

ลักษณะการทำหน้าที่ของหิน-แร่ภูเขาไฟชนิดที่มีแก้วภูเขาไฟซึ่งมีรพุนสูง

ในการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและเป็นยาทางเลือก

สิโรตม์ ศัลยพงษ์

คำนำ

มนุษย์และสัตว์ไม่เหมือนต้นไม้ที่สามารถสร้างอาหารได้เองโดยการเปลี่ยนพลังงานจากแสงแดดผนวกกับแร่ธาตุจากอากาศ น้ำ และดินให้เปลี่ยนเป็นอาหารสำหรับสร้างเป็นพลังงานให้มนุษย์และสัตว์ที่กินพืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จริงอยู่สัตว์ไม่ได้มีแต่พวกกินพืชเท่านั้นแต่การกินกันเองหรือถูกมนุษย์กิน สัตว์ที่ถูกกินก็มีส่วนเชื่อมโยงไปยังสัตว์ที่กินพืชของมันเอง ดังนั้นจึงชี้ให้เราเห็นว่าดินซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแร่ธาตุที่เป็นอาหารของพืชจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อมนุษย์และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในโลกใบนี้ พืช สัตว์และมนุษย์จะมีสุขภาพเป็นอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินที่เราปลูกพืชนั้นๆลงไป ดังนั้นจึงมีคำกล่าวเป็นภาษาอังกฤษเกิดขึ้นว่า

“ Sick soils make for sick plants , and sick plants when consumed make for sick animals and people “ หรือกล่าวสั้นๆว่า “ Sick soils , sick plants , sick people “

ถึงเวลาหรือยังที่เราจะหันมาใส่ใจกับดินเพื่อการเกษตรของเรา เป็นที่ทราบกันเป็นอย่างดีว่าต้นกำเนิดของดินก็มาจากหินนั่นเอง ดินที่ดีจะต้องมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เหมาะสม และธาตุอาหารที่อุดมสมบูรณ์เหล่านั้นจะต้องอยู่ในสภาพที่พืชสามารถเอาไปใช้ประโยชน์ได้โดยง่ายด้วย ถึงเวลาหรือยังที่เราจะหันมาให้ธาตุอาหารลงไปดินหลังจากที่ทำการเพาะปลูกในดินที่เดิมมาเป็นศตวรรษโดยแค่ใส่ลงไปเพียง NPK และธาตุอาหารรองบ้าง แต่ธาตุอาหารเสริมแทบไม่เคยมีใครใส่ใจเลย นอกจากปล่อยให้ไปเป็นไปตามธรรมชาติ เช่น น้ำหรือลมพัดพาเอาธาตุอาหารเสริมมาเพิ่ม ถึงแม้จะมีการใส่สารอินทรีย์ประเภทปุ๋ยหมักจากเศษพืชก็ไม่ได้ช่วยอะไรมาก เพราะพืชที่เอามาทำปุ๋ยเหล่านั้นก็ปลูกอยู่ในดินที่ขาดแคลนอยู่แล้วจึงไม่เกิดประโยชน์อันใด ต่อไปนี้เราจะต้องหันมาสนใจดูแลเอาใจใส่ดินคือไม่เพียงแต่ให้อาหารพืชอย่างเดียวเราควรให้อาหารดินด้วย

ในรายงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอสารปรับปรุงดินจากหินแร่ภูเขาไฟผลิตโดย หจก.คลองยาง มีเหมืองอยู่ที่เขาพนมฉัตรใกล้บ้านมหาโพธิ อำเภอสระโบสถ์ จังหวัดลพบุรี เนื้อหาส่วนใหญ่จะนำเสนอเกี่ยวกับหินแร่ภูเขาไฟที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานเกษตรทั้งปลูกพืชชนิดต่างๆและเลี้ยงสัตว์ทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ โดยมีรายละเอียดในเรื่องคุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ชี้ให้เห็นถึงส่วนประกอบหลักทั้งส่วนประกอบทางเคมีและส่วนประกอบแร่ หน้าที่การทำงานของแต่ละส่วน ตลอดจนรายละเอียดในเรื่องปัจจัยที่จะทำให้ต้นไม้และสัตว์สามารถนำเอาแร่ธาตุที่มีอยู่หรือถูกยับยั้งอยู่ในสารปรับปรุงดินหรือหินแร่ภูเขาไฟนั้นไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ได้อย่างเหมาะสม

หินพัมมิเซียสทไฟหินพัมมิช และหินพัมมิเซียสเพอร์ไลต์

เกิดจากหินหลอมละลาย (Magma) ประเภท felsic คือมี SiO_2 เป็นส่วนประกอบอยู่สูงราว 67-72 % โดยน้ำหนัก หินหลอมละลายประเภทนี้จะมีความหนืดสูงไหลตัวได้ยาก นอกจากนั้นยังมีส่วนประกอบเป็นน้ำและก๊าซต่างๆละลายปนอยู่ในปริมาณที่สูง เมื่อหินหลอมละลายประเภทนี้ขึ้นมาใกล้ผิว

โลกจึงมักก่อให้เกิดภูเขาไฟซึ่งมีการระเบิดอย่างรุนแรง กล่าวคือเมื่อหินหลอมละลายเคลื่อนตัวขึ้นมาใกล้ผิวโลก ความดันเนื่องจากแรงกดทับของชั้นหินลดลง สารละลายในรูปของน้ำและก๊าซต่างๆจะแยกตัวออกมาลอยอยู่ด้านบนและกระจายอยู่ทั่วไปในหินหลอมละลาย ในรูปของไอน้ำและก๊าซต่างๆ ทำให้เกิดแรงอัดมหาศาล เปลือกโลกที่ปิดทับอยู่บางๆจะทนอยู่ไม่ได้ เมื่อระเบิดออกสู่ชั้นบรรยากาศเป็นช่องทางแคบๆ ไอน้ำ ก๊าซต่างๆและหินหลอมละลายจึงถูกพ่นและรีดตัวกระจายเป็นก้อนหินหนืดผ่านช่องทางแคบๆออกสู่ชั้นบรรยากาศ เหมือนเราต้มน้ำจนเดือดในหม้อต้มที่ปิดจนมิดชิด เมื่อเปิดวาล์วระบายไอน้ำพร้อมทั้งน้ำที่เดือดพล่านจะถูกแรงอัดพ่นให้กระจายเป็นละอองน้ำขึ้นสู่ด้านบน แต่ถ้าไม่มีช่องทางระบายจนความดันสะสมมากเกินไปที่หินซึ่งปิดทับอยู่จะทนได้ก็จะเกิดแรงระเบิดอย่างมหาศาลส่งเอาไอน้ำ ก๊าซและหินหลอมละลายให้พุ่งกระจายตัวเป็นเม็ดหินหนืดปลิวขึ้นไปในชั้นบรรยากาศ ขณะที่หินหลอมละลายถูกรีดตัวผ่านช่องทางแคบๆของปล่องภูเขาไฟก่อนระเบิด พร้อมๆกับการรีดตัวหนีหายออกไปสู่ชั้นบรรยากาศของไอน้ำและก๊าซต่างๆ ประกอบกับการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว หินหลอมละลายจะมีความหนืดสูงขึ้นจนใกล้เป็นของแข็ง ภายในเนื้อหินหลอมละลายหนืดจะมีลักษณะเป็นเส้นใย ระหว่างเส้นใยและภายในเส้นใยจะปรากฏเป็นช่องว่างของโพรงอากาศมีลักษณะคล้ายท่อขนาดจิ๋วจำนวนมาก เกิดจากการหนีหายไต่ของก๊าซต่างๆและไอน้ำขณะที่ถูกพ่นออกสู่ชั้นบรรยากาศจะมีลักษณะแยกตัวเป็นเม็ดรูปร่างมักแบนยาวและขอบหยัก และแข็งตัวเป็นหินอย่างทันทีทันใดพร้อมๆกับยังรักษาลักษณะโครงสร้างภายในคือเป็นเส้นใยและมีรูพรุนสูงแล้วค่อยๆตกตัวตามขนาด น้ำหนัก แรงแลม และแรงโน้มถ่วงกลับลงมาสะสมตัวบนบกหรือในแหล่งน้ำบนผิวโลก เมื่อแข็งเป็นหินจึงมีลักษณะวางตัวเป็นชั้นจะเรียกหินชนิดนี้ว่า **หินพัมมิเซียสทัฟฟ์** ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบขึ้นด้วย เศษหินพัมมิชที่เต็มไปด้วยเส้นใยของแก้วภูเขาไฟและรูพรุนปะปนด้วยเศษหินอย่างอื่นมีปริมาณมากน้อยในแต่ละชั้นไม่แน่นอนกระจายตัวอยู่ในเนื้อหินที่ละเอียดกว่าของแก้วภูเขาไฟซึ่งประกอบด้วยเศษแร่ชนิดต่างๆและแก้วภูเขาไฟเนื้อละเอียด

ในขณะที่หินพัมมิเซียสทัฟฟ์ ซึ่งประกอบด้วยเศษหินพัมมิชเป็นส่วนใหญ่เกิดจากการระเบิดของหินหลอมละลายออกไปเย็นตัวในชั้นบรรยากาศ ส่วนของหินหลอมละลายที่เหลือเย็นตัวและแข็งตัวอยู่ในปล่องภูเขาไฟและอยู่ภายใต้เปลือกหินส่วนตื้นๆจะเรียกหินชนิดนี้ว่า **หินพัมมิช** มีลักษณะเป็นเม็ดร่วนของแก้วภูเขาไฟเต็มไปด้วยรูพรุนและเกาะตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ มีลักษณะเนื้อเป็นเส้นใยบ้าง ภายในเม็ดแก้วภูเขาไฟแต่ละเม็ดมักมีรูพรุนขนาดใหญ่อยู่

ยังมีหินภูเขาไฟอีกชนิดที่เกิดร่วมกันอยู่นี้โดยเกิดจากหินพัมมิชซึ่งแทรกตัวขึ้นมาตื้นๆใกล้ผิวโลกมาสัมผัสกับหินเพอร์ไลต์ที่เกิดขึ้นมาก่อนในขณะเคลื่อนตัวขึ้นสู่ที่ตื้นและพยายามจะเปลี่ยนหินเพอร์ไลต์ซึ่งเดิมเคยมีสีเขียวจัดและพองตัวให้มีลักษณะใกล้เคียงกับหินพัมมิชชนิดที่ประกอบไปด้วยเส้นใย โดยเริ่มจากการเปลี่ยนหินเพอร์ไลต์ซึ่งมีเนื้อแน่นไม่มีรูพรุนให้มีสีจางลง เกิดเป็นหย่อมเส้นใยสีจางและมีรูพรุนอยู่เป็นแห่งๆ มากน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการเปลี่ยนจนท้ายที่สุดเกิดเป็นเส้นใยมีรูพรุนหมดทั้งก้อนไม่มีส่วนเนื้อแน่นเขียวจัดของเพอร์ไลต์เดิมเหลืออยู่เลย โดยแร่ เฟลซิโอเคลส เฟลด์สปาร์ที่มีอยู่เดิมในหินเพอร์ไลต์เมื่อถูกเปลี่ยนเป็นให้เหมือนหิน พัมมิชแล้ว ก็ไม่หายไปไหน ยังคงปะปนอยู่ในเนื้อล้อมรอบที่เปลี่ยนเป็นมีรูพรุนนั้นอยู่ในหินชนิดนี้จะเรียกว่า **หินพัมมิเซียสเพอร์ไลต์** (Pumiceous perlite) ซึ่งก็คือหินที่มีลักษณะเหมือน หิน พัมมิช แต่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงมาจากหินเพอร์ไลต์คุณสมบัติในการพองตัว / ขยายตัวของหินเพอร์ไลต์เดิมอาจเหลืออยู่หรือสูญเสียไปทั้งหมดโดยไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด

ส่วนประกอบแร่ คือ ส่วนประกอบของหินโดยรวมว่าประกอบขึ้นด้วยแร่อะไรบ้างปกติจะใช้วิธีตรวจสอบด้วยตาเปล่า แวนขยาย และด้วยกล้องจุลทรรศน์สำหรับดูแร่ซึ่งทำให้สามารถประเมินได้ว่ามีแร่

แต่ละตัวเป็นกึ่งเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจากหินทั้งก้อนซึ่งคิดเป็น 100% หรือถ้าไม่สามารถจำแนกภายใต้กล้องจุลทรรศน์สำหรับดูแร่ได้ว่าคือแร่อะไร ก็จะนำตัวอย่างหินไปบดเข้าเครื่อง X-ray diffraction ก็จะสามารถบอกได้ว่าแร่ที่สงสัยคือแร่อะไร ผลจากการศึกษาดังกล่าวพบว่าหินภูเขาไฟทุกชนิดที่มีแก้วภูเขาไฟซึ่งมีรูพรุนสูง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายหลังโดยแก้วภูเขาไฟในหินเหล่านั้นจะถูก alteration เปลี่ยนเป็นกลุ่มแร่ดินพวก Ca-montmorillonite, Kaolinite, Illite และ Halloysite ปะปนอยู่กับแก้วภูเขาไฟที่ถูกเปลี่ยนไปไม่หมด กับแร่ตัวอื่นๆที่เป็นส่วนประกอบของหินมาแต่เดิม เช่น Plagioclase feldspar, mica และ Magnetite ซึ่งกลุ่มแร่ดินและ impurities อื่นเหล่านี้ อาจมีชื่อเรียกอีกชื่อได้ว่า หิน Ca-bentonite เมื่อกลับไปดูส่วนประกอบในหินเพอร์ไลต์ ที่เกิดรวมอยู่ด้วยกันกับหินอื่นๆที่กล่าวไปข้างต้น กลับพบว่าส่วนประกอบของแก้วภูเขาไฟที่ไม่มีรูพรุนในหินเพอร์ไลต์ จะไม่เกิดการเปลี่ยนเป็นแร่ Ca-montmorillonite และแร่ดินตัวอื่นๆอยู่เลย หรือถ้าจะมีอยู่ก็คงน้อยมาก

- **หินพัมมิเซียสทัฟฟ์ (Pumiceous tuff)** มีลักษณะเป็นชั้นหลายชั้นสีน้ำตาล ชมพู และขาว มีส่วน ประกอบแร่แต่ละชั้นค่อนข้างสม่ำเสมอแต่แตกต่างจากชั้นอื่นๆคือ

เศษหินพัมมิช มีขนาด 2-80 mm. มีปริมาณ	10-80%	โดยปริมาตร
เศษหินชนิดอื่น มีขนาด 2mm.-30 cm. มีปริมาณ	5-80%	โดยปริมาตร
ส่วนเนื้อละเอียดมีปริมาณ	5-80%	โดยปริมาตร
ในรายละเอียดแยกเป็น		
แก้วภูเขาไฟ(เกิดเป็นเศษหินพัมมิชและแก้วภูเขาไฟขนาดละเอียด)	7-83%	โดยปริมาตร
เศษหินอื่นๆ	5-50%	โดยปริมาตร(ส่วนใหญ่%ต่ำ)
แร่ Ca-Montmorillonite(เกิดจากการผุสลายเป็นบางส่วนของแก้วภูเขาไฟ)	5-30%	โดยปริมาตร
แร่ดินชนิดอื่นๆ*(เกิดจากการผุสลายของแก้วภูเขาไฟเช่นเดียวกัน)	3-5%	โดยปริมาตร
แร่เพลจีโอเคลส เฟลด์สปาร์	2-4%	โดยปริมาตร
แร่ไมก้า	1-2%	โดยปริมาตร
แร่แมกนีไทต์	1-2%	โดยปริมาตร

(* แร่ดินชนิดอื่นๆที่พบคือ แร่ Kaolinite, Halloysite และ Illite)

จากส่วนประกอบในรายละเอียดทั้งหมด มีเพียงแร่ Ca-Montmorillonite และแร่ดินชนิดอื่นๆที่เกิดขึ้นมาภายหลัง โดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแก้วภูเขาไฟเป็นส่วนใหญ่ และอาจมีการผุพังทำลายเป็นบางส่วนจากแร่เพลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์ กับแร่ไมก้าด้วย ไม่ได้เกิดเป็นส่วนประกอบของหินเดิมมาแต่แรก

- **หินพัมมิช (Pumice)** เกิดเป็นมวลเนื้อค่อนข้างสม่ำเสมอ มีขนาดเม็ดเป็นส่วนประกอบค่อนข้างละเอียด ขนาด 1-2 มม. สีค่อนข้างขาว เนื้อหินร่วน เม็ดคล้ายน้ำตาลทราย มีรูพรุนสูง ไม่มีการเรียงตัว ส่วนที่เป็นหย่อมของเส้นใยก็มีอยู่บ้างไม่มาก พบเกิดแทรกปะปนเข้าไปในหินเพอร์ไลต์สีเขียวที่เกิดมาก่อนส่วนที่เกิดอยู่ใกล้กับหินเพอร์ไลต์จะเปลี่ยนแปลงลักษณะเป็นหินพัมมิเซียสเพอร์ไลต์ หินพัมมิชมีส่วนประกอบแร่ในรายละเอียด คือ

แก้วภูเขาไฟ	79-89%	โดยปริมาตร
แร่ Ca-Montmorillonite	5-10%	โดยปริมาตร

แร่เฟลจีโอเคลส เฟลด์สปาร์	2-4% โดยปริมาตร
แร่ดินชนิดอื่นๆ*	2-3% โดยปริมาตร
แร่ไมก้า	1-2% โดยปริมาตร
และแร่แมกนีไทต์	1-2% โดยปริมาตร

(* แร่ดินชนิดอื่นๆที่พบคือ แร่ Kaolinite ,HalloysiteและIllite)

โดยแร่ Ca-Montmorillonite และแร่ดินชนิดอื่นๆเกิดขึ้นมาภายหลังเช่นกัน

- **หินพัมมิเซียสเพอร์ไลต์(Pumiceous perlite)** เกิดจากการเปลี่ยนหินเพอร์ไลต์สีเขียวที่ถูกแทรกเข้ามาสัมผัสโดยหินพัมมิช ให้มีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีรูพรุนเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงถ้าไม่สมบูรณ์ เนื้อเดิมของหินเพอร์ไลต์ซึ่งมีลักษณะเนื้อแน่นจะคงเหลืออยู่เป็นจุดๆเป็นหย่อมๆสีเขียว ส่วนที่ถูกเปลี่ยนสีจะซีดจางลง แต่ถ้าสมบูรณ์เนื้อหินจะกลายเป็นเส้นใยทั้งหมด แสดงการเรียงตัว เนื้อหินค่อนข้างจับยึดตัวกันดี มีสีเขียวจางๆหรือค่อนข้างขาว มีส่วนประกอบในรายละเอียด คือ

แก้วภูเขาไฟ	75-87% โดยปริมาตร
แร่ Ca-Montmorillonite	5-10% โดยปริมาตร
แร่เฟลจีโอเคลส เฟลด์สปาร์	5-8% โดยปริมาตร
แร่ดินชนิดอื่นๆ*	1-3% โดยปริมาตร
แร่ไมก้า	1-2% โดยปริมาตร
และแร่แมกนีไทต์	1-2% โดยปริมาตร

(* แร่ดินชนิดอื่นๆที่พบคือ แร่ Kaolinite ,HalloysiteและIllite)

ส่วนประกอบทางเคมี ได้จากการนำหินแต่ละชนิดทั้งก้อนไปบดให้ละเอียดและวิเคราะห์หาค่าออกไซด์หรือค่าธาตุแต่ละตัว เนื่องจากในแร่แต่ละตัวประกอบด้วย ธาตุหรือออกไซด์หลายชนิด และแร่ต่างชนิดกันก็อาจมีธาตุหรือออกไซด์ชนิดเดียวกันหลายๆตัวซ้ำๆกันอยู่ ดังนั้นค่าธาตุหรือออกไซด์ที่รายงานไว้จึงเป็นการรวมเอาธาตุหรือออกไซด์ของหินทั้งก้อน คือ อาจมาจากธาตุหรือออกไซด์จากแร่หลายๆชนิดในหิน 1 ก้อนนั้นมารายงานไว้รวมๆกัน เพราะเหตุที่ในหินแต่ละชนิดประกอบด้วยแก้วภูเขาไฟเป็นส่วนใหญ่ ธาตุหรือออกไซด์ทุกตัวส่วนใหญ่จึงได้มาจากแก้วภูเขาไฟซึ่งสามารถละลายน้ำได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนประกอบที่อยู่ในรูปแร่ตัวอื่นๆ

- **หินพัมมิเซียสทัฟฟ์** มีส่วนประกอบทางเคมี รายงานเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของออกไซด์ของธาตุหลักและรายงานเป็นหน่วยต่อล้านหน่วยของธาตุเสริมซึ่งวิเคราะห์โดยกรมทรัพยากรธรณี ดังนี้

	I	II		III	IV
* SiO ₂	69.07%	65.10%	* โบรอน (B)	< 0.02 ppm	< 0.02 ppm
* Al ₂ O ₃	16.24%	16.09%	* แคดเมียม (Cd)	< 0.50 ppm	< 0.50 ppm
* Fe ₂ O ₃	1.88%	1.87%	* โคบอลต์ (Co)	< 5 ppm	< 5 ppm
* MnO	0.04%	0.05%	* ทองแดง (Cu)	18 ppm	5 ppm
* MgO	0.47%	0.44%	* แมงกานีส (Mn)	300 ppm	400 ppm

* CaO	0.67%	1.65%	* โมลิบดีนัม (Mo)	< 7 ppm	< 7 ppm
* TiO ₂	0.33%	0.49%	* นิกเกิล(Ni)	< 4 ppm	< 4 ppm
* Na ₂ O	2.22%	1.87%	ตะกั่ว (Pb)	12 ppm	15 ppm
* K ₂ O	4.41%	4.13%	* ซีลีเนียม (Se)	< 0.05 ppm	< 0.05 ppm
* P ₂ O ₅	0.01%	0.01%	* ซัลเฟอร์ (S)	0.01 ppm	0.83 ppm
LOI	4.00%	6.66%	* สังกะสี (Zn)	37 ppm	38 ppm

* ธาตุที่ทราบดีแล้วว่าเป็นประโยชน์ต่อพืช สัตว์และมนุษย์

ผลวิเคราะห์ธาตุเสริม (Trace elements) ของหินพัมมิเซียสที่ฟัฟรายงานเป็นหน่วยต่อล้านหน่วย (ppm)
วิเคราะห์โดย University of Gottingen , Germany

Lithium (Li).....	9.75
Beryllium (Be).....	2.64
Scandium (Sc).....	3.52
* Vanadium (V).....	26.31
* Cobalt (Co).....	3.31
* Nikel (Ni).....	6.63
* Copper (Cu).....	7.36
* Zinc (Zn).....	42.84
* Rubidium (Rb).....	106.75
* Strontium (Sr).....	195.57
* Yttrium (Y).....	21.72
Zirconium (Zr).....	125.21
Niobium (Nb).....	22.27
* Molybdenum (Mo).....	5.17
* Cadmium (Cd).....	0.08
* Tin (Sn).....	0.13
Antimony (Sb).....	0.34
* Cesium (Cs).....	3.21
* Barium (Ba).....	527.07
* Lanthanum (La).....	32.27
Cerium (Ce).....	59.22
* Praseodymium (Pr).....	5.94
* Neodymium (Nd).....	19.52
* Samarium (Sm).....	3.47
* Europium (Eu)	0.67
Gadolinium (Gd).....	3.51
Terbium (Tb).....	0.55
Dysprosium (Dy).....	3.41

Holmium (Ho).....	0.74
Erbium (Er).....	2.27
* Thulium (Tm).....	0.36
Ytterbium (Yb).....	2.51
Lutetium (Lu).....	0.39
Hafnium (Hf).....	3.68
Tantalum (Ta).....	1.80
* Tungsten(W).....	1.84
Thullium (Tl).....	0.44
Lead (Pb).....	16.08
Bismuth (Bi).....	0.18
Thorium (Th).....	14.99
Uranium (U).....	3.83

*ธาตุที่ทราบดีแล้วว่า ถ้าในปริมาณที่พอเหมาะจะเป็นประโยชน์ต่อพืช สัตว์และมนุษย์
หมายเหตุ ดูเปรียบเทียบในเรื่องของชนิดแร่ และส่วนประกอบทางเคมีได้ใน

http://www.chelatedtraceminerals.com/montmorillonite_minerals.html

ล

ะ

<http://www.zetatalk.com/food/tfood34n.htm>

- หินพัมมิช มีส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งวิเคราะห์โดยกรมทรัพยากรธรณี คือ

	I	II		I
* SiO ₂	70.00%	69.83%	สารหนู (As)	5 ppm
* Al ₂ O ₃	13.66%	15.37%	* ทองแดง (Cu)	33 ppm
* Fe ₂ O ₃	1.26%	1.11%	* แคดเมียม (Cd)	nil
* MnO	-	0.03%	ปรอท (Hg)	0.5 ppm
* MgO	0.20%	0.38%	* แมงกานีส (Mn)	294 ppm
* CaO	1.12%	0.44%	* โมลิบดีนัม (Mo)	nil
* TiO ₂	-	0.34%	ตะกั่ว (Pb)	15 ppm
* Na ₂ O	1.33%	1.10%	* ซีเลเนียม (Se)	nil
* K ₂ O	5.39%	3.90%	* สังกะสี (Zn)	72 ppm
* P ₂ O ₅	0.02%	-		
LOI	5.75%	5.26%		

* ธาตุที่ทราบดีแล้วว่าเป็นประโยชน์ต่อพืช สัตว์และมนุษย์

- หินฟอสเฟตมีซีเอสเปอร์ไลต์ มีส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งวิเคราะห์โดยกรมทรัพยากรธรณี คือ

	I	II	I	*
SiO ₂	69.63%	69.39%		
* Al ₂ O ₃	15.60%	16.47%	* โบรอน (B)	< 0.02 ppm *
Fe ₂ O ₃	1.25%	1.02%	* แคดเมียม (Cd)	< 0.50 ppm
* MnO	0.04%	0.03%	* โคบอลต์ (Co)	< 5 ppm
* MgO	0.46%	0.28%	* ทองแดง (Cu)	3 ppm
* CaO	0.67%	0.25%	* โมลิบดีนัม (Mo)	< 7 ppm
* TiO ₂	0.33%	0.49%	* นิกเกิล (Ni)	< 4 ppm
* Na ₂ O	2.22%	1.87%	ตะกั่ว (Pb)	12 ppm
* K ₂ O	4.41%	4.13%	* ซีลีเนียม (Se)	< 0.05 ppm
* P ₂ O ₅	0.01%	0.01%	* ซัลเฟอร์ (S)	nil
LOI	4.00%	6.66%	* สังกะสี (Zn)	30 ppm

* ธาตุที่ทราบดีแล้วว่าเป็นประโยชน์ต่อพืช สัตว์และมนุษย์

การนำหิน - แร่ภูเขาไฟไปใช้ประโยชน์

หิน - แร่ภูเขาไฟทั้ง 3 ชนิด ซึ่งได้แก่ หินฟอสเฟตซีเอสพี หินฟอสเฟตซีเอส และหินฟอสเฟตซีเอสเปอร์ไลต์ มีการนำไปใช้ประโยชน์ดังตารางข้างล่าง

ตารางแสดงการนำหิน-แร่ภูเขาไฟไปใช้ประโยชน์

ชนิดหิน-แร่ภูเขาไฟ	การนำไปใช้ประโยชน์
หินฟอสเฟตซีเอสพี	ใช้เป็น สารปรับปรุงดิน ผสมอาหารสัตว์ โรยคอกสัตว์ ปรับสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง-ปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ ใช้ผสมกับตัวยัดเกาะและน้ำเป็นโคลนทาหน้ายางให้นิ่มกลับมารีดได้ดังเดิม ใช้ผสมหรือให้อาหารปลา ทำเป็นโคลนพอกเพื่อขจัดสารพิษ ใช้ภายนอกได้หลากหลาย ผสมในยาสีฟัน ใช้เป็นแร่ให้คนกินเพื่อขจัดสารพิษในระบบทางเดินอาหาร ใช้เป็นตัวเติมธาตุซิลิคอน และโปแตสเซียมให้กับต้นพืช และ เพื่อการผลิตสารซิลิคอนอินทรีย์
หินฟอสเฟตซีเอส	ใช้เป็นผงขัดฟันสำหรับทันตแพทย์ ใช้เป็นส่วนผสมในครีมขัดโลหะ เซรามิก แก้ว/กระจก ใช้ทำผงล้างมือและขัดทำความสะอาดคราบสกปรกที่ขจัดได้ยากๆ ใช้เป็นส่วนผสมทำก้อนขัดเซลล์ผิวหนังที่ตาย

	แล้ว เช่น ที่สันเท้า ใช้เป็นส่วน ผสมก้อนขัดสีโป๊ะ ใช้เป็นสารต้นใน การผลิตโซเดียมซิลิเกตและสารฟอกสี
หินพัมมิเซียสเพอร์ไลต์	ใช้เป็น sand blast และใช้แทนหินพัมมิเซียสทัฟฟ์และพัมมิชได้เป็น บางกรณี

คุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร

หินแร่ภูเขาไฟที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจะพิจารณาจาก ส่วนประกอบและคุณสมบัติดังที่ได้แสดงไว้ในตารางข้างล่าง กล่าวคือ

ตารางแสดงส่วนประกอบและคุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างหิน-แร่ภูเขาไฟ 3 ชนิด

ส่วนประกอบและคุณสมบัติ	หินพัมมิเซียสทัฟฟ์	หินพัมมิช	หินพัมมิเซียสเพอร์ไลต์
ปริมาณแก้วภูเขาไฟ(ละลายน้ำได้บางส่วน)	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ปานกลาง
ปริมาณแร่ Ca-Montmorillonite	มากที่สุด	ปานกลาง	ปานกลาง
ปริมาณแร่ดินชนิดอื่นๆ	มากที่สุด	ปานกลาง	ปานกลาง
แร่ประกอบหินชนิดอื่นๆ (ไม่ละลายน้ำ)	ปานกลาง	ปานกลาง	มากที่สุด
ความมีรูพรุน (จากแก้วภูเขาไฟและแร่ดิน)	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
สามารถแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกและลบ	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
สามารถให้ธาตุรองและธาตุเสริมแก่พืช และสัตว์	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด

เดิมทีเดียวหลังจากเกิดขึ้นมาใหม่ๆ หินแร่ภูเขาไฟทั้ง 3 ชนิดประกอบขึ้นด้วย แก้วภูเขาไฟ เศษหิน ชนิดอื่นๆรวมทั้งเศษหินพัมมิช และแร่ประกอบหินชนิดอื่นๆเท่านั้น โดยความมีรูพรุนก็มีอยู่เดิมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดของหินชนิดนั้นๆ แต่สำหรับส่วนประกอบแร่ที่เหลือและคุณสมบัติอย่างอื่นเป็นส่วนที่ เกิดเพิ่มขึ้นมาในภายหลัง ซึ่งเป็นผลจากการผุพังตามธรรมชาติที่ต้องใช้เวลาเป็นสิบล้านปีประกอบด้วย สถานที่ที่เกิดที่เหมาะสมและผ่านเวลาการเปลี่ยนเป็นแร่ที่ให้ประโยชน์หลากหลายมีเกิดขึ้นปะปนอยู่ในหิน นั้นๆ ในโลกเรานี้ มีแหล่งแร่ Ca-montmorilloniteหรือถ้าเรียกรวมๆเป็นชื่อหิน ก็คือ Ca-bentoniteมีอยู่ เพียง 10 ประเทศ ในหลายทวีป แต่ไม่มีประเทศที่ 11 คือประเทศไทยอยู่ในข้อมูลที่ค้นได้ทาง internet<http://www.claystation.com/wiki/Bentonite>

-แร่ Ca-Montmorilloniteหรือปะปนด้วยแร่ดินชนิดอื่นๆด้วย เกิดมาจากการเปลี่ยนแปลง ในภายหลังการเกิดเป็นแก้วภูเขาไฟ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับแก้วภูเขาไฟที่มีรูพรุนสูง หรือมี แก้วของแก้วภูเขาไฟ เม็ดละเอียดๆอยู่เยอะจะเปลี่ยนเป็น หิน pumicious tuffsถูก alteredให้เป็นส่วนประกอบ หิน และแร่ตามที่กล่าวไปแล้วเมื่อหิน tuffs เดิมมี แร่ Ca-montmorilloniteหรือที่ถูกต้องควรจะเรียกว่า หิน Ca-bentonite เพราะประกอบด้วย กลุ่มแร่ดินซึ่งจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและประจุลบ และ ความสามารถในการให้ธาตุรองและธาตุเสริมแก่พืชและสัตว์ ดังนั้นถึงแม้จะเป็นหินภูเขาไฟชนิดเดียวกันแต่เกิด มาไม่นานนัก หรือมีอายุมากเกินไป หรือเงื่อนไขการเกิดที่แตกต่างกัน ก็จะไม่มีความสัมพันธ์กันเท่า หิน-แร่ภูเขาไฟจากเขาพนมฉัตรได้ นอกจากนั้นด้วยธรรมชาติการเกิดของหิน-แร่ ภูเขาไฟ โดยเฉพาะหินพัมมิเซียสทัฟฟ์ เป็นหินที่เกิดจากการระเบิดส่งเอาชิ้นส่วนซึ่งส่วนใหญ่เป็นแก้วภูเขาไฟที่เกิดในรูปของเศษหินพัมมิช

และถ้าภูเขาไฟพุ่งกระจายขึ้นไปในชั้นบรรยากาศและตกลงมาสู่พื้นผิวโลก ซึ่งอาจจะตกลงมาสะสมในแอ่งน้ำ หรือตกลงมาสะสมตัวบนผิวดิน ถ้าเปรียบเทียบระหว่างหินชนิดเดียวกันที่ตกลงสะสมตัวในแอ่งน้ำกับที่สะสมตัวบนผิวดิน อัตราการผุพังหลายของพวกที่สะสมในแอ่งน้ำย่อมเกิดปฏิกิริยาการผุสลายของแก้วภูเขาไฟ และส่วนประกอบอย่างอื่นได้ดีกว่า เร็วกว่าเพราะน้ำเปรียบเสมือนตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น ปริมาณแร่ดินที่จะเกิดขึ้นย่อมมีมากกว่าหินชนิดเดียวกันที่สะสมตัวตอนเกิดสะสมตัวอยู่บนผิวดินเพราะอาศัยเพียงน้ำจากฤดูฝนเท่านั้นที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นแหล่งหิน-แร่ภูเขาไฟพนมฉัตรยังเป็นแหล่งเดียวในพื้นที่ที่พบว่าหิน-แร่ภูเขาไฟชนิดต่างๆอยู่มากที่สุด โดยเฉพาะหินที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟทั้งพวกที่ประกอบด้วยเศษหินหลายๆชนิดและมีขนาดใหญ่ๆ ก็มีสลับปะปนอยู่มาก หินที่เรียกกันว่าพมมิเซียสทัฟฟ์ก็มีอยู่มาก สลับกันอยู่หลายชั้นแต่ชั้นหนาตั้งแต่ น้อยกว่า 1 เมตร ถึงมากกว่า 10 เมตร แสดงให้เห็นว่าที่เขาพนมฉัตรนี้คือส่วนที่อยู่ใกล้กับปล่องภูเขาไฟจุดที่เกิดขึ้นของกลุ่มหินภูเขาไฟที่กล่าวไปแล้วทั้งหมดด้วย นอกจากนี้ยังมีหลักฐานในทางธรณีวิทยา เช่น มีการคัดขนาดเม็ดเศษหินพมมิชโดยขนาดใหญ่อยู่ตอนล่าง ขนาดเม็ดเล็กอยู่ตอนบน (Graded bedding) และมีชั้นหินเฉียงระดับ (Cross bedding) มี depressional filling feature อยู่ด้วย จึงเป็นหลักฐานที่ชัดเจนว่าหินพมมิเซียสทัฟฟ์ของแหล่งเขาพนมฉัตรนี้ น่าจะเกิดการสะสมตัวในแอ่งน้ำ ดังนั้นด้วยหลักฐานทั้งหมดที่กล่าวไปแล้ว จึงอาจสรุปได้ว่าแหล่งหิน-แร่ภูเขาไฟของเขาพนมฉัตรมีอยู่มากที่สุด และดีที่สุดในพื้นที่โดยมีรายละเอียดการทำหน้าที่ของส่วนประกอบและคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

-แก้วภูเขาไฟ เพราะเหตุที่มันเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของหิน-แร่ภูเขาไฟ (โดยมีสภาพไร้ผลึก ทั้งยังมีรูพรุนสูง ธาตุต่างๆที่มีอยู่ในหินหลอมละลายเดิมเกือบทั้งหมดจึงไปรวมตัวอยู่ในแก้วภูเขาไฟเป็นส่วนใหญ่ดังนั้นเมื่อแก้วภูเขาไฟละลายน้ำหรือผุสลายธาตุเหล่านั้นก็จะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ด้วยเช่น Si, K และ Trace elements ทั้งหมดที่กล่าวไปข้างต้น www.odu.edu/sci/jrule/Geol414/lectures/Ch4.pdf

-รูพรุน รูพรุนเกิดกับแก้วภูเขาไฟยิ่งมากยิ่งทำให้ดินโปร่งร่วนซุยเมื่อนำหิน-แร่ภูเขาไฟประเภทนี้เติมลงไปบนดิน อากาศจะถ่ายเทสะดวก ช่วยรักษาความสมดุลของอากาศและน้ำในดิน เป็นที่เก็บกักสารละลายของธาตุอาหารและน้ำ เป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ในดิน เมื่อรูพรุนมากพื้นที่ผิวก็จะมาก ย่อมละลายน้ำและกรดอินทรีย์ในดินได้มาก นั่นคือธาตุอาหารก็จะถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชได้มากตามไปด้วย ทั้งนี้คุณสมบัติเหล่านี้จะก่อให้เกิดคุณประโยชน์ที่ดีกับการใช้ปลูกไม้ น้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วย เช่น ช่วยเติมอากาศ สารละลายและช่วยกดตะกอนลอยแขวนทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอีกด้วย

- ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและลบของแร่ดินชนิดต่างๆในหิน-แร่ภูเขาไฟ
แร่ดิน คือกลุ่มของแร่ที่มีลักษณะโครงสร้างซ้อนกันเป็นชั้น (Layered silicate) ประกอบด้วยชั้นของ silicon – oxygen tetrahedron ซ้อนอยู่กับ aluminium – hydroxyl octahedron อย่างละชั้นจัดเป็นแร่ดินที่มีโครงสร้างแบบ 1:1 เช่นแร่ Kaolinite และ Halloysite กับอีกแบบที่ประกอบด้วยชั้นของ silicon – oxygen tetrahedron 2 ชั้น โดยมี aluminium – hydroxyl octahedron อีก 1 ชั้นอยู่ระหว่างกลางจัดเป็นแร่ดินที่มีโครงสร้างแบบ 2:1 เช่น แร่ Illite, Vermiculite และกลุ่มแร่ Smectite ซึ่งมี Ca-montmorillonite รวมอยู่ด้วย ส่วนพวกแร่ดินกลุ่มแรกจัดเป็นแร่ดินที่ผ่านกระบวนการผุพังมามาก จึงเป็นกลุ่มที่มีความไวต่อปฏิกิริยาต่ำ ซึ่งโดยรวมแล้วจึงเป็นแร่ดินกลุ่มที่ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุได้ดีทั้งประจุบวกและประจุลบในเชิงเปรียบเทียบแล้วให้ค่า AEC (Anion exchange capacity) มากกว่า CEC (Cation

exchange capacity) ตรงกันข้ามกับกลุ่มหลังที่จัดเป็นแร่ดินที่ผ่านกระบวนการฟุ้งผานน้อยกว่า และเป็นพวกที่มีความไวต่อปฏิกิริยาสูงเกิดการแลกเปลี่ยนประจุได้สูง โดยให้ค่า AEC ต่ำ แต่ให้ค่า CEC สูง แร่ดินทั้งสองกลุ่มนี้พบอยู่ในหิน-แร่ภูเขาไฟที่ใช้ในการปรับปรุงดินโดยมีแร่ดินกลุ่มแรกอยู่ในปริมาณ 3-5% ขณะที่กลุ่มหลังมีอยู่ 5-30% โดยปริมาตร ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและประจุลบทั้ง 2 อย่างรวมกันแล้ว แร่ CaMontmorillonite ในหิน-แร่ภูเขาไฟพบมากที่สุดจึงเป็นแร่ที่สำคัญที่สุด โดยมีกลุ่มแร่ Illite, Kaolinite และ Halloysite เป็นตัวประกอบ เป็นที่ทราบกันเป็นอย่างดีว่าธาตุอาหารที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช และทำความเข้าใจเกี่ยวกับดินได้เป็นอย่างดีที่จะต้องอยู่ในรูปที่ถูกตรึงอยู่กับแร่ดินเท่านั้น ส่วนที่มาในรูปของสารละลาย (เช่นในน้ำ) จะถูกพืชนำไปใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นค่า CEC และ AEC ของดินหรือวัสดุปรับปรุงดินจึงมีความสำคัญมา http://www.powershow.com/view1/1d693d-ZDc1Z/Cation_Exchange_powerpoint_ppt_presentation

-คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้เป็นยาทางเลือกผลการวิจัยที่ตีพิมพ์ล่าสุดโดย คณะนักวิจัยจาก Arizona State University ที่ได้รวบรวมตัวอย่าง Ca-bentonite จากหลายๆแหล่ง ในหลายๆประเทศ ยกเว้นประเทศไทย ไปศึกษาทดลองหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงว่า ทำไมตัวอย่าง Ca-montmorillonite จากฝรั่งเศสจึงสามารถจัดการ เชื้อโรคที่ ยา เพนนิซิลิน และ เมททิซิลิน ไม่สามารถทำอะไรได้ เช่น โรค Buruli Ulcer ความเป็นมาเรื่องนี้เกิดขึ้นที่ประเทศ Ivory Coast ผลการวิจัย พบว่าเชื้อโรคตาย เพราะ Trace elements ที่มีอยู่ในหินต้นกำเนิดซึ่งอยู่ในรูปของกลุ่มแร่ดิน Ca-bentonite และ แก้วภูเขาไฟต้นกำเนิด ที่พร้อมจะละลายตัวออกมา ถ้ามีน้ำหรือตัวทำละลายอื่นๆ ทำให้ธาตุที่ละลายออกมาเป็นพิษต่อเชื้อโรค แต่อีกด้านหนึ่งเป็นความเชื่อของผู้ที่เกี่ยวข้องกับวงการธุรกิจขาย Ca-bentonite ทาง เนต เชื่อว่า เป็นเพราะคุณสมบัติ adsorptive ของ Ca-bentonite ที่แร่ดินส่วนใหญ่มีประจุเป็นลบมากกว่า จับ ล้อมรอบเพราะ แร่ดินมีขนาดเม็ดที่เล็กมาก เชื้อโรคไม่ว่าจะเป็น Virus Bacteria Mold และ Yeast จึงหากินไม่ได้ และตายไปเพราะเชื้อโรคมีประจุบวก ผลการศึกษา ของ Arizona สรุปว่า Ca-bentonite หรืออาจเรียกได้ว่า Ca-montmorillonite มีหลากหลายแต่ที่จัดการเชื้อโรคได้นั้นเป็นเพราะ ความพอดีของสารต้นกำเนิด อายุและสถานะสิ่งแวดล้อมที่เกิดที่เหมาะสมจึงจะได้ วัตถุประสงค์จากธรรมชาติล้วนๆที่มีคุณสมบัติทางยาที่ผ่านการทดสอบการนำไปใช้ในรูปโคลนพอก เพียงผสมน้ำสะอาดให้เป็นโคลนพอก หรือทำออกมาในรูปของครีม ใช้ภายนอก เชื่อว่า เราก็สามารถต่อยอดผลิตเป็นยาที่จัดการกับเชื้อดื้อยาที่นับวันจะพัฒนาตัวยามากขึ้นเรื่อยๆ นอกจากฆ่าเชื้อโรคได้หลากหลายแล้ว ยังสามารถใช้เพื่อรักษาอาการผดผื่นได้หลากหลาย รวมทั้งความสามารถอีกหลายประการที่ยังไม่มีความเข้าใจชัดเจนว่าทำได้อย่างไรเช่น ช่วยลดอาการเส้นเลือดอุดตัน บำบัดอาการ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้ออักเสบ ถอนพิษต่างๆเช่น แดงแดง หรือแม้แต่แมลงสัตว์กัด ต่อย ออกฤทธิ์เร็ว และทำหน้าที่เหมือนยาชา ใส่แผลหายเร็ว เคยใช้กับแผลกดทับ และใช้ยับยั้งการต้องคัดอวัยวะทั้งเนื่องจากแผลเบาหวาน รุกลามก็เห็นผลมาแล้ว <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20640226> <http://eytonsearth.org/hydrated-bentonite.php>

เอกสารอ้างอิง

- <http://eytonsearch.org>
<http://www.herbalremedies.com/jusfewofbenu.html>
<http://www.herbalremedies.com/reswhatmakpa.html>
<http://www.herbalremedies.com/storofpasand.html>
<http://www.herbalremedies.com/readintrusto.html>
healthsolutions.com/medicinal-properties-of...
<https://earthslivingclay.com/testimonials/>
<http://jac.oxfordjournals.org/content/61/2/353.full.pdf+html>
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0009456>
http://www.public.asu.edu/~shaydel/research_002buruli_2.html
<http://www.regenerativenutrition.com/content.asp?id=461>
<http://www.shirleys-wellness-cafe.com/clay.htm>
Use Yahoo.com search-Edible green calcium montmorillonite living clay pelotherapy for pets
นิคมจึงอยู่สุขและปัญญาสุริยะฉาย (2530) รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ระวังบ้านมหาโพธิ (5139I) กิ่งอำเภอศรีเทพ (5239IV) บ้านเพนียด (อ.สระโบสถ์, 5139 II) และอำเภอชัยบาดาล (5239III) รายงานกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 85 หน้า
สิโรตม์ศัลยพงษ์ (2535) สารปรับปรุงดินจากหินภูเขาไฟประเภทพัมมิซ (Pumice) พัมมิไซด์ (Pumicite) และพัมมิเซียสทัฟฟ์ (Pumiceous tuff) จากลพบุรีฝ่ายวิจัยธรณีวิทยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี
เอกสารบริษัทมิราเคิลเคลย์จำกัด (2558ก) รายงานธรณีวิทยาแหล่งหินเขาฝาละมี (พนมฉัตร) ฉบับปรับปรุงใหม่ 65 หน้า
เอกสารบริษัทมิราเคิลเคลย์จำกัด (2558ข) หินพัมมิเซียสทัฟฟ์ (Pumiceous tuffs) ฉบับปรับปรุงใหม่ 24 หน้า
เอกสารบริษัทมิราเคิลเคลย์จำกัด (2558ค) สิ้นค้าจากหิน-แร่ภูเขาไฟฉบับปรับปรุงใหม่ 22 หน้า
เอกสารบริษัทมิราเคิลเคลย์จำกัด (2558ง) หิน Pumice และหินPumiceous tuffs จ.ลพบุรีฉบับปรับปรุงใหม่ 17 หน้า
เอกสารบริษัทมิราเคิลเคลย์จำกัด (2558จ) ประสบการณ์การใช้แร่Ca-montmorilloniteภายนอกร่างกายฉบับปรับปรุงใหม่ 4 หน้า
ผศ. ดร. ชัยสิทธิ์ทองจูและนส. จงดีหาญเอี่ยม (2552) ผลของสาร “ แคลเซียมเบนโทไนท์ “ ต่อการยับยั้งเชื้อ Escherichia coli และ Salmonella typhimurium เสนอต่อหจก. โวลก้ามาร์เกตติ้ง 18 หน้า34
Otto CC and Heydel SE. (2013) Exchangeable ions are responsible for the in vitro antibacterial properties of natural clay mixtures. PLoS One. 8(5):e64068
Haydel SE, Remenih CM, Williams LB. (2008) Broad-spectrum in vitro antibacterial activities of clay minerals against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant bacterial pathogens. J. Antimicrob. Chemother. 61:353–361. [PMC free article] [PubMed]
Intasopa, SB. (1993) Petrology & Geochronology of the Volcanic Rocks of the Central Thailand Volcanic Belt, Unpublished PhD Thesis, University of New Brunswick, Canada, p.242
Williams LB, Holland M, Eberl DD, Brunet T, Brunet de Coursou L. (2004) Killer clays! Natural antibacterial clay minerals. Mineral. Soc. Bull., London. 139:3–8.