมีสมบัติที่ดี คือไม่พองตัวเมื่อโดนน้ำ จึงอาจนำมาใช้สร้างสะพานและเป็นแหล่งกักเก็บน้ำได้ด้วย (วันเพ็ญ, 2533; Udoeyo, 2005)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. กำหนดพื้นที่ที่ศึกษา

โดยเลือกพื้นที่จากบริเวณที่มีศิลาแลง 15 บริเวณแบ่งออกเป็นภาคเหนือ 5 บริเวณ ได้แก่ บริเวณลานหอย จังหวัดสุโขทัย อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา อำเภอเชียงคาน จังหวัดเชียงราย อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และอำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 บริเวณ ได้แก่ บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี อำเภอบ้านฝ่อ จังหวัดอุดรธานี อำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรธานี กิ่งอำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย และอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคตะวันออกเฉียงใต้ 1 บริเวณ บริเวณอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี และภาคใต้ 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณ อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง อำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง (ภาพที่ 1)

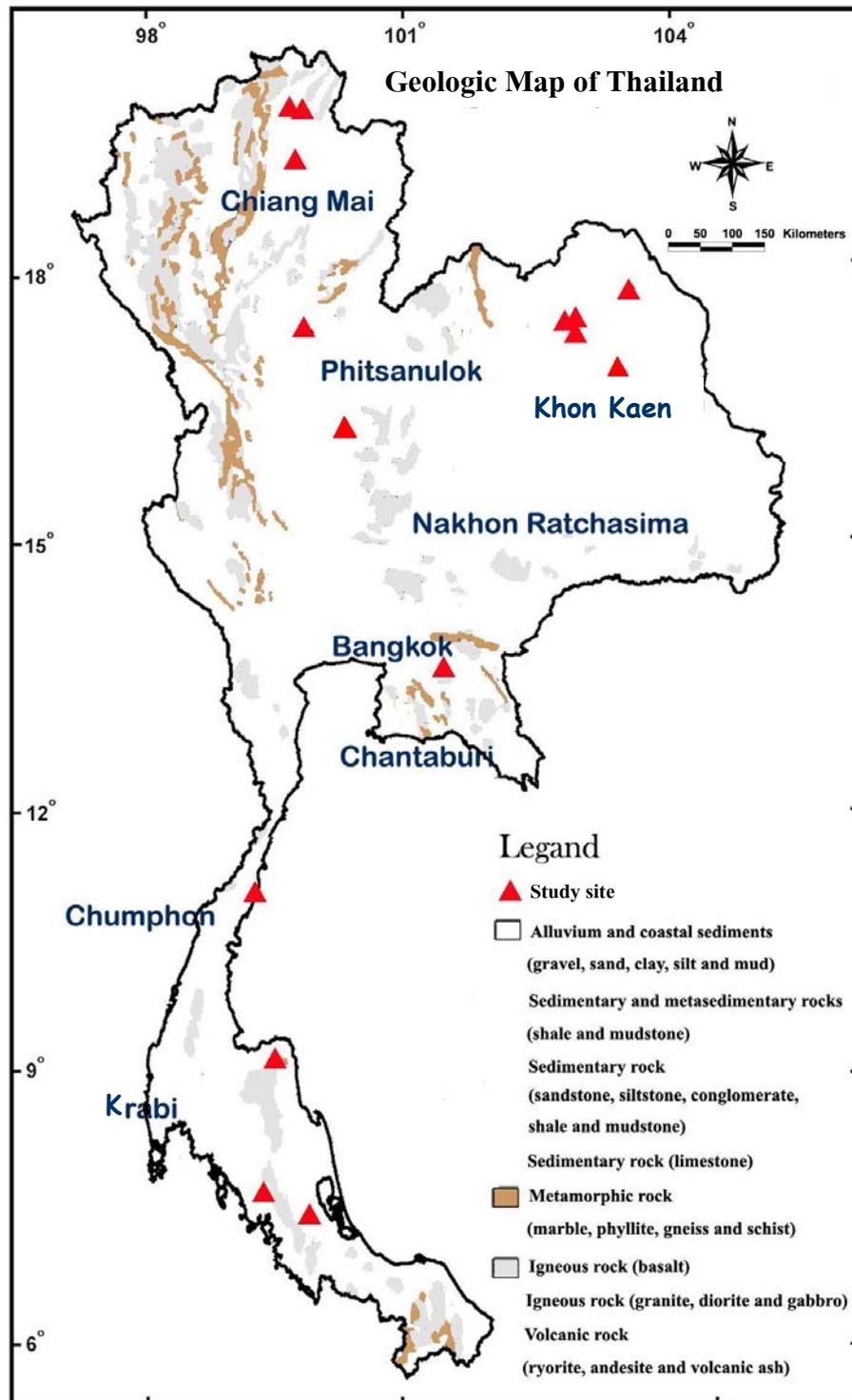
2. การเตรียมตัวอย่างศิลาแลง

นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มจนกระทั่งแห้ง แยกเม็ดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนออกจากดินดังภาพที่ 2 แล้วทำการบดให้ละเอียด แล้วนำศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่ได้ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

3.1 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ในรูปอิสระ (free form) ใช้ตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่บดละเอียด โดยการสกัดด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) (Mehra และ Jackson, 1960) และวัดปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer

3.2 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ในรูปอสัณฐาน (amorphous form) ใช้ตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่บดละเอียด โดยการสกัดด้วย ammonium oxalate (pH 3.0) (Mckeague and Day, 1966; Hodges and Zelazny, 1980) และวัดปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer



ภาพที่ 1 ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยสังเขป และบริเวณที่ทำการศึกษาทั้ง 15 บริเวณ

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี (2528)

3.3 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ในรูปอินทรีย์ (organic form) ใช้ตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่บดละเอียด โดยการสกัดด้วย 0.1M sodium pyrophosphate (pH 10.0) (McKeague and Day, 1966; Hodges and Zelazny, 1980) และวัดปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุรวมของ Si, Al, Fe, Ti, Na, Mg, K, Ca, P และ Mn ในศิลาแลงโดยใช้ X-ray fluorescence spectrophotometer (Jones, 1987)

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่วิทยา

4.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่เหล็กออกไซด์ในศิลาแลงโดยวิเคราะห์ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างแบบ powder (Jackson, 1965; Whittig, 1965)

5. การวิเคราะห์ทางจุลทรรศน์วิทยา

โดยการทำแผ่นตัดบาง (thin section) และวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดคูห์นและแร่ (polarizing microscope) (Brewer, 1964; Bullock *et al.*, 1985) มีวิธีปฏิบัติดังนี้

5.1 ทำการแยกศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนออกจากเนื้อดินแล้วนำไปใส่ในกล่องกระดาษที่บุด้วยพลาสติก พร้อมทั้งเขียนรายละเอียดชื่อชุดดิน ชั้นดิน จากนั้นนำตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์

5.2 การทำให้แข็ง (impregnation) โดยการเทสารประเภทพลาสติกเรซิน ซึ่งเป็นน้ำยาผสมของโมโนสไตรีน (monostyrene) จำนวน 700 มิลลิลิตร เป็นตัวทำเจือจางและเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ($C_4H_{10}O_4$) จำนวน 5 กรัม ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง (catalyst) คนให้เข้ากันแล้วใส่อัลโฟลิท ยูพี 001 อี ที่ใช้เป็นสารเชื่อม จำนวน 300 มิลลิลิตร

5.3 นำตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนเข้าสู่ตู้อบสุญญากาศ (vacuum oven) ที่ความดัน 65 เซนติเมตรปรอท เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่อากาศ จากนั้นนำตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนใส่

ในตู้ดูดอากาศ นำน้ำยาที่ผสมดีแล้วเทลงบนตัวอย่างช้าๆ จนกระทั่งท่วมตัวอย่างประมาณ 1 เซนติเมตร

5.4 นำตัวอย่างที่เติมน้ำยาแล้วเข้าสู่อบสุญญากาศ (vacuum oven) ที่ความดัน 65 เซนติเมตร พรอท เป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ตู้ดูดอากาศ เติมน้ำยาให้ท่วมอยู่เสมอ ตั้งทิ้งไว้จนกว่า น้ำยาแข็งตัว (ประมาณ 60 วัน)

5.5 นำตัวอย่างศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่แข็งสมบูรณ์แล้วไปตัดด้วยเครื่องตัด (diamond saw) ให้มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร ขนาดพอดีกับแผ่นสไลด์ แล้วขัดผิวหน้าด้านหนึ่งของ ตัวอย่างให้เรียบเพื่อใช้ติดกับสไลด์โดยใช้ผงขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide powder) ตั้งแต่ ขนาดหยาบ (เบอร์ 600) และละเอียดขึ้น (เบอร์ 800) โดยใช้เครื่องขัดให้หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร และใช้น้ำมัน Bayol 90 เป็นตัวหล่อลื่น จากนั้นนำมาฝน โดยใช้ผงขัดเบอร์ 302 และเบอร์ 303 จน ด้านหนึ่งเรียบ นำตัวอย่างที่ขัดและเซ็ดให้แห้งเรียบร้อยแล้ว อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

5.6 นำตัวอย่างมาติดบนสไลด์โดยใช้กาวที่มีส่วนผสมของอัลโพลิท ยูพี 001อี 20 มิลลิลิตร กับไซโคลเฮกซะโนน เปอร์ออกไซด์ (cyclohexanone peroxide) 5 หยดและโคบอลต์ออกทีโอเตต (cobalt octeate) 10 หยด หลังจากติดตัวอย่างบนสไลด์เรียบร้อยแล้ว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

นำตัวอย่างที่ติดบนสไลด์มาตัดด้วยเครื่องตัดบางจนตัวอย่างที่ติดบนสไลด์มีความหนา ประมาณ 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำสไลด์มาขัดด้วยมือบนกระจก โดยใช้ผงขัดหยาบและละเอียด ตามลำดับ จนกระทั่งตัวอย่างมีความหนาประมาณ 0.03 มิลลิเมตร (โดยสังเกตสีของแร่ควอตซ์จะมี สีเทาปนเหลือง เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดคูฮินและแร่ในสภาพ x-nicols) นำมาศึกษาจุล สัณฐานวิทยาของดิน (Brewer, 1964; Bullock *et al.*, 1985)



P1: Bv1 60-90 cm



P2: Bv1 68-108 cm



P3: Bv1 110-130 cm



P4: BCrv1 130-170 cm



P5: Bv1 75-110 cm



P6: Bv1 50-100 cm



P7: Bv1 150-185 cm



P8: Bvg1 48-76 cm



P9: Bvg1 54-100 cm



P10: Bvg1 55-78 cm



P11: Bv1 50-75 cm



P12: Bvg1 54-82 cm



P13: Bv1 142-172 cm



P14: Bv1 130-160 cm



P15: Bv1 110-140 cm

ภาพที่ 2 ลักษณะของเม็ดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนที่นำไปศึกษา ทั้ง 15 บริเวณ P1-P7 จากสภาพความชื้นดินแบบอัสติก (ustic) P8-P12 จากสภาพความชื้นดินแบบแควิก (aquic) และ P13-P15 จากสภาพความชื้นดินแบบยูติก (udic)

6. ข้อมูลการวิเคราะห์ดิน

เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาที่ต่อเนื่องจึงทำการวิเคราะห์เฉพาะเม็ดศิลาแดง และศิลาแดงอ่อน เท่านั้นสำหรับข้อมูลดินอ้างอิงจากงานวิจัยของผจงจิตต์ (2545) สมใจ (2545) จงกลณี (2545) และพรพนา (2546)

7. วิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสมบัติทางเคมี และสมบัติทางแร่วิทยาในดินและศิลาแดง และศิลาแดงอ่อนแต่ละชนิดเพื่อประเมินหาค่าประกอบชนิด และปริมาณของเหล็กออกไซด์ที่พบในศิลาแดงแต่ละชนิด และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการใช้ที่ดิน

สถานที่ศึกษา

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จากห้องปฏิบัติการของตีภาควิชา ปลูกพืชฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ และห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

เริ่มทำการศึกษาดังแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2548 และสิ้นสุดการศึกษาในเดือนเมษายน พ.ศ. 2549