



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประเมินผลกระทบจากการชะปุยที่มีต่อคุณภาพแหล่งน้ำ
และการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บธาตุอาหารในดิน

โดย ผศ. ดร. ธีรรัตน์ บุญศรี และคณะ

ธันวาคม 2556

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประเมินผลกระทบจากการชะปุยที่มีต่อคุณภาพแหล่งน้ำ
และการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บธาตุอาหารในดิน

คณะผู้วิจัย

ผศ. ดร. ธิติรัตน์ บุญศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ. ดร. ชัยยุทธ ชินณะราศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

ABSTRACT

Both of chemical and organic fertilisers are often added to land in order to increase the yield of agricultural products. Over dosing of fertiliser always happens where the high intensity of agriculture is encouraged. Generally, the agriculture is acknowledged as a dominant cause of water pollution, especially eutrophication, which is related to the loss of nutrients including of nitrogen and phosphorus. Perhaps the environmentally safe practices in fertiliser application may reduce the loss of fertiliser and water pollution. The mathematical model namely UNSAT is employed to predict the transport of nutrients through soil layer. The nitrogen and phosphorus can be carried by the percolating water. In sand layer, the nitrogen and phosphorus can move as quickly as the infiltration water, because the nutrients can migrate freely without retardation. In soil layer with organic matter enriching, the nitrogen and phosphorus can be retarded by soil organic matter. Manure can more level up the soil organic matter than chemical fertiliser. Since the pH of manure is slightly alkaline, the dissolubility of phosphorus and organic matter is reduced. Thus, nutrients can be stored in soil in a longer period, if manure is applied. Besides, the sustainability on agricultural and minimising the impacts of agriculture on water resource are other key issues, the soil conditioning processes are introduced to decrease the loss of nutrients from soil. Firstly, the oily food waste (OFW) is added to the soil to increase the soil organic matter. The oily food waste is enriched of fat and oil, which are known as organic carbon compounds, but it is hydrophobic material. The OFW cannot directly vanish on soil because it can block the water to penetrate to root of plants. The OFW must be composting to transfer the fat and oil to be soil organic matter prior to apply to land. The microbes are naturally observed when soil is enriched with organic matter. A 5% of OFW is mixed with soil, and composted at 40% of moisture content, for 30 days is a suitable condition for soil microbes to degrade fat and oil to be organic matter. When the soil organic matter is increased, the nitrogen compounds can be effectively retarded onto soil. However, nitrogen compounds released from manure can be more highly stored into OFW conditioned soil than one from chemical fertiliser. The nitrogen compounds are turned to be ammonia-nitrogen, increasing the amount of available nitrogen in soil. Secondly, the alkaline stabilisation is investigated to enhance soil phosphorus adsorptive capacity. The alkaline materials involving of zeolite and dolomite are utilised, since they contain highly content of calcium ions. Almost of available phosphorus are stable at pH of 6-7, in a form of P bound to Ca. The findings suggest that zeolite conditioned soil prefers to pH of 6.5-7, as calcium ion can effectively escape from zeolite, when the pH of system is slightly acidic. When applying the acidic chemical fertiliser, the zeolite can highly recharge the calcium ions to soil, conducting the high P adsorptive

capacity. Both primary and secondary P adsorption processes are obtained by organic matter and calcium ion, respectively, whenever soil is conditioned with zeolite. On the other hand, dolomite conditioned soil prefers to pH of 6. Since dolomite is strongly alkaline material, the acidic pH is suited to dilute the calcium ions. However, the loss of organic matter is also increased, if soil pH is at acid. Applying manure can compromise the loss of soil organic matter. The primary P adsorption process by organic matter plays a significant role in P adsorption onto dolomite stabilised soil. Finally, the alternative solution for enhancing the soil organic matter and P adsorptive capacity is introduced and the biosoil is fabricated by alkaline conditioning biosolids. The biosolids are collected from the wasted sludge port at the domestic wastewater treatment plants. The mixed alkaline materials including of quick lime and fly ash are added to biosolids and maintained the pH at 12 for 72 hour. This process can dewater the biosolids, kill pathogen and reduce an unpleasant odour. Since the biosolids predominantly contain the organic nitrogen compounds, the pH at 12 can slightly affect to the N content in biosolids. The biosoil can provide the highly contents of organic matter and N and P. The pH of biosoil is highly alkaline, it can be effectively store P. The tests confirm that the adsorptive capacity of biosoil is relatively high and almost of P is stored in a form of reactive P, which is available for plant uptaking. This research can bring the benefits to agriculture by reducing the loss of fertiliser and providing sustainable development in agriculture.

Keywords: Adsorption isotherm, Alkaline stabilisation, Breakthrough curves of soil nutrients, Dolomite, Nitrogen, Oily food waste, Phosphorus, Soil organic matter, UNSAT Program, Zeolite.

บทคัดย่อ

ทั้งปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์มักใส่ลงในดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การใช้ปุ๋ยที่เกินความจำเป็นสามารถพบได้ในพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกพืชตลอดทั้งปี โดยทั่วไป เกษตรกรมักจัดเป็นสาเหตุของมลพิษทางน้ำ โดยเฉพาะปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน บางทีการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมก็สามารถบรรเทาการสูญเสียปุ๋ย และปัญหามลพิษทางน้ำ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ UNSAT ได้ใช้เพื่อการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในชั้นดิน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะถูกพาไปด้วยน้ำที่ซึมลงดิน ในชั้นดินทราย ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วเท่ากับการเคลื่อนที่ของน้ำที่ซึมลงดิน เนื่องจากธาตุอาหารเหล่านี้เคลื่อนที่ได้ง่ายกว่าไฮดรอกไซด์ไอออน ในชั้นดินที่อุดมสมบูรณ์ด้วยอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะถูกหน่วงด้วยอินทรีย์วัตถุในดิน ปุ๋ยคอกสามารถเพิ่มระดับอินทรีย์วัตถุในดินได้มากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยคอกมีค่าพีเอชเป็นด่างอ่อนๆ จึงลดการละลายของฟอสฟอรัสและอินทรีย์วัตถุได้ ดังนั้นธาตุอาหารจึงเก็บกักได้นานกว่าหากใช้ปุ๋ยคอก นอกจากนี้ ความยั่งยืนด้านการเกษตร และการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำที่มีสาเหตุมาจากการเกษตรเป็นอีกประเด็นหลัก การปรับปรุงสภาพดินจึงถูกนำเสนอเพื่อลดการสูญเสียของธาตุอาหารจากดิน อย่างแรกเศษอาหารไขมันถูกนำมาปรับปรุงสภาพดินเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เศษอาหารไขมันอุดมไปด้วยไขมันและน้ำมัน ซึ่งเป็นแหล่งของสารอินทรีย์คาร์บอน แต่เศษอาหารไขมันจะเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ เศษอาหารไขมันจึงไม่สามารถเติมลงดินได้โดยตรงเพราะอาจขวางกั้นการซึมของน้ำสู่รากพืช เศษอาหารไขมันจะต้องผ่านการหมักเพื่อเปลี่ยน น้ำมันและไขมันเป็นอินทรีย์วัตถุก่อนที่จะเติมลงสู่ดิน จุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่อยู่ในดินจะพบได้ในดินที่อุดมไปด้วยอินทรีย์วัตถุ เศษอาหารไขมัน 5 เปอร์เซ็นต์ถูกผสมกับดินแล้วหมักที่ความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ในการย่อยสลายไขมันและน้ำมันเป็นอินทรีย์วัตถุ เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น สารประกอบไนโตรเจนจะถูกหน่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามไนโตรเจนที่มาจากปุ๋ยคอกสามารถดูดซับบนดินปรับปรุงสภาพด้วยเศษอาหารไขมันได้ดีกว่าไนโตรเจนที่มาจากปุ๋ยเคมี สารประกอบไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซึ่งเพิ่มปริมาณไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ไนดิน อย่างไรก็ตาม กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ถูกใช้เพื่อการเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสบนดิน สารอัลคาไลน์จะประกอบด้วย ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ เนื่องจากสารทั้งสองชนิดมีแคลเซียมไอออนเป็นองค์ประกอบ ฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้ส่วนใหญ่จะเสถียรที่ค่าพีเอช 6-7 และอยู่ในรูปสารประกอบฟอสฟอรัส-แคลเซียม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ที่พีเอชเท่ากับ 6.5-7 มีความเหมาะสม เนื่องจากแคลเซียมสามารถหลุดจากซีโอไลต์ได้ดีเมื่อดินเป็นกรดอ่อนๆ เมื่อเติมปุ๋ยเคมีที่เป็นกรด ซีโอไลต์จะเติมแคลเซียมไอออนให้ดิน ทำให้ความจุการดูดซับฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น กระบวนการดูดซับฟอสฟอรัสนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นโดยอินทรีย์วัตถุ และแคลเซียมไอออน ตามลำดับ เมื่อดินถูกปรับสภาพดินซีโอไลต์ ในทางตรงข้าม ดินที่ปรับสภาพด้วยโดโลไมท์จะต้องปรับพีเอชที่ 6 เนื่องจากโดโลไมท์เป็นสารอัลคาไลน์เข้มข้น สภาพพีเอชที่เป็นกรดจึงเหมาะสมต่อการละลายของแคลเซียมไอออน อย่างไรก็ตามการสูญเสียสารอินทรีย์ในดินจะเพิ่มขึ้น เมื่อดินมีค่าพีเอชที่เป็นกรด การเติมปุ๋ยคอกสามารถชดเชยการสูญเสียอินทรีย์วัตถุได้ การดูดซับชั้นปฐมภูมิด้วยอินทรีย์วัตถุมีบทบาทสำคัญในการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินปรับ

สภาพด้วยโดโลไมท์ สุดท้าย ทางเลือกสำหรับการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และความจุในการดูดซับฟอสฟอรัส คือการพัฒนาดินชีวภาพด้วยกระบวนการปรับสภาพตะกอนจุลินทรีย์ด้วยสารอัลคาไลน์ ตะกอนจุลินทรีย์ได้มาจากส่วนทิ้งตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน สารอัลคาไลน์ที่ใช้จะผสมจากปูนขาว และเถ้าลอย แล้วนำไปผสมกับตะกอนจุลินทรีย์ รักษาค่าพีเอชไว้ที่ 12 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง กระบวนการนี้สามารถลดน้ำในตะกอนจุลินทรีย์ ฆ่าจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และลดกลิ่นเหม็น เนื่องด้วยตะกอนจุลินทรีย์มีสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก การปรับค่าพีเอชที่ 12 จึงส่งผลต่อระดับไนโตรเจนในดินชีวภาพเพียงเล็กน้อย ดินชีวภาพยังคงมีอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง เช่นเดิม ดินชีวภาพมีค่าพีเอชที่เป็นต่างแก็จซึ่งเหมาะสมต่อการเก็บกักฟอสฟอรัส การทดสอบยืนยันว่าความจุของการดูดซับของดินชีวภาพค่อนข้างสูง ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะเก็บกักในรูปของฟอสฟอรัสที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาซึ่งสามารถนำไปใช้โดยพืชได้ งานวิจัยนี้จึงสร้างประโยชน์ต่อการเกษตรในแง่ของการลดการสูญเสียปุ๋ย และก่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในด้านการเกษตร

คำสำคัญ: ไอโซเทอมการดูดซับ, การปรับเสถียรอัลคาไลน์, เส้นโค้งเบรคทรูของธาตุอาหารในดิน, โดโลไมท์, ไนโตรเจน, เศษอาหารไขมัน, ฟอสฟอรัส, อินทรีย์วัตถุในดิน, โปรแกรมคำนวณ UNSAT, ซีโอไลต์

EXECUTIVE SUMMARY

เกษตรกรรมเป็นแหล่งกำเนิดของน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจน (N) และ ฟอสฟอรัส (P) ในช่วงหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยวธาตุอาหารที่สะสมในดินจะถูกชะออกจากดินได้ง่าย การปนเปื้อนของธาตุอาหารในแหล่งน้ำจัดเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสนใจ หลายประเทศในทวีปยุโรปให้ความสนใจต่อปัญหาคุณภาพของแหล่งน้ำที่ด้อยลงเนื่องจากเกษตรกรรม แสดงให้เห็นชัดว่า การเพิ่มผลผลิตด้วยการเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยที่เกินความต้องการของพืชนั้น ไม่เพียงสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเท่านั้น ยังก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำอีกด้วย เพื่อให้เกษตรกรรมถูกพัฒนาอย่างยั่งยืนตามแนวพระราชดำริ ‘เศรษฐกิจพอเพียง’ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว การผลิตที่พอเพียงต่อความต้องการนั้นเป็นการรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้สามารถใช้ได้ในระยะเวลายาวนาน

การจัดการปัญหาการปนเปื้อนของธาตุอาหารต้องอยู่บนพื้นฐานความสมดุลระหว่างผลผลิตทางการเกษตร และผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ในอดีตการจัดการคุณภาพน้ำมุ่งเน้นไปที่การลดการชะละลายไนเตรทสู่ลำน้ำได้ดิน ไนเตรทนั้นสามารถละลายน้ำได้ดีจึงเคลื่อนที่ลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้ง่าย ทำให้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสไม่ได้รับความสนใจ แต่ในปัจจุบันการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำถูกหยิบยกขึ้นมาพิจารณา เนื่องจากวัฏจักรของฟอสฟอรัสไม่มีฟอสฟอรัสในสถานะก๊าซ ทำให้ฟอสฟอรัสยังคงตกค้างในดินในรูปของของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันถึงแม้จะปนเปื้อนในปริมาณเพียงเล็กน้อย งานวิจัยต่างๆ จึงระบุว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ทำให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน งานวิจัยนี้จึงเน้นการจัดการธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน และฟอสฟอรัส แบบองค์รวม เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน และแนวทางในการจัดการคุณภาพน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

ส่วนหนึ่งของปัญหาการปนเปื้อนของน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม คือการใช้ปุ๋ยที่คำนึงถึงเฉพาะธาตุไนโตรเจน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจน ที่ต่ำ (อัตราส่วน N/P เท่ากับ 2:1 – 6:1) ทำให้ธาตุฟอสฟอรัส นั้นเกินความต้องการของพืช (N/P เท่ากับ 7:1-11:1) อัตราส่วน N/P ที่ไม่สมดุลนี้เร่งให้เกิด N volatilisation และยับยั้ง N minerisation ในอินทรีย์วัตถุ วิกฤตการณ์การเคลื่อนที่ของธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากพื้นที่เกษตรกรรมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะของแหล่งกำเนิด (source) ทั้งดิน และพืช, การเคลื่อนที่ (transport) ของธาตุอาหารที่เกิดจากน้ำท่า การพัดพา และการกัดเซาะ สำหรับการจัดการธาตุอาหารที่แหล่งกำเนิดสามารถทำได้ง่ายและค่าใช้จ่ายต่ำกว่า โดยที่จัดการเติมปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม และ/หรือใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอก ตลอดจนเพิ่มความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินด้วยกลไกทางชีวเคมีในดิน

การปรับปรุงสภาพดินเพื่อเพิ่มความจุในการเก็บกักธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในปัจจุบันมีการจดลิขสิทธิ์ในชื่อ N-Viro Soil ซึ่งมีทั้งการเติมสารอินทรีย์ เช่น สลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และมูลสัตว์ และสารปรับสภาพฟิสิกส์ของดิน เช่น ซีโอไลต์ โดโลไมท์ ปูนขาว และถ้ำลอย ซึ่งการปรับฟิสิกส์จะ

ใช้สารที่มีองค์ประกอบของแคลเซียม ที่เป็นต่างในกลุ่ม Alkaline earth แต่อย่างไรก็ตาม N-Viro Soil ที่นำมาใช้ในการเกษตรนั้นยังมีข้อจำกัดในด้านค่าใช้จ่าย และยังไม่มีการยืนยันผลการลดการสูญเสียของธาตุอาหารในระยะยาว ตลอดจนกลไกในการหน่วง และ/หรือเก็บกักธาตุอาหาร การปรับสภาพดินที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ใช้เศษอาหารไขมัน เป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุที่กระตุ้น กระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ในดินที่อาจเร่งการแปรสภาพ และการเก็บกักธาตุไนโตรเจน สำหรับการปรับสภาพดินเพื่อเพิ่มการเก็บกักธาตุฟอสฟอรัสนั้นใช้ ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ ซึ่งเป็นสารประกอบแคลเซียมที่มีอยู่ในธรรมชาติ การประเมินอัตราส่วนที่เหมาะสมของการเติมสารผสม เพื่อปรับสภาพดิน จะพิจารณาจากความจุในการกักเก็บธาตุอาหาร และสมดุลของอัตราการชะละลายของธาตุอาหาร และความต้องการของพืช ตลอดจนวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่เหลือจากความต้องการของพืชที่ซึมผ่านชั้นดินสู่หน้าใต้ดิน เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินอัตราการให้น้ำ และ/หรือการเติมปุ๋ยที่เหมาะสม ทั้งนี้ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการจะถูกนำมาใช้ในการปรับแก้แบบจำลอง และเป็นข้อมูลสำหรับการจัดการไนโตรเจน และฟอสฟอรัส แบบองค์รวม

ในปัจจุบันมีแบบจำลองต่าง ๆ ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำเนื่องจากการในประโยชน์พื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น L-THIA, SWAT, SWIM, HYDROTREND, CREAMS, GLEAMS, MATSALU, ANSWERS, AGNPS, BASINS เป็นต้น แต่ข้อจำกัดของแบบจำลองเหล่านี้ คือมุ่งเน้นการวิเคราะห์แนวทางการจัดการคุณภาพน้ำจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่เกิดจากน้ำท่า การพัดพา และการกัดเซาะ ซึ่งเป็นการจัดการด้านอุทกวิทยาของน้ำเป็นหลัก ในงานวิจัยนี้เน้นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการจัดการธาตุอาหารที่แหล่งกำเนิด เพื่อประเมินความเหมาะสมของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น อัตราการเติมปุ๋ย และสภาพดินในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนการสูญเสียธาตุอาหารลงสู่หน้าใต้ดินอันเนื่องจากการรดน้ำในระหว่างการเพาะปลูก และ/หรือการซึมของน้ำฝน แบบจำลองถูกพัฒนาให้เหมาะสมกับการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งดินในพื้นที่เกษตรกรรมในบางแห่งนั้น มีความจุในการเก็บกักธาตุอาหารในดินต่ำ เช่น ดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ในพื้นที่ภาคกลาง งานวิจัยนี้ได้กำหนดพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่นาข้าว อ.เสลาภูมิ จ.ร้อยเอ็ด และพื้นที่สวนผลไม้ เขตบางขุนเทียน จ.กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นตัวแทนของดินร่วนปนทราย และดินเหนียวร่วน ตามลำดับ โดยพื้นที่ศึกษานี้มีการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งชนิด และปริมาณ และการเติมน้ำที่แตกต่างกัน ทำให้รูปแบบการเคลื่อนที่ของธาตุอาหาร กลไกการกักเก็บ ตลอดจนแนวทางในการปรับสภาพดินที่แตกต่างกัน ข้อมูลจากพื้นที่ศึกษาทั้งสองแห่งนี้อาจเป็นประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ตลอดจนแนวทางในการจัดการคุณภาพน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีความหลากหลาย

เนื้อหางานวิจัย

1. การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในดินที่มาจากปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี

ธาตุไนโตรเจน (N) และ ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารหลักของพืชที่สามารถพบได้ทั้งในปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเมื่อมีการใช้ธาตุอาหารทั้งสองชนิดในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็น และพืชไม่สามารถดึงไปใช้ได้ทัน ทำให้เกิดการแปรสภาพของธาตุอาหาร และกักเก็บในดิน ธาตุอาหารที่สะสมในดินสามารถสูญเสียไปกับการชะล้างของน้ำ และไหลลงสู่แหล่งน้ำในธรรมชาติ ธาตุอาหารที่ถูกชะละลาย และพัดพาไปกับตะกอนดินสามารถก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ หากความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงมากอาจทำให้พืชน้ำเป่งบาน และเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันตามมาในที่สุด

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในชั้นดิน ด้วยการทดสอบในคอลัมน์ดินขนาดห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) เพื่อหาค่าจลนพลศาสตร์ในการชะล้างของน้ำปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ผ่านคอลัมน์ทราย และคอลัมน์ดินที่นำมาจากสวนผลไม้ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ทั้งนี้คอลัมน์ทรายที่ใช้ทดสอบจะเป็นชุดควบคุมที่สามารถบ่งชี้การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารโดยปราศจากการหน่วง ส่วนการทดสอบในคอลัมน์ดินจะเป็นชุดทดสอบที่บ่งชี้การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารพร้อมกับการเกิดปฏิกิริยาระหว่างธาตุอาหารและชั้นดิน ลักษณะทางกายภาพของดิน และทราย แสดงในรูปที่ 1.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน และสารละลายปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ASTM standards แสดงตารางที่ 1.1 และ 1.2 ตามลำดับ



รูปที่ 1.1 ลักษณะทางกายภาพของทราย (ซ้าย) และดิน (ขวา)

ตารางที่ 1.1 ลักษณะสมบัติของดิน และทรายที่ใช้ในการทดลอง

Parameters	Soil	Sand
Physical properties		
Water content (%)	5.18	0.17
Bulk density (g/cm ³)	1.25	1.50
Hydraulic conductivity (cm/h)	0.07	1.65
Specific gravity	2.69	2.63
Particle size distribution (%)		
<2 mm.	33.34	0.83
0.425-2 mm.	51.08	78.09
0.075-0.425 mm.	14.77	20.81
> 0.075 mm.	0.88	0.27
Soil texture (%)		
Sand	54.0	100
Silt	17.6	-
Clay	28.4	-
Soil classification	Sandy clay loam	Sand
Chemical Properties		
Organic matter (%)	5.69	0
Soil pH (1:1)	4.85	7.32
Total Kjeldahl Nitrogen (mg-N/kg)	1820	500
Total hydrolysable Nitrogen (mg-N/kg)	1680	50
Ammonia (mg-N/kg)	0.017	0.013
Nitrate (mg-N/kg)	0.002	0.0007
CEC (meq/100g)	3.09	0.0036
TP (mg-P/kg)	880	1.75
Soluble P (mg-P/kg)	848	1.51
Olsen P (mg-P/kg)	779	1.64

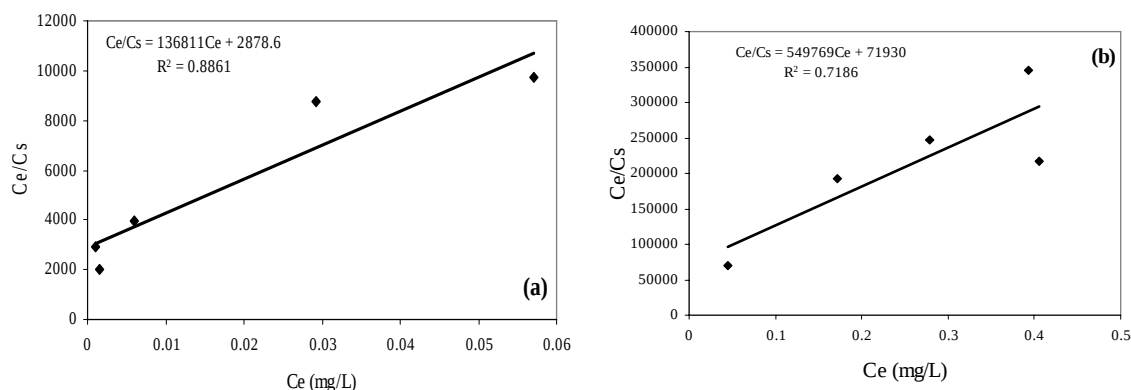
ตารางที่ 1.2 ลักษณะสมบัติของสารละลายปุ๋ย

Parameters	N- fertiliser (12-0-43)	P- fertiliser (0-56-32)	Mix-fertiliser (N+P)	Organic manure
TKN (g-N/L)	1.99	0	1.92	1.58±0.82
Total Hydrolysable Nitrogen (g-N/L)	0	0	0	1.34±0.65
Ammonia-nitrogen (g-N/L)	1.88	0	1.81	0.25±0.006
Nitrate-nitrogen (g-N/L)	2.27	0	2.03	0.006±0.0007
Organic matter (%)	0	0	0	3.16±1.99
Organic carbon (%)	0	0	0	1.84±1.15
Soluble COD (g/L)	0	0	0	5.76±0.0
pH (1:1)	6.55	4.32	4.99	8.30±0.08
Total Phosphorus (g-P/L)	0	1.99	1.67	1.50±0.08
Soluble Phosphorus (g-P/L)	0	1.50	1.46	1.04±0.83
Olsen P (g-P/L)	0	1.68	1.81	0.08±0.03

การทดสอบการดูดซับของฟอสฟอรัสบนอนุภาคดินถูกนำมาใช้ประเมินระยะเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับฟอสฟอรัส และค่าความจุการดูดซับฟอสฟอรัสของดินตัวอย่าง ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งหมดในปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี เท่ากับ 0.25 และ 0.3525 mgP/L ตามลำดับ ระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลของการดูดซับฟอสฟอรัสที่มาจากสารละลายปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี เท่ากับ 3 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ โดยฟอสฟอรัสละลายน้ำทั้งหมดยังเหลืออยู่ในน้ำออกเท่ากับ 0.001 และ 0.041 mgP/L เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่า 99.6 และ 88.3 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสละลายน้ำที่มีอยู่ในสารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีถูกดูดซับบนอนุภาคดิน เมื่อพิจารณาค่าพีเอชของสารละลายปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี พบว่าปุ๋ยทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติเป็นกรด ดังนั้นการตกตะกอนของฟอสฟอรัสด้วยการเปลี่ยนค่าพีเอชจึงเกิดขึ้นได้ต่ำมาก สารอินทรีย์ในดินที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์จึงเป็นสารดูดซับพื้นฐาน (primary adsorbent) ที่สามารถเก็บกักฟอสฟอรัสได้ ในขณะที่ดินทรายไม่สามารถดูดซับฟอสฟอรัสในสารละลายปุ๋ยทั้งสองชนิด จึงยืนยันได้ว่าดินทรายไม่มีสารดูดซับที่สามารถกักเก็บฟอสฟอรัสได้

สมการไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงมัวร์สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับ (sorbed P) และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลาย การดูดซับฟอสฟอรัสจะเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างฟอสฟอรัส และสารดูดซับที่อยู่บนอนุภาคดิน การดูดซับจะเกิดขึ้นเพียงชั้นเดียว (mono layer) ทั่วพื้นที่ผิวของอนุภาคดิน ค่าความจุของการดูดซับฟอสฟอรัสที่มาจากปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.41×10^{-5} และ 2.99×10^{-6} mgP/mg soil ตามลำดับ หากพิจารณาความจุของการดูดซับฟอสฟอรัสบนสารอินทรีย์ในระบบ จะมีค่าเท่ากับ 6.76×10^{-6} และ 2.63×10^{-6} mgP/mg Organic Matter (OM) เมื่อเติม

น้ำปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ยืนยันว่า สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยคอก สามารถเพิ่มความจุของการดูดซับฟอสฟอรัสได้ ผลการวิเคราะห์ไอโซเทอมแสดงในรูปที่ 1.2

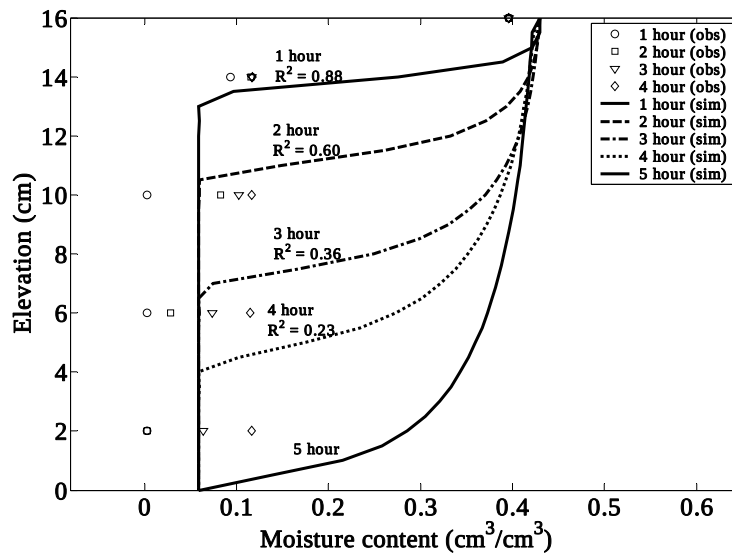


รูปที่1.2 ไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสบนดิน เมื่อทดสอบกับสารละลาย (a) ปุ๋ยคอก และ (b) ปุ๋ยเคมี

การทดสอบการเคลื่อนที่สารละลายปุ๋ยจะทดสอบด้วยคอลัมน์ทราย สารละลายปุ๋ยถูกเติมสู่คอลัมน์ทราย ที่อัตราการป้อน 25 cm³/h พบว่า ชั้นทรายที่ความหนา 16 เซนติเมตรจะเต็มไปด้วยสารละลายปุ๋ยในเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อประเมินสมดุลมวล พบว่าสารละลายปุ๋ยปริมาตร 94.8-18 cm³ จะขังอยู่ในช่องว่างของเม็ดทราย หรือคิดเป็น 40-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรช่องว่างทั้งหมด เพื่อประเมินค่าความเร็วในการไหลของสารละลายปุ๋ยในช่องว่างของทราย โปรแกรม UNSAT ซึ่งพัฒนาโดย Bunsri (2006) ถูกนำมาใช้ โดยข้อมูลป้อนเข้าแสดงในตารางที่1.3 ผลการประเมินการเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยในคอลัมน์ทรายแสดงในรูปที่1.3

ตารางที่1.3 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับการประเมินการเคลื่อนที่ของน้ำปุ๋ยในคอลัมน์ทราย

Parameters	Values
Domain	Sand column with 16 cm deep.
Hydraulic properties model	Van Genuchten/ Infiltration only
Residual moisture content (cm ³ /cm ³)	0.045
Saturated moisture content (cm ³ /cm ³)	0.43
Air entry head (cm-1)	0.15
Empirical constant , p	2.68
Hydraulic conductivity (cm/h)	1.65
Boundary condition	Upper, lower and initial moisture contents were 0.43, 0.045 and 0.045 cm ³ /cm ³ , respectively.
Number of time step per hour	Varies between 480 and 24000.
Nodal spacing (cm)	0.5



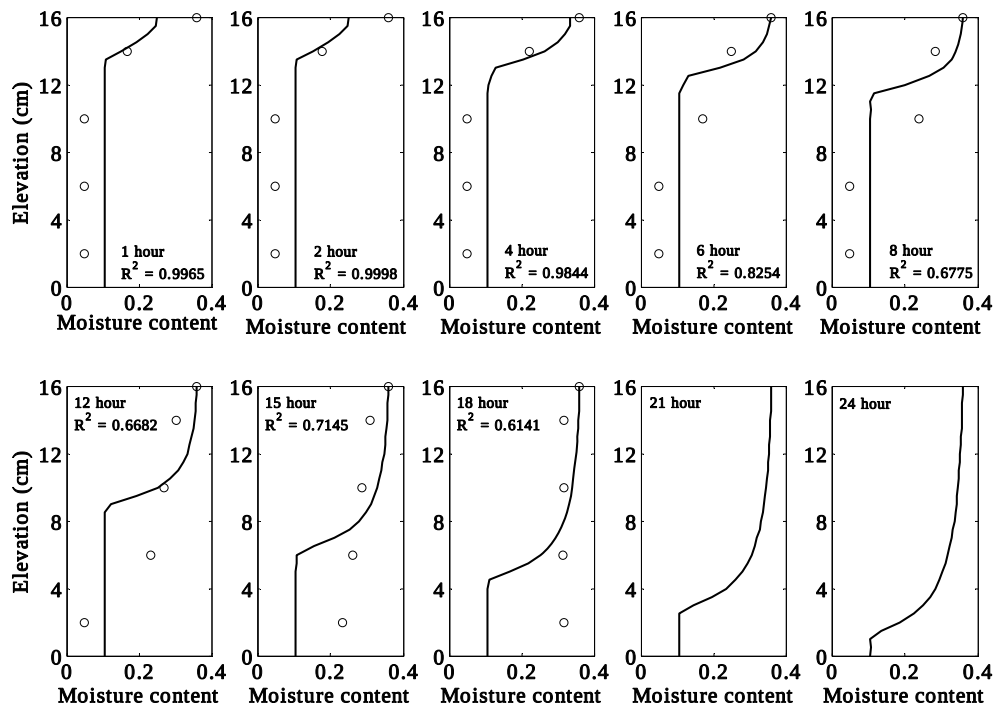
รูปที่ 1.3 การเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยในคอลัมน์ทรายที่ระยะเวลาต่างๆ

เมื่อประเมินค่าความเร็วของการไหลของสารละลายปุ๋ยผ่านช่องว่างของเม็ดทราย (pore velocity) ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 4.85, 7.19, 8.6, 9.25 และ 11.5 cm/h ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า สารละลายปุ๋ยจะเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างของเม็ดทรายได้เร็วขึ้นเมื่อค่าความชื้นในชั้นทรายเพิ่มขึ้น สำหรับการเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยผ่านคอลัมน์ดิน การทดสอบจะเติมสารละลายปุ๋ยที่อัตราการไหลเท่ากับ 12 cm³/h จากการประเมินสมดุลมวลของน้ำ พบว่าช่องว่างของดินสามารถกักน้ำได้สูงถึง 286-306 cm³ หรือคิดเป็น 90-100 เปอร์เซ็นต์ของช่องว่างทั้งหมด การเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยจะประเมินด้วย โปรแกรม UNSAT โดยที่ใช้ข้อมูลป้อนเข้าดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำปุ๋ยในคอลัมน์ดิน

Parameters	Values
Domain	Soil column with 16 cm deep.
Hydraulic properties model	van Genuchten/ Infiltration only
Residual moisture content (cm ³ /cm ³)	0.05
Saturated moisture content (cm ³ /cm ³)	0.36
Air entry head (cm ⁻¹)	0.059
Empirical constant, p	1.48
Hydraulic conductivity (cm/h)	0.07
Boundary condition	Upper, lower and initial moisture contents were 0.36, 0.05 and 0.05 cm ³ /cm ³ , respectively.
Number of time step per hour	Varies between 600 and 38000.
Nodal spacing (cm)	0.5

ผลการประเมินการเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยในชั้นดินแสดงในรูปที่ 1.4



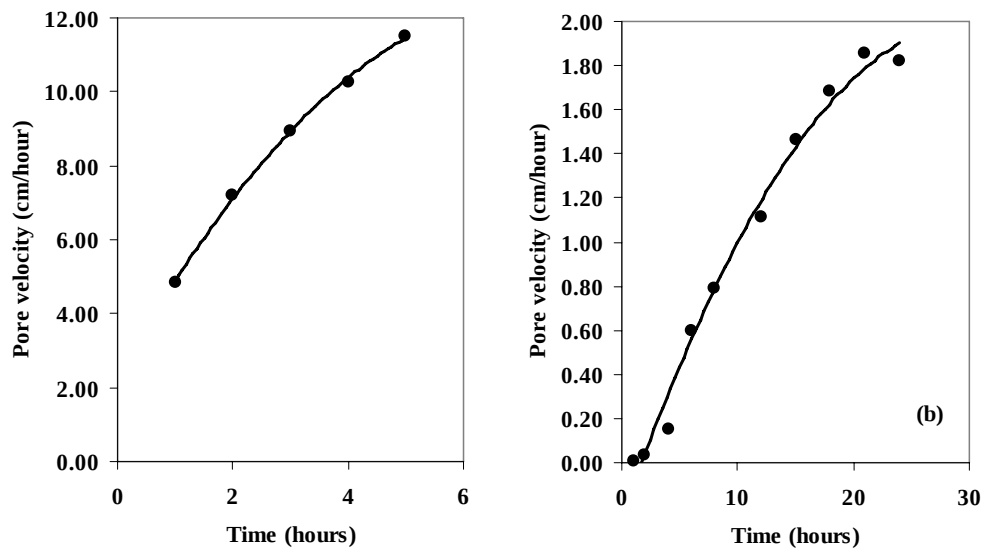
รูปที่ 1.4 การเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยในคอลัมน์ดินที่ระยะเวลาต่างๆ

เมื่อประเมินการเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยผ่านคอลัมน์ดินที่ลึก 16 เซนติเมตร อาจใช้เวลา 18-25.6 ชั่วโมง ค่าความเร็วในการไหลของสารละลายปุ๋ยในชั้นดินแสดงในตารางที่ 1.5 ค่าความเร็วดาร์ซีที่มีค่าเป็นลบ แสดงทิศทางการไหลของสารละลายปุ๋ยจากผิวหน้าคอลัมน์ (ด้านบน) ลงสู่ฐานของคอลัมน์

ตารางที่ 1.5 ค่าความเร็วของการไหลของสารละลายปุ๋ยในคอลัมน์ดินที่เวลาต่างๆ

Time (hours)	Darcy's velocity (cm/h)	Moisture content (cm ³ /cm ³)	Calculated pore velocity (cm/h)
1	-0.0007	0.122	0.0057
2	-0.0041	0.129	0.0318
4	-0.0213	0.138	0.1543
6	-0.0862	0.144	0.5986
8	-0.1212	0.153	0.7922
12	-0.1932	0.173	1.1168
15	-0.2933	0.200	1.4665
18	-0.3621	0.215	1.6842
21	-0.4290	0.231	1.8571
24	-0.4410	0.242	1.8223

รูปที่ 1.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วในการไหลของสารละลายปุ๋ยในชั้นทรายและชั้นดินที่มีความลึกเท่ากับ 16 เซนติเมตร พบว่าสารละลายปุ๋ยเคลื่อนที่ผ่านชั้นดินได้ช้ากว่าชั้นทรายอย่างมีนัยสำคัญ



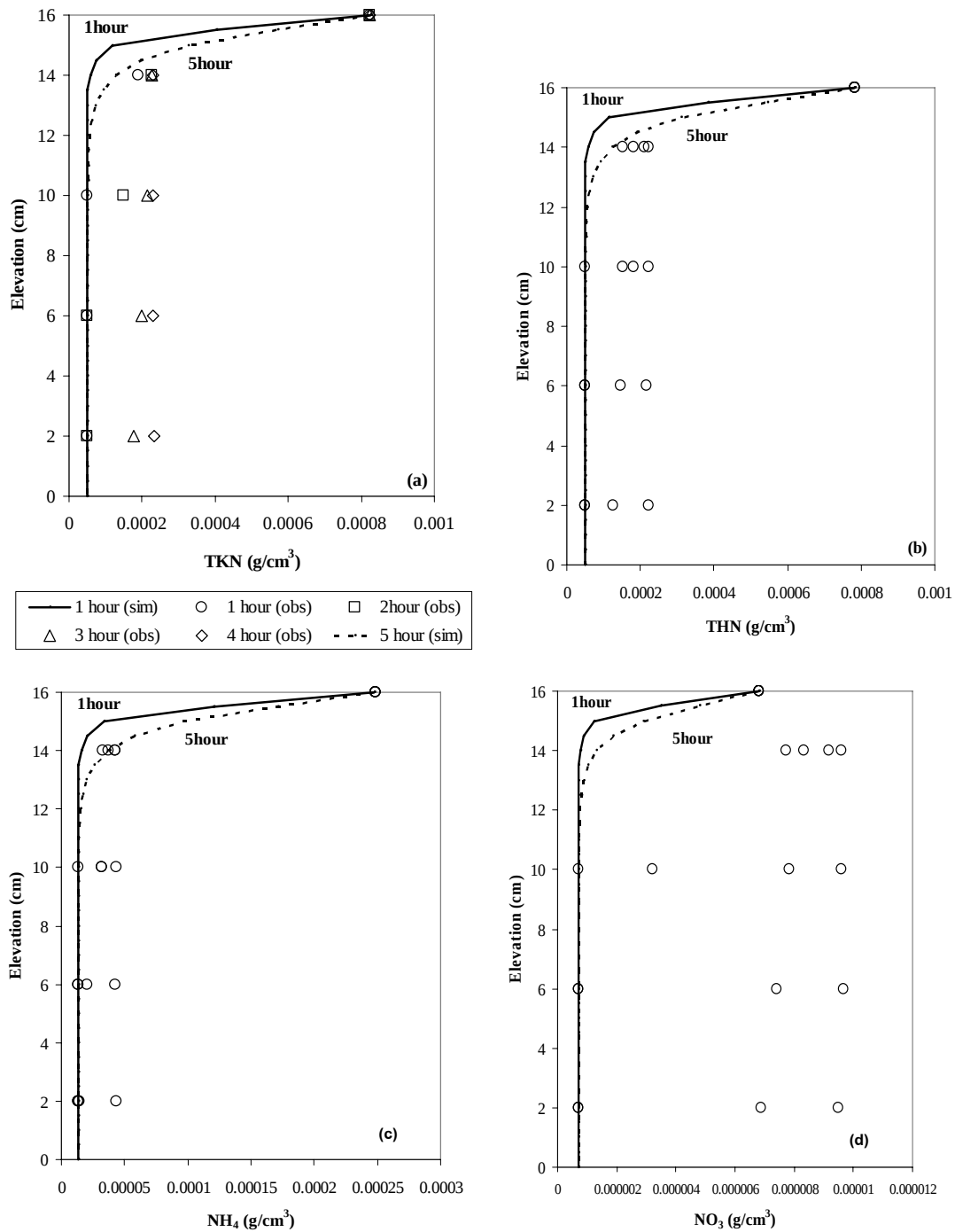
รูปที่ 1.5 ความเร็วในการไหลผ่านช่องว่างของชั้น (a) ทราย และ (b) ดินที่บรรจุในคอลัมน์

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารผ่านชั้นทราย โดยตั้งสมมติฐานว่า ทรายเป็นวัสดุที่ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา การหน่วงการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารอาจเกิดจากการกักกันสารละลายปุ๋ยไว้ในช่องว่างของทราย การประเมินการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในชั้นทรายจะใช้โปรแกรม UNSAT เพื่อประเมินค่าคงที่ของการแพร่ (dispersion coefficient) ของธาตุอาหารในชั้นทราย ค่าป้อนเข้าดังแสดงในตารางที่ 1.6

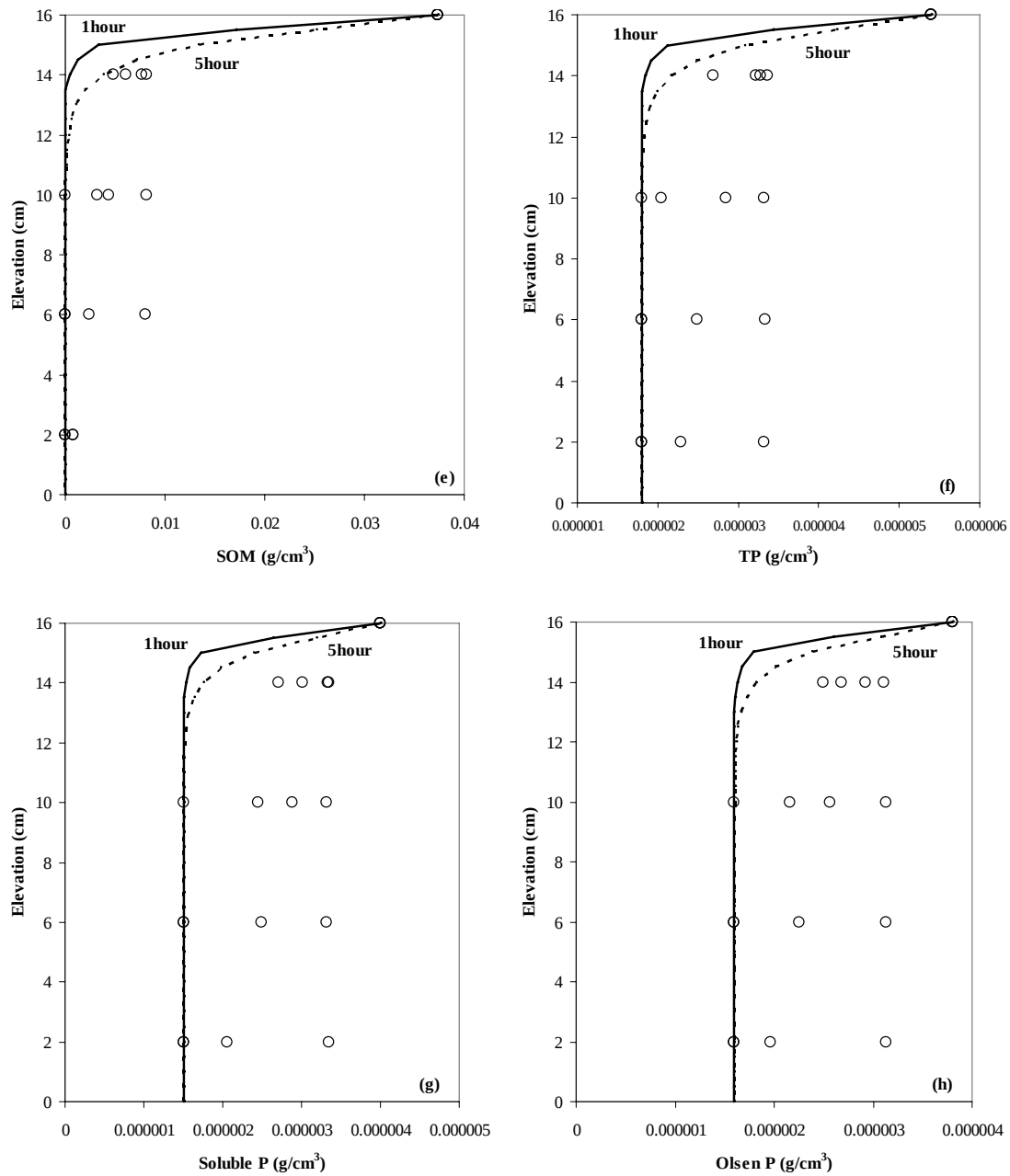
ตารางที่ 1.6 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับการประเมินการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในชั้นทราย

Parameters	Values
Domain	Soil column with 16 cm deep.
Hydraulic properties model	Retrieve from previous simulation.
Boundary condition	Upper, lower and initial concentrations were measured at real time condition.
Number of time step per hour	Varies between 600 and 38000.
Nodal spacing (cm)	0.5
Molecular diffusion (cm ² /h)	2.232x10 ⁻² (TKN), 7.056x10 ⁻² (ammonia), 6.840x10 ⁻² (nitrate), 3.924x10 ⁻² (organic matter) , 2.484x10 ⁻² (P compounds) and 3.348x10 ⁻¹ (hydrogen ion)

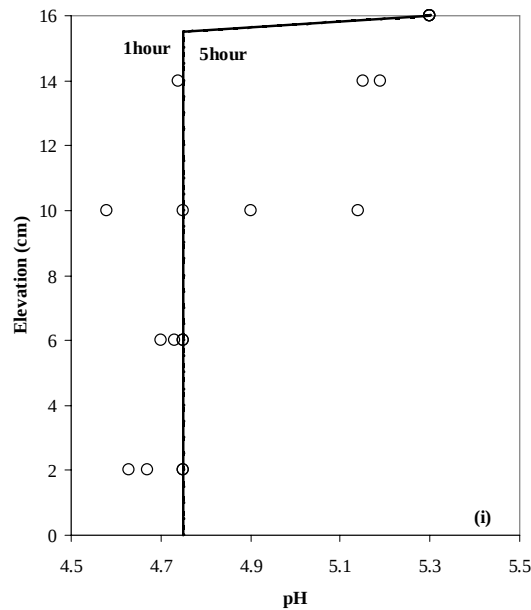
ผลการประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารในชั้นทรายแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 โปรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (a) TKN, (b) Total Hydrolysable Nitrogen (THN), (c) Ammonia, (d) Nitrate, (e) Soil Organic Matter (SOM), (h) Olsen P และ (i) pH หลังจากที่เราใส่ปุ๋ยคอกถูกเติมลงสู่ชั้นทราย

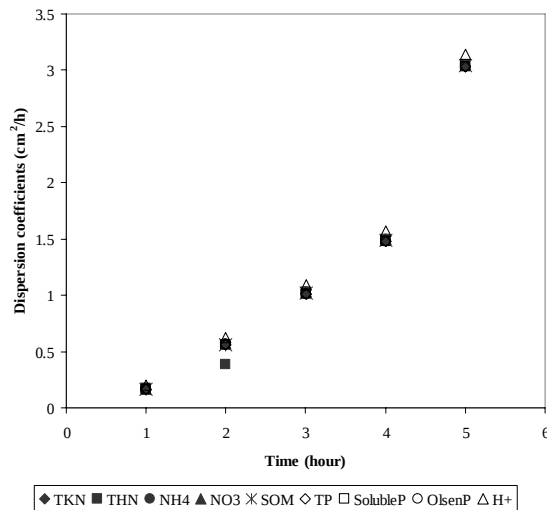


รูปที่ 1.6 (ต่อ) โปรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (a) TKN, (b) Total Hydrolysable Nitrogen (THN), (c) Ammonia, (d) Nitrate, (e) Soil Organic Matter (SOM), (h) Olsen P และ (i) pH หลังจากการละลายปุ๋ยคอกถูกเติมลงสู่ชั้นทราย



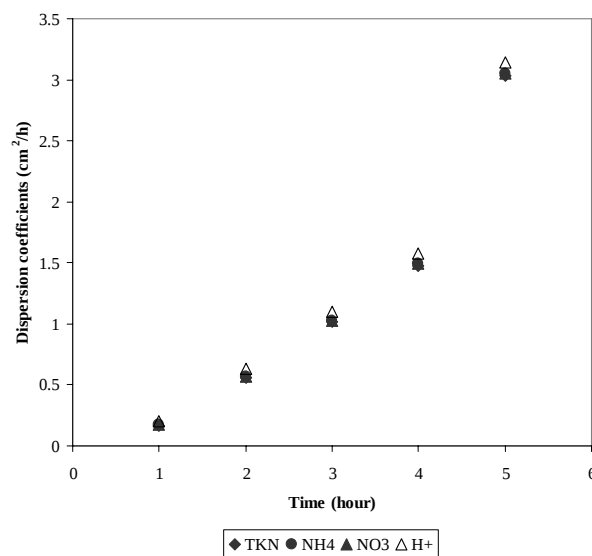
รูปที่ 1.6 (ต่อ) โพรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (a) TKN, (b) Total Hydrolysable Nitrogen (THN), (c) Ammonia, (d) Nitrate, (e) Soil Organic Matter (SOM), (h) Olsen P และ (i) pH หลังจากการสลายปุ๋ยคอกถูกเติมลงสู่ชั้นทราย

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม UNSAT แสดงให้เห็นว่าชั้นทรายที่ความลึก 2-4 เซนติเมตร นั้นจะพบการแพร่กระจายของธาตุอาหาร การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในโตรเจนจะใช้เวลายาวนานกว่าการเคลื่อนที่ของสารละลายปุ๋ยถึง 3.64 เท่า สำหรับสารอินทรีย์จะพบการแพร่จะอยู่ที่ความลึก 4 เซนติเมตร จากผิวดิน และการหน่วงการเคลื่อนที่จะเท่ากับ 3.64 เท่าของการไหลของสารละลายปุ๋ยคอก ในขณะที่ธาตุอาหารฟอสฟอรัสจะถูกหน่วงได้ดีที่ความลึก 2-4 เซนติเมตรนับจากผิวดิน แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของสารละลายปุ๋ยจะเกิดขึ้นที่ระยะทาง 0.5 เซนติเมตรนับจากผิวหน้าของคอลัมน์ หากพิจารณาความสัมพันธ์การแพร่ของธาตุอาหารในชั้นทรายเมื่อเติมปุ๋ยคอกลงไป จะพบว่าการแพร่กระจายของธาตุอาหารจะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.7 ดังนั้นกลไกหลักที่สารทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้คือการแพร่ และการพา เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น การแพร่และการพามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการพาเสมือนเป็นกลไกหลักที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารชั้นทราย



รูปที่1.7 สัมประสิทธิ์การแพร่ของธาตุอาหารในชั้นทรายเมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก

เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่มาจากการเติมปุ๋ยคอก การทดลองด้วยการเติมปุ๋ยเคมีลงในคอลัมน์ทราย เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของธาตุอาหาร ปุ๋ยเคมีนั้นไม่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของสารอินทรีย์ในดินจึงไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ประกอบกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่เติมลงไปนั้นอยู่ในรูปของสารประกอบแอมโมเนียจึงไม่พบการแปรสภาพของปุ๋ยเคมีเป็นไนเตรท สำหรับธาตุอาหารฟอสฟอรัสนั้นมีการเคลื่อนที่ไปพร้อมกับสารละลายปุ๋ย เนื่องจากทรายและปุ๋ยเคมีไม่มีสารอินทรีย์ จึงไม่พบการหน่วงของฟอสฟอรัสในชั้นทราย ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของธาตุอาหารในชั้นทราย เมื่อเติมปุ๋ยเคมี แสดงในรูปที่ 1.8 จะพบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของธาตุอาหารที่มาจากการเติมปุ๋ยเคมีนั้นใกล้เคียงกับการแพร่ของธาตุอาหารที่มาจากการเติมปุ๋ยเคมี จึงอาจกล่าวได้ว่า กลไกหลักของการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในดินทรายจะเป็นการแพร่ และการพา



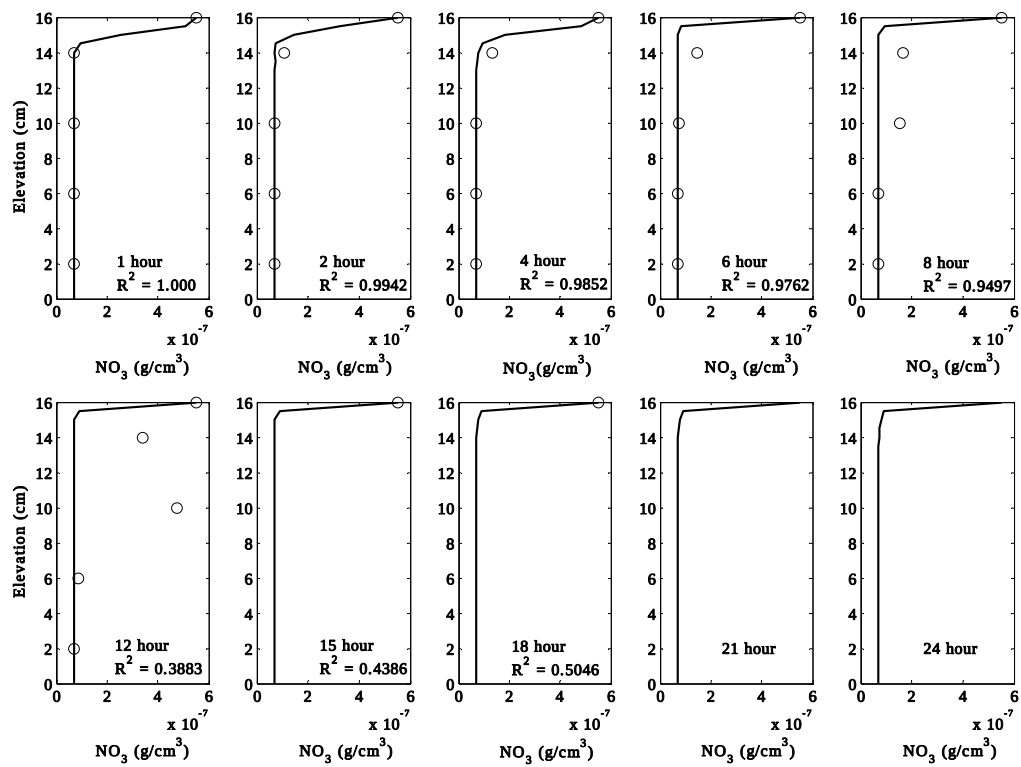
รูปที่1.8 สัมประสิทธิ์การแพร่ของธาตุอาหารในชั้นทรายเมื่อเติมสารละลายปุ๋ยเคมี

การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารชั้นดิน เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี สามารถอธิบายด้วยโปรแกรม UNSAT โดยข้อมูลป้อนเข้าแสดงในตารางที่ 1.7

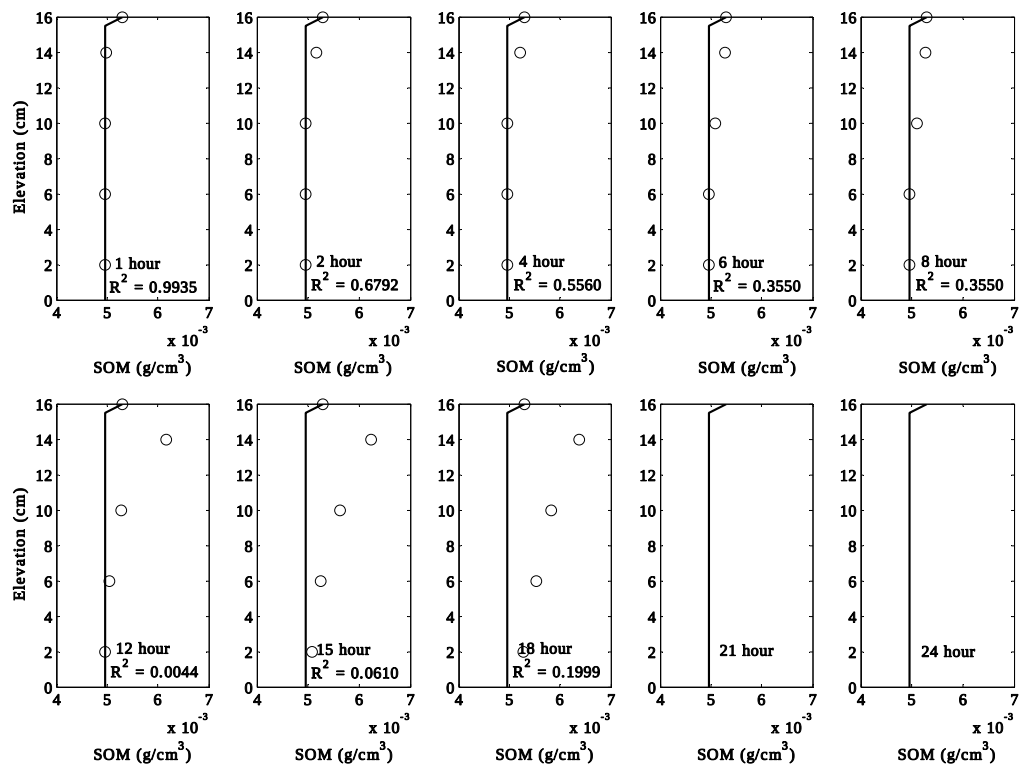
ตารางที่ 1.7 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับการประเมินการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในชั้นดิน

Parameters	Values
Domain	Soil column with 16 cm deep.
Hydraulic properties model	Retrieve from previous simulation.
Boundary condition	Upper, lower and initial concentrations were measured at real time condition.
Number of time step per hour	Varies between 600 and 38000.
Nodal spacing (cm)	0.5
Constants for retardations	
Organic carbon compounds	
Maximum specific growth rate (1/h)	74.4
Heterotrophic yield coefficient	
Substrate saturation constant (g/cm^3)	0.45
Oxygen saturation constant (g/cm^3)	4.0×10^{-2}
Ammonia saturation constant (g/cm^3)	7.7×10^{-4}
Dissolved oxygen concentration (g/cm^3)	1.0×10^{-3}
Ammonia concentration (g/cm^3)	1.0×10^{-6}
Molecular diffusion coefficient (cm^2/h)	2.66×10^{-5} (manure) and 1.88×10^{-4} (N-fertiliser)
Nitrate nitrogen compounds	0.03924
Maximum specific growth rate (1/h)	69.6
Heterotrophic yield coefficient	0.5
Substrate saturation constant (g/cm^3)	4.0×10^{-2}
Nitrate saturation constant (g/cm^3)	2.6×10^{-3}
Ammonia saturation coefficient (g/cm^3)	1.0×10^{-3}
Inhibition coefficient, $I[C_O]$	0.072 (manure) and 0.080 (N-fertiliser)
Molecular diffusion coefficient (cm^2/h)	0.0684
Soluble phosphorus compounds	
Adsorption coefficient (cm^3/g)	0.1055 (manure) and 0.1118 (P-fertiliser)
Soil bulk density (g/cm^3)	1.25
Molecular diffusion coefficient (cm^2/h)	0.02304

การประเมินการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในชั้นดิน เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก แสดงในรูปที่ 1.9

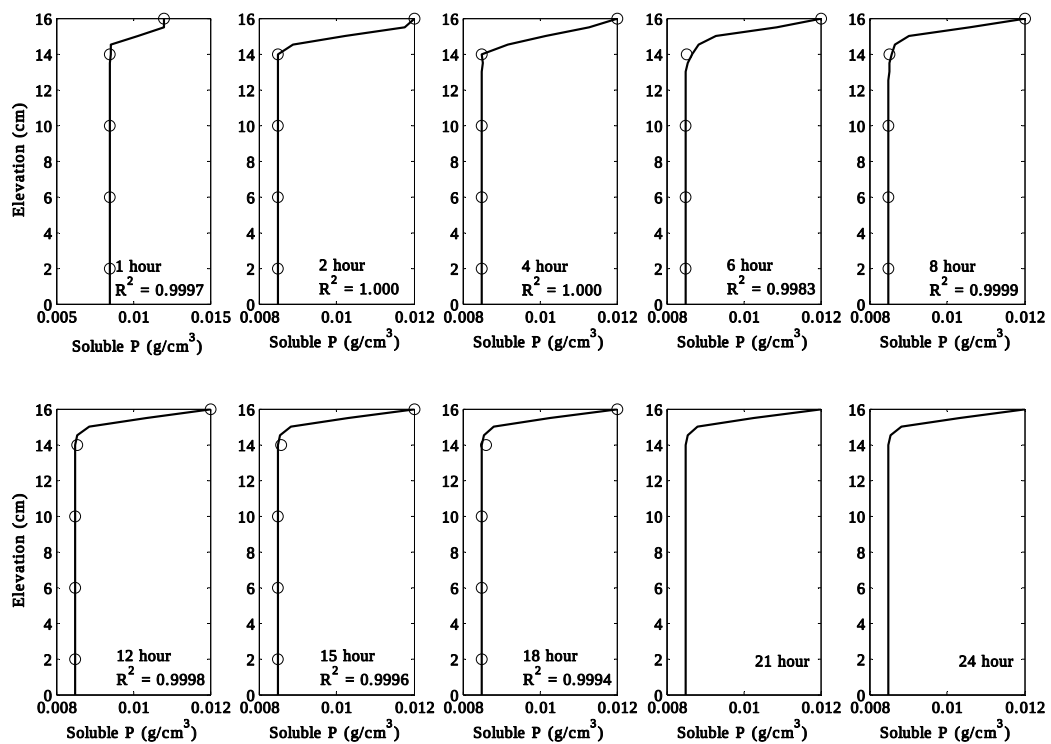


(a)



(b)

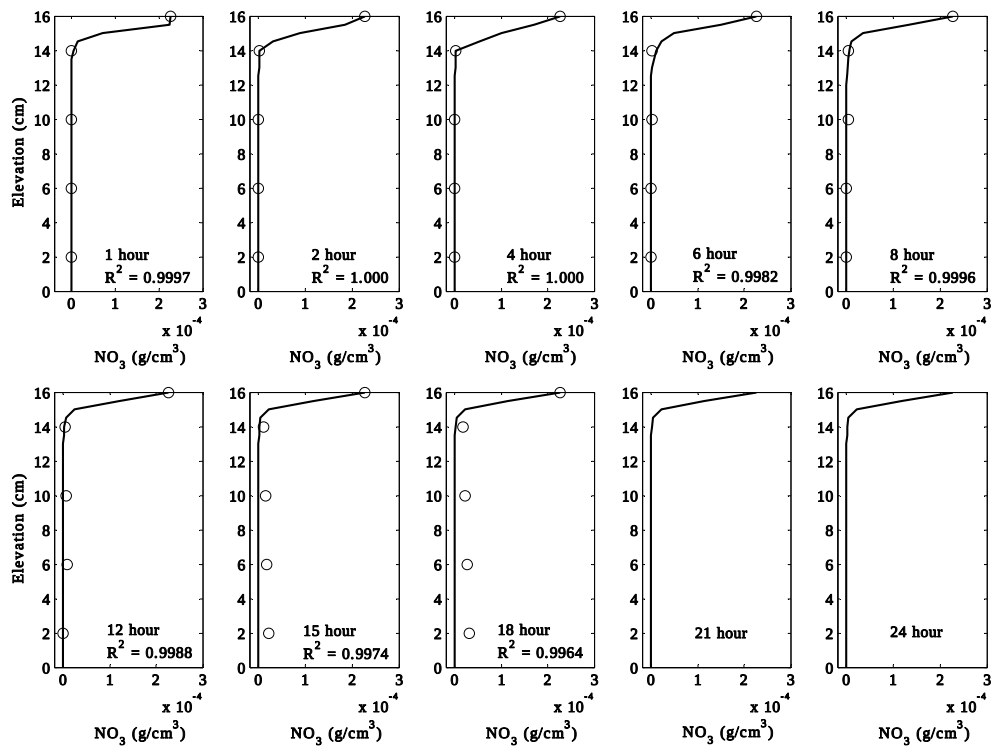
รูปที่ 1.9 โปรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (a) Nitrate, (b) Soil Organic Matter (SOM) และ (c) Soluble P หลังจากการสลายปุ๋ยคอกถูกเติมลงสู่ชั้นดิน



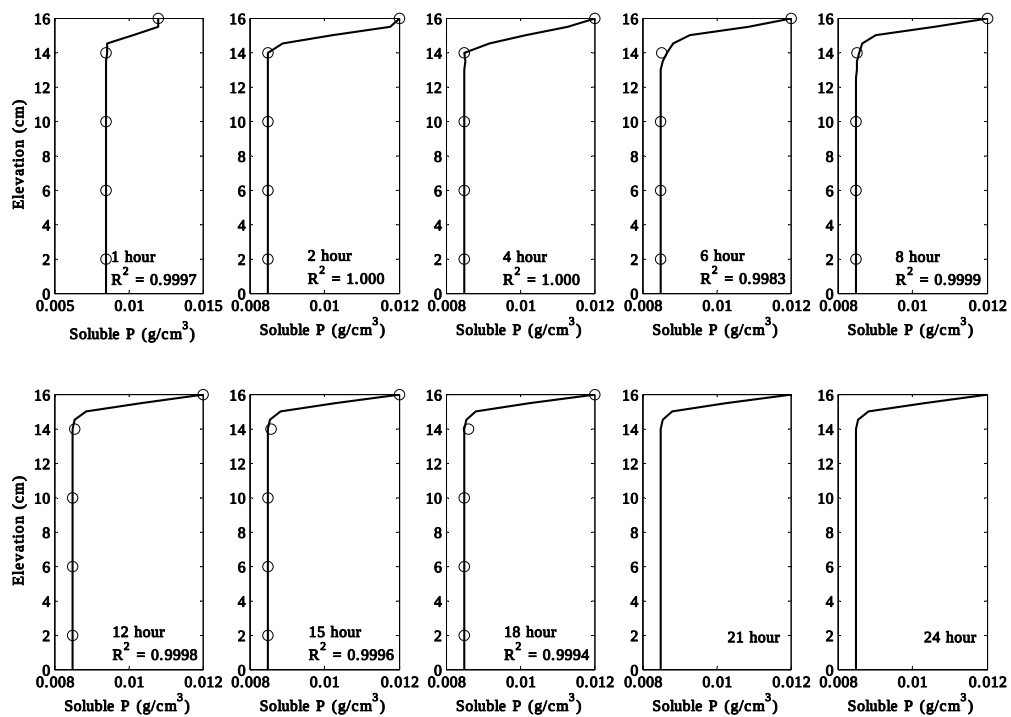
(c)

รูปที่ 1.9 (ต่อ) โพรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (a) Nitrate, (b) Soil Organic Matter (SOM) และ (c) Soluble P หลังจากการละลายปุ๋ยคอกถูกเติมลงสู่ชั้นดิน

การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารเมื่อเติมสารละลายปุ๋ยเคมีลงในดิน แบ่งการเติมออกเป็น การเติมปุ๋ยในตรง, ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยผสมรวม ผลการประเมินด้วยโปรแกรม UNSAT แสดงในรูปที่ 1.10-1.11 เมื่อประเมินการเติมปุ๋ยในตรงซึ่งเป็นปุ๋ยไนโตรเจนเชิงเดี่ยว (N-single fertiliser) และ ปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งเป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสเชิงเดี่ยว (P-single fertiliser) เทียบกับปุ๋ยผสม (Mixed N and P chemical fertiliser) พบว่าการเติมปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนและการเติมปุ๋ยผสมให้ผลการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน และปุ๋ยเชิงเดี่ยวฟอสฟอรัสก็ให้ผลการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสไม่แตกต่างจากปุ๋ยผสม จึงสามารถอนุมานได้ว่าปุ๋ยเคมีเชิงเดี่ยวต่าง ๆ ไม่มีผลการยับยั้งการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารซึ่งกันและกัน เนื่องจากปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ใช้งานนั้นไม่ทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ปุ๋ยผสมนั้นยังมีค่าพีเอชที่เป็นกรด การหน่วงการละลายของฟอสฟอรัส และไนโตรเจนจึงไม่พบ แต่อย่างไรก็ตามค่าพีเอชของสารละลายปุ๋ยเคมีที่เป็นกรด ทำให้เกิดการสูญเสียของแร่ธาตุ และสารอินทรีย์ในดินเนื่องจากค่า pH buffering ก่อนข้างสูง ทำให้ไอออนส่วนหนึ่งสูญเสียไปเพื่อการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ในขณะที่สารอินทรีย์นั้นถูกออกซิไดซ์ด้วยสารละลายปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงไป และในที่สุด pH buffering ของดินจะไม่เพียงพอต่อการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงพีเอช การใช้ปุ๋ยเคมีในระยะเวลายาวนานจะสามารถทำให้ดินเป็นกรด



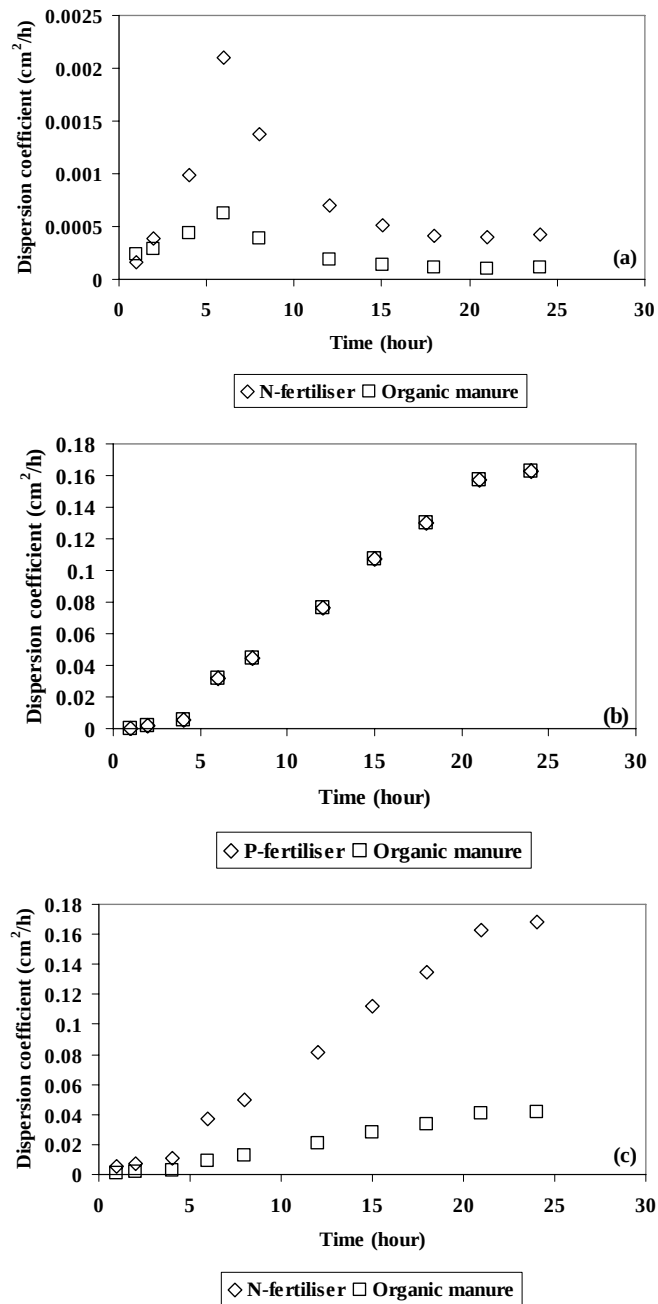
รูปที่ 1.10 โปรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนเตรท หลังจากทีสารละลายปุ๋ยเคมีไนเตรทถูกเติมลงสู่
ชั้นดิน



รูปที่ 1.11 โปรไฟล์ความเข้มข้นของธาตุอาหารฟอสฟอรัส หลังจากทีสารละลายปุ๋ยเคมีฟอสเฟตถูกเติม
ลงสู่ชั้นดิน

เมื่อเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในดิน เมื่อเติมปุ๋ยคอกจะมีการหน่วงการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารได้มากกว่าการเติมปุ๋ยเคมี ที่ระดับความลึก 1.5 และ 2.0 เซนติเมตรจากผิวดินจะพบการเกิดปฏิกิริยาการดูดซับฟอสฟอรัส เมื่อเติมปุ๋ยคอก และปุ๋ยเชิงเดี่ยวฟอสเฟต หรือปุ๋ยผสม ตามลำดับ ในขณะที่การแปรสภาพของแอมโมเนียมอออนเป็นไนเตรทนั้นจะเกิดที่ระดับความลึก 1.5 เซนติเมตรจากผิวดิน ทั้งกรณีเติมปุ๋ยคอก และปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจน หรือปุ๋ยผสม ตามลำดับ จึงสันนิษฐานว่า แอมโมเนียที่ถูกแปรสภาพเป็นไนเตรทนั้นเกิดจากกลไกทางเคมี เนื่องจากความเข้มข้นของไนเตรทนั้นลดลงตามระยะความลึกของชั้นดิน ทั้งนี้แอมโมเนียมอออนที่ปะปนในน้ำปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี อาจสูญหายไปเนื่องจากกลไกการแลกเปลี่ยนประจุบวกกับแร่ธาตุต่างๆในดิน ส่วนไนเตรทที่สูญหายไปอาจเกิดจากการดูดซับด้วยอนุภาคดิน ส่วนการเคลื่อนที่ของสารอินทรีย์ในปุ๋ยคอก พบว่า สารอินทรีย์จะสะสมที่ชั้นความลึกเพียง 0.5 เซนติเมตร ซึ่งการกักกันการเคลื่อนที่ของสารอินทรีย์อาจเกิดจากกลไกการกรอง หรือการแพร่ ซึ่งเป็นกลไกทางกายภาพที่จะทำให้สารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ตรึงบนตัวกลาง

การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่มาจากสารละลายปุ๋ยคอกผ่านชั้นดินจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่แตกต่างกัน เนื่องจากการแพร่เชิงโมเลกุล (molecular diffusion) ของธาตุอาหารเหล่านี้มีค่าแตกต่างกัน ผลการประเมินสัมประสิทธิ์การแพร่ของธาตุอาหารแสดงในรูปที่ 1.12 ความเข้มข้นของไนเตรทในสารละลายปุ๋ยเคมีที่มีค่าสูงกว่าในน้ำปุ๋ยคอก ส่งผลให้ไนเตรทที่มาจากปุ๋ยเคมีสามารถแพร่ไปด้วยกลไกการแพร่เชิงโมเลกุล ที่มีแรงขับเคลื่อนของผลต่างความเข้มข้น (hydraulic gradient) ในขณะที่การแพร่ของฟอสเฟตที่มาจากสารละลายปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตสามารถถูกหน่วงด้วยการดูดซับ จึงทำให้ฟอสเฟตที่มาจากสารละลายปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีมีการแพร่ออกไปได้ใกล้เคียงกัน แต่การแพร่ของสารอินทรีย์วัตถุในดินจะแพร่ออกไปได้กว้างหากเติมปุ๋ยไนเตรท ทั้งนี้ปุ๋ยไนเตรทอาจทำให้สารอินทรีย์ละลายออกไป เนื่องจากปุ๋ยไนเตรทมีพีเอชที่เป็นกรด ประกอบกับกลไกการแพร่เชิงโมเลกุลที่สูงกว่าในสารละลายปุ๋ยเคมี จึงทำให้สารอินทรีย์ในดินอาจสูญเสียบ่อยออกไปหากมีการเติมปุ๋ยเคมีที่มากเกินไป หรือระยะยาว นอกจากนี้ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม UNSAT ยังชี้ให้เห็นว่าไนโตรเจนในดินมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (distribution coefficient, K_d) และการหน่วง (retardation, R) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่การกักพัก (hydraulic retention time) แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในดินมีแนวโน้มที่จะถูกชะออกมาจากดินโดยเฉพาะในรูปของไนเตรท ในช่วงต้น แต่การชะจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากความเร็วในการไหลของน้ำชะผ่านช่องว่างของเม็ดดินจะลดลง ส่งผลให้การพาลดลงตามไปด้วย ในการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอก ซึ่งพบว่าปุ๋ยคอกสามารถเพิ่มความสามารถในการดูดซับของดินได้ดีกว่า ทำให้อัตราการแพร่ของธาตุอาหารที่มาจากการชะล้างของน้ำช้ากว่า ในปุ๋ยคอกมีสารอินทรีย์ที่สามารถดูดซับฟอสฟอรัส ตลอดจนแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับแอมโมเนียมอออน เพื่อรักษาสมดุลของค่าพีเอชในดิน จะช่วยชะลอการสูญเสธาตุอาหารไปกับน้ำชะ นอกจากนี้ปุ๋ยคอกจะมีค่าพีเอชที่เป็นด่างอ่อน ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากปุ๋ยคอกจึงเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าในปุ๋ยเคมี



รูปที่ 1.12 สัมประสิทธิ์การแพร่ของ (a) Nitrate, (b) Phosphate และ (c) SOM ในดิน

2. การชะลอการสูญเสียไนโตรเจนในดินด้วยการเติมเศษอาหารไขมัน

เกษตรกรอินทรีย์ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดการใช้สารเคมีฆ่าแมลง และปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยหมักถูกใช้เพื่อช่วยปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการ แต่อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้มักมีธาตุอาหารไนโตรเจน ในรูปแอมโมเนีย และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันที นอกจากนี้ไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ยังละลายน้ำได้ต่ำ ทำให้เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่มากกว่าปุ๋ยเคมี ทำให้เกิดการตกค้างของธาตุอาหาร โดยเฉพาะหลังจากเก็บเกี่ยว ไนโตรเจนที่สะสมในดินอาจถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในดิน และสะสมอยู่ในรูปไนเตรท แต่ใน

เตรทสามารถละลายน้ำได้ดี จึงสูญเสียไปกับการไหลบ่าของน้ำหรือซึมลงสู่ใต้ดินและก่อให้เกิดปัญหา ยูโทรฟิเคชัน และก่อให้เกิดโรคเด็กตัวเขียว (blue baby) การใช้อินทรีย์วัตถุมาช่วยปรับปรุงดินเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยรักษาสภาพของดิน และลดการสูญเสียไนโตรเจนในดิน เศษอาหารไขมันที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร รวมถึงร้านอาหาร และภัตตาคารต่างๆ เป็นแหล่งที่มีอินทรีย์วัตถุสูง เริ่มได้รับความสนใจในการนำมาใช้ในภาคการเกษตร Rashid และ Voroney ได้ศึกษาการใช้เศษอาหารไขมัน (Oily Food Waste, OFW) ที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง (90:1) มาใช้ในการปรับปรุงดิน พบว่าอินทรีย์คาร์บอนในดินในแปลงที่ใส่เศษอาหารไขมันมีปริมาณเพิ่มขึ้น และสามารถช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนในดินได้อีกด้วย งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเศษอาหารไขมันที่ใช้ในการปรับสภาพดิน โดยที่ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกตรึงและชะละลายไม่มีผลต่อการเพาะปลูก ตลอดจนวิเคราะห์กลไกการยับยั้งการเคลื่อนที่ของไนโตรเจนในดินที่มีการปรับสภาพด้วยเศษอาหารไขมัน

ผลการประเมินการเคลื่อนที่ของไนโตรเจนในดิน พบว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบสูงนั้นการสูญเสียไนโตรเจนจะเกิดขึ้นต่ำมาก ดังนั้นในการศึกษาทดลองในส่วนนี้จึงใช้ดินตัวอย่าง 2 แห่ง คือ ดินจากสวนผลไม้ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร และดินจากนาข้าว อ. เสลาภูมิ จ. ร้อยเอ็ด ลักษณะสมบัติของดินตัวอย่าง และเศษอาหารไขมันที่เก็บจากถังดักไขมันแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ ดินตัวอย่างจากทั้งสองแห่งมีสภาพเป็นกรด ดินจากนาข้าวจะมีทรายเป็นองค์ประกอบหลัก ปริมาณธาตุอาหารและสารอินทรีย์ในดินต่ำ ในขณะที่ดินจากสวนผลไม้จะมีสารอินทรีย์ และแร่ธาตุเป็นองค์ประกอบ ส่วนเศษอาหารไขมันมีปริมาณสารอินทรีย์ ไขมันและน้ำมัน ค่อนข้างสูง ส่วนไนโตรเจนนั้นดินและเศษอาหารไขมันมีในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเติมเศษอาหารไขมันจึงไม่สามารถเพิ่มไนโตรเจนให้ดินได้ นอกจากนี้ไขมัน และน้ำมันที่สะสมในเศษอาหารไขมันนั้นเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถเติมลงสู่ดินโดยตรง ไขมันและน้ำมันจะป้องกันการดูดกลืนน้ำ (water absorption) ของดิน จึงต้องทำการผสมดินและเศษอาหารไขมัน และนำไปบ่มเพาะ ในระยะเวลาหนึ่ง จุลินทรีย์ดินจะคุ้นเคยกับ ไขมัน และน้ำมันที่สะสมในเศษอาหาร และสามารถแปรสภาพไขมันให้เป็นสารอินทรีย์ (Organic Matter)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสมบัติของดินตัวอย่าง

Parameter	Orchard soil	Paddy soil
Physical properties:		
Particle size distribution		
>2.38 mm.	82.95	78.72
2.38-0.595 mm.	13.51	10.07
0.595-0.075 mm.	3.04	7.39
<0.075 mm.	0.46	3.81
Soil texture (%)		
Sand	38.01	76.08
Silt	31.60	20.45
Clay	30.00	3.47
Soil classification	Clay loam	Loamy sand
Hydraulic conductivity (cm/h)	0.25	0.57
Bulk density (g/cm ³)	1.20	1.54
Specific gravity	2.33	2.53
Soil water content (%)	5.09	0.63
Chemical properties:		
Soil organic matter (%)	12.0	0.76
Soil organic carbon (%)	6.96	0.44
Soil pH (1:1)	5.43	4.63
EC (1:1) μ S/cm	1200	215
Soil exchangeable cation, (meq/100g)	46.5	8.44
TKN (g/kg)	4.28	1.94
Soil hydrolysable nitrogen (g/kg)	4.12	1.84
Ammonia-nitrogen (g/kg)	0.13	0.04
Nitrate-nitrogen (g/kg)	0.10	0.02

ตารางที่ 2.2 ลักษณะสมบัติของเศษไขมันจากถังดักไขมัน

Parameter	Oily food waste
Nitrogen	
TKN (g/kg)	1.73
Total hydrolysable-nitrogen (g/kg)	1.67
Ammonia-nitrogen (g/kg)	0.49
Nitrate-nitrogen (g/kg)	0.04
Organic substances	
COD (g/kg)	3184
Organic carbon (%)	89.2
Fat oil and grease (FOG) (g/kg)	686

การผสมเศษไขมันและดินจะกำหนดไว้ที่อัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจน ในช่วง 20:1 ถึง 35:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเกษตร หากพิจารณาอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตัวอย่างจะมีค่าเท่ากับ 16:1 และ 2.3:1 สำหรับดินสวน และดินนา ตามลำดับ ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่า ดินสวนเป็นดินที่เหมาะสมต่อการเกษตร ในขณะที่ดินนานั้นมีไนโตรเจนต่ำจนไม่เหมาะสมที่จะทำการเพาะปลูก สำหรับดินตัวอย่างจะเติมเศษอาหารไขมันที่ 4, 5 และ 6.5 กรัมต่อดิน 100 กรัม และสารละลายปุ๋ยที่นำมาใช้ทดสอบประกอบด้วยปุ๋ยคอก และปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 จะนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของการตรึงธาตุอาหารไนโตรเจนของดินปรับสภาพด้วยเศษอาหารไขมัน ลักษณะสมบัติของสารละลายปุ๋ยแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ลักษณะสมบัติของสารละลายปุ๋ย

Parameters	N- fertiliser	Organic manure
TKN (g/kg)	2.02	1.61
Total hydrolysable-nitrogen (g/kg)	2.02	1.49
Ammonia-nitrogen (g/kg)	1.87	0.25
Nitrate-nitrogen (g/kg)	0.34	0.005
Organic matter (%)	0	1.70
Soluble COD (g/L)	0	5587
pH(1:1)	6.72	8.26

ในขั้นตอนแรก ทำการศึกษาระยะเวลาที่จุลินทรีย์ในดินใช้ในการแปรสภาพไขมันและไขมันที่มาจากการเติมเศษไขมันในกระบวนการบ่มเพาะในระยะเวลา 30 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ในดินย่อยสลายไขมันให้เป็นอินทรีย์วัตถุ ในการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง คือชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเศษอาหารไขมัน และชุดทดสอบที่มีการบ่มเพาะไขมัน โดยควบคุมค่าความชื้นของดินที่ 20, 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยการเติมน้ำสะอาดลงในดิน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์ที่อาศัยในดินสวนจะมีความสามารถในการแปรสภาพไขมัน และน้ำมัน ให้กลายเป็นอินทรีย์วัตถุได้ ในขณะที่จุลินทรีย์ที่อาศัยในดินนาไม่สามารถแปรสภาพไขมัน และน้ำมัน ให้เป็นอินทรีย์วัตถุ จากการวิเคราะห์สมมูลมวลพบว่า การเติมเศษอาหารไขมันผสมลงในดินช่วงระยะเวลา 2 วันแรก จะพบการว่าน้ำชะ สามารถพัฒนาไขมัน และน้ำมันบางส่วนออกจากดิน เนื่องจากไขมันและน้ำมันที่ตกในถังดักไขมันมีการปนเปื้อนด้วยสารทำความสะอาด (detergent) ซึ่งเป็นสารที่ลดแรงตึงผิวของน้ำ ทำให้ไขมันและน้ำมันที่ปะปนในน้ำเกิดเป็นอนุภาคคอลลอยด์ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมในดิน และปริมาณไขมันที่คงค้างในดิน ในกรณีดินที่ไม่ปรับเสถียรด้วยเศษอาหารไขมัน การเพิ่มความชื้นในดินจะเพิ่มการสูญเสียของสารอินทรีย์ดิน แต่การเพิ่มความชื้นเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ จะพบการสูญเสียสารอินทรีย์ในดินไม่แตกต่างจากดินที่มีความชื้นที่ 20 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าการแปรสภาพสารอินทรีย์ในดินนั้นเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ เมื่อดินมีความชื้นที่เหมาะสม จุลินทรีย์ในดินย่อมสามารถดำรงชีวิตได้ และสามารถใช้อินทรีย์คาร์บอนในกระบวนการเมตาบอลิซึมได้ สำหรับดินที่ปรับเสถียรด้วยไขมัน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเศษอาหารไขมัน

ในการปรับเสถียรดินเพิ่มขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์ในดินจะเพิ่มสูงขึ้น หลังจากผ่านการบ่มเพาะ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินลดลง และยังพบเศษอาหารไข่ม้วนที่หลงเหลืออยู่ ในกรณีที่มีความชื้นในดินต่ำ เศษอาหารไข่ม้วนที่หลงเหลือในดินค่อนข้างสูง และปริมาณสารอินทรีย์ในดินลดลงเล็กน้อย แสดงว่าจุลินทรีย์ในดินไม่สามารถไฮโดรไลซิสสารอินทรีย์คาร์บอนจากเศษอาหารไข่ม้วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีที่เพิ่มความชื้นในดินขึ้นสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ไข่ม้วนและน้ำมันจะตกค้างอยู่น้อยลง และปริมาณสารอินทรีย์ในดินจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน แสดงว่ามีการสูญเสียไข่ม้วน และน้ำมันออกจากดินส่งผลให้สารอินทรีย์ในดินมีปริมาณลดลง ที่ค่าความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ จุลินทรีย์จะแปรสภาพเศษอาหารไข่ม้วนเป็นสารอินทรีย์สูงสุด เมื่อเติมเศษอาหารไข่ม้วนลงไป 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเศษอาหารไข่ม้วนหลงเหลือต่ำที่สุด และปริมาณสารอินทรีย์ลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเศษอาหารไข่ม้วนบางส่วนนั้นเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้สารอินทรีย์ถูกแปรสภาพเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สอดคล้องกับการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่าที่ค่าความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมเศษอาหารไข่ม้วนลงไป 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ จพบพบฝ้าขาวที่ผิวหน้าของดินปรับเสถียรอย่างหนาแน่น เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า ฝ้าขาวเหล่านี้มีลักษณะคล้ายจุลินทรีย์กลุ่มเส้นใย (filamentous) หรือ รา (fungi) ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของดินปรับเสถียรด้วยเศษอาหารไข่ม้วนแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารอินทรีย์ และไข่ม้วนและน้ำมันของดินก่อน และหลังบ่มเพาะ

Incubation	Initial OM (%)	Final OM (%)	Initial FOG (g/kg)	Final FOG (g/kg)
20% moisture content				
0% OFW	12.0	11.01	0.00	0.00
4% OFW	23.0	20.02	27.0	20.4
5% OFW	28.0	24.14	34.0	28.7
6.5% OFW	36.0	32.10	45.0	41.2
40% moisture content				
0% OFW	12.0	10.92	0.00	0.00
4% OFW	23.0	22.07	27.0	18.6
5% OFW	28.0	27.32	34.0	16.4
6.5% OFW	36.0	33.28	45.0	38.8
80% moisture content				
0% OFW	12.0	10.01	0.00	0.00
4% OFW	23.0	20.01	27.0	19.3
5% OFW	28.0	23.12	34.0	18.8
6.5% OFW	36.0	28.13	45.0	33.1

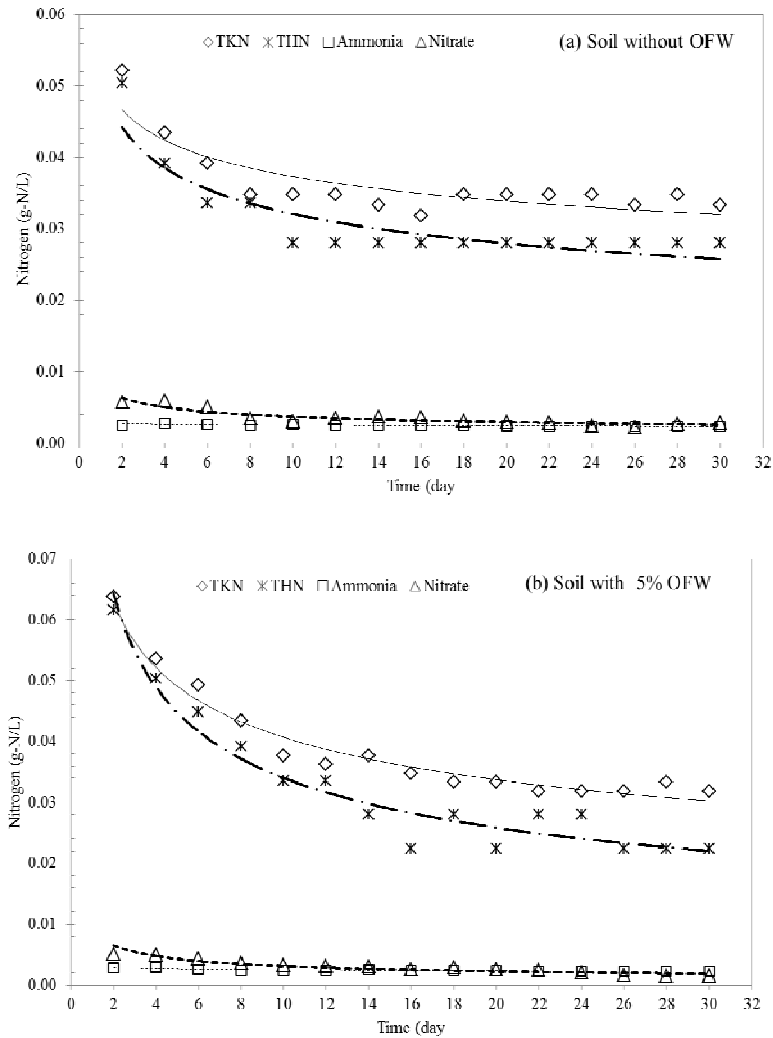
ตารางที่ 2.5 แสดงสมมูลมวลของไนโตรเจน ด้วยการวิเคราะห์เจดดาห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ในดินธรรมชาติ และดินที่ปรับเสถียร เมื่อบ่มเพาะที่ค่าความชื้นต่างๆ พบว่า ดินธรรมชาติจะสูญเสียไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นจากการชะของน้ำ เมื่อความชื้นของดินเพิ่มขึ้นจะพบการ

สูญเสียไนโตรเจนเพิ่มขึ้น สำหรับดินที่ปรับเสถียรด้วยเศษอาหารไขมัน พบว่า การเพิ่มปริมาณเศษอาหารไขมันในการปรับเสถียรดินนั้นลดปริมาณเจตาห์ลไนโตรเจนของดินลง เนื่องจากเศษอาหารไขมันนั้นมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ การเติมเศษอาหารไขมันจึงเหมือนการเจือจางไนโตรเจนเมื่อบ่มดินปรับเสถียรที่ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ จะพบการสูญเสียไนโตรเจนต่ำกว่าดินปรับเสถียรที่บ่มที่ความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่บ่มที่ความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ พบการสูญเสียไนโตรเจนต่ำที่สุด การเติมเศษอาหารไขมันที่ 5 เปอร์เซ็นต์มีการสูญเสียไนโตรเจนต่ำที่สุด

ตารางที่ 2.5 สมดุลไนโตรเจนของดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียรที่บ่มที่ความชื้นต่างๆ

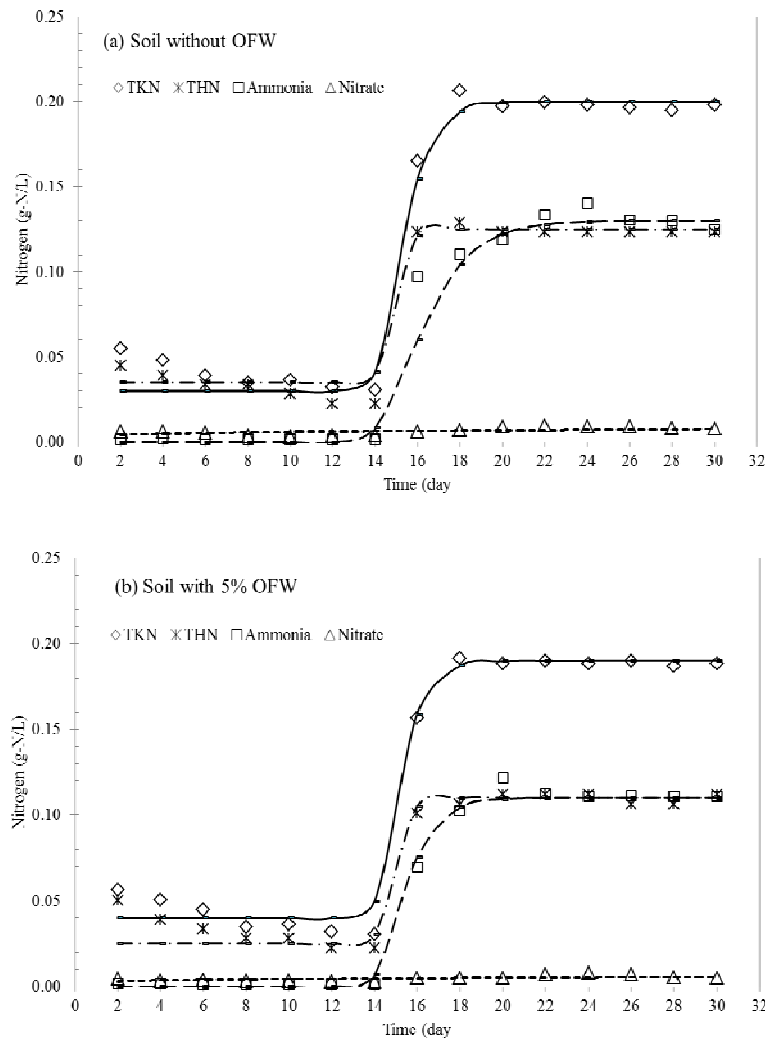
Incubation	TKN Conditioned soil (gN/kg)	TKN loss (gN/kg)	TKN remaining in soil (gN/kg)
20% moisture content			
0% OFW	1.43	0.48	0.95
4% OFW	1.48	0.63	0.85
5% OFW	1.49	0.46	1.03
6.5% OFW	1.51	0.67	0.84
40% moisture content			
0% OFW	1.43	0.52	0.90
4% OFW	1.48	0.57	0.91
5% OFW	1.49	0.41	1.08
6.5% OFW	1.51	0.50	1.01
80% moisture content			
0% OFW	1.43	0.52	0.91
4% OFW	1.48	0.70	0.78
5% OFW	1.49	0.64	0.86
6.5% OFW	1.51	0.59	0.92

เพื่อวิเคราะห์การกักเก็บและการแปรสภาพของไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียรด้วยเศษอาหารไขมัน สารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยยูเรียจึงถูกเติมลงในชั้นดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียรด้วยเศษอาหารไขมัน ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์ที่มีต่อการกักเก็บไนโตรเจน ในระยะเวลาบ่มดิน แสดงในรูปที่ 2.1 ไนโตรเจนที่สูญเสียไปในกระบวนการบ่มดิน จะสูญเสียในรูปของไนโตรเจนที่ถูกไฮโดรไลซ์ (Total Hydrolysable Nitrogen, THN) ซึ่งเป็นไนโตรเจนที่ละลายออกไปกับน้ำ แต่มีไนเตรทและแอมโมเนียสูญเสียออกไปบ้างเล็กน้อย จึงยืนยันได้ว่าการบ่มไม่ได้ก่อให้เกิดการแปรสภาพไนโตรเจนแตกต่างจากดินธรรมชาติ



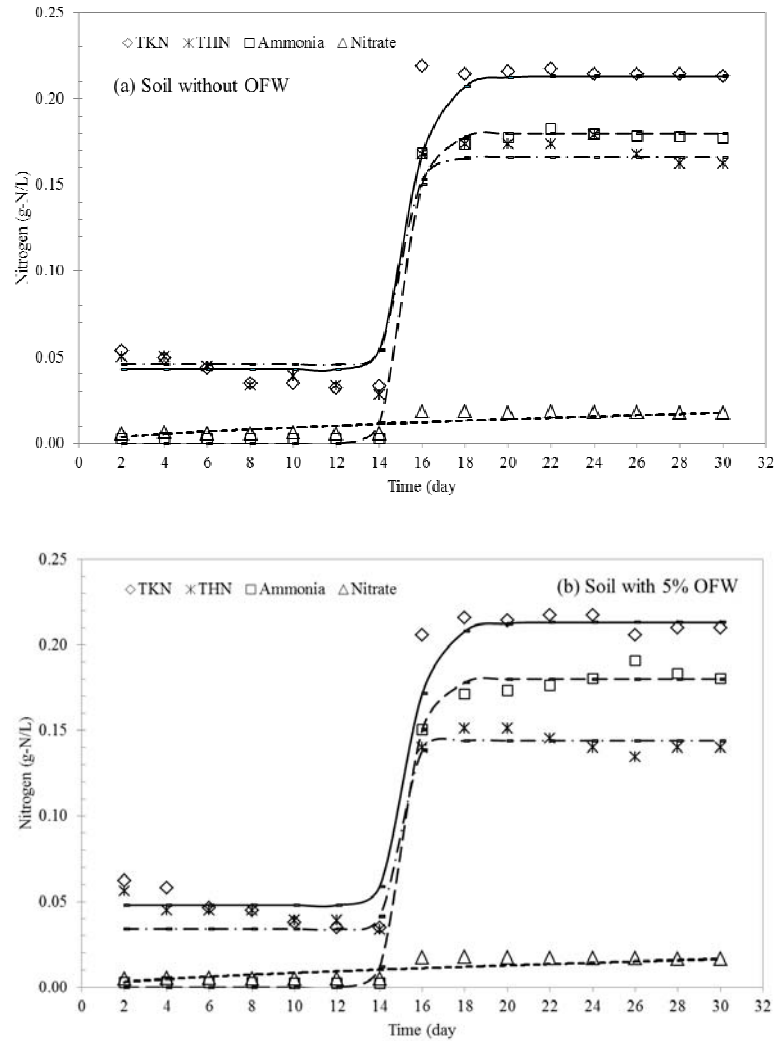
รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร ในขณะบ่ม

รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก พบว่าในกรณีที่ปนมากับน้ำชะมีปริมาณต่ำมาก ในระยะเวลาของการเติมปุ๋ยคอกประมาณ 30 วัน จะพบว่าดินตามธรรมชาติ และดินปรับเสถียร เต็มไปด้วยไนโตรเจนเจตาห์ทั้งหมด, ไนโตรเจนที่ถูกไฮโดรไลซ์ทั้งหมด และแอมโมเนีย เมื่อเปรียบเทียบการชะหน่วยธาตุอาหารไนโตรเจนระหว่างดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร พบว่า ดินปรับเสถียรสามารถหน่วงการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารไนโตรเจนได้ดีกว่าดินธรรมชาติ ดังนั้นการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจนในดินปรับเสถียรจึงต่ำกว่าดินธรรมชาติ



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร
เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก

เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยคอก การประเมินเส้นโค้งเบรคทรูของการชะสารประกอบไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยเคมี จะพบว่า ไนเตรทถูกชะออกมาพร้อมกับน้ำชะไนปริมาณเพียงเล็กน้อย ในขณะที่เจตาห์ไนโตรเจนทั้งหมด และไนโตรเจนที่ถูกไฮโดรไลซ์ พร้อมกับแอมโมเนียนั้นถูกชะออกจากดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการเติมปุ๋ยคอกกับที่เติมปุ๋ยเคมี ทั้งในดินธรรมชาติและดินปรับเสถียรจะตรวจพบการสูญเสียไนเตรทไปกับน้ำชะ สำหรับแอมโมเนีย และไนโตรเจนที่ถูกไฮโดรไลซ์ทั้งหมด ที่มาจากการเติมปุ๋ยคอกจะถูกชะออกไปได้น้อยกว่าแอมโมเนียที่มาจากการเติมปุ๋ยเคมี สันนิษฐานว่าสารอินทรีย์ในสารละลายปุ๋ยคอกสามารถหน่วงการเคลื่อนที่ของแอมโมเนีย และไนโตรเจนที่ถูกไฮโดรไลซ์ทั้งหมด เนื่องจากค่าพีเอชของสารละลายปุ๋ยเคมีค่าเป็นกรด แร่ธาตุและสารอินทรีย์ในดินจึงถูกชะออกมา เพื่อรักษาระดับพีเอชของดิน



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร
เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร ในขณะบ่ม และหลังจากเติมปุ๋ย จะเกิดจากการชะละลายเป็นกลไกหลัก การชะละลายของสารประกอบไนโตรเจนจากดินและดินปรับเสถียร สามารถอธิบายด้วย modified Gompertz model ได้ดังนี้

$$N_t = \left\{ N_{\max} \exp \left[- \exp \left(\frac{R \cdot e}{N_{\max}} [\lambda - t] + 1 \right) \right] \right\} + N_B$$

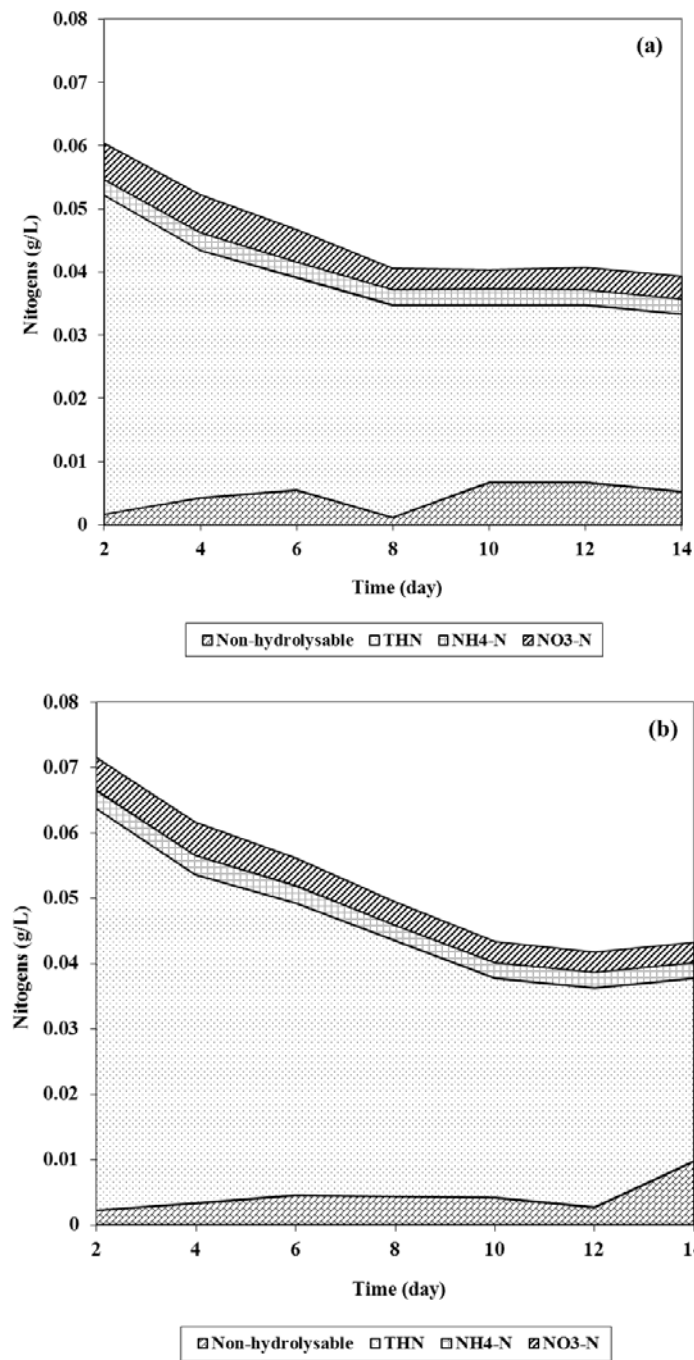
โดยที่ N_t คือ ความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในน้ำชะที่เวลาใดๆ, $N_{\max}$ คือ ความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนสูงสุดที่ปะปนมาพร้อมกับน้ำชะ และ N_B คือ ความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนที่มาจากการชะจากดิน ค่า R และ λ เป็นค่าคงที่แสดงอัตราเร็วในการเข้าสู่เวลาเบรคทู (rate constant at breakthrough time) และ เวลาเบรคทู (Breakthrough time) ตามลำดับ ตัวแปร t คือ เวลาใดๆที่พิจารณา และ e คือค่าคงที่ของออยเลอร์ (Euler constant) มีค่าเท่ากับ 2.71828

ค่าคงที่ของการชะละลายสารประกอบไนโตรเจนจากดินแสดงในตารางที่ 2.6 ดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร มีอัตราการสูญเสียสารประกอบไนโตรเจนมากกว่าหากใช้ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 2.6 สมดุลไนโตรเจนของดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียรที่บ่มที่ความชื้นต่างๆ

System	N_{max} (gN/L)	N_B (gN/L)	R (gN/d)	λ (d)
0% OFW+ Manure				
TKN	0.170	0.030	0.068	14
THN	0.090	0.035	0.070	14
NH ₄	0.130	0.000	0.030	14
5% OFW+ Manure				
TKN	0.150	0.040	0.068	14
THN	0.085	0.025	0.060	14
NH ₄	0.110	0.000	0.040	14
0% OFW+ Urea				
TKN	0.170	0.043	0.068	14
THN	0.120	0.046	0.070	14
NH ₄	0.180	0.000	0.090	14
5% OFW+ Urea				
TKN	0.165	0.048	0.068	14
THN	0.110	0.034	0.080	14
NH ₄	0.180	0.000	0.090	14

เมื่อนำดินปรับเสถียรหลังจากที่เติมปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี มาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารประกอบไนโตรเจนดิน จะพบว่าไนโตรเจนส่วนใหญ่จะกักเก็บไว้ในดินปรับสภาพ ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะสมบัติของน้ำปุ๋ยเคมี พบว่า สารละลายปุ๋ยมีแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบหลัก จึงบ่งชี้ได้ว่าดินปรับสภาพด้วยเศษอาหารไขมันนั้นไม่ได้แปรสภาพไนโตรเจนก่อนที่จะเก็บกักไว้ในดิน ประกอบกับพีเอชของสารละลายปุ๋ยเคมีที่เป็นกรด แอมโมเนีย-ไนโตรเจนจึงละลายได้ช้าลง สำหรับปุ๋ยคอกสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักในปุ๋ยจะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นไนโตรเจนในรูปที่ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้ หรือไนโตรเจนที่ไม่ละลายน้ำ แต่ไนโตรเจนที่สะสมในดินปรับสภาพจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจน สามารถอธิบายได้ว่าในดินปรับสภาพด้วยเศษอาหารไขมันจะสามารถแปรสภาพไนโตรเจนในรูปที่ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้ เป็นไนโตรเจนที่ละลายน้ำในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ดินปรับสภาพด้วยเศษอาหารไขมันจึงเป็นประโยชน์ต่อการเกษตรในแง่ที่สามารถเพิ่มการละลายของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ละลายน้ำจากปุ๋ยคอก และสามารถกักเก็บไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ในดินยังแปรสภาพไนโตรเจนส่วนหนึ่งไว้ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งอาจอนุมานได้ว่าเป็นไนโตรเจนที่สะสมในเซลล์จุลินทรีย์ ดังแสดงผลในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การแปรสภาพไนโตรเจนในดินปรับเสถียร เมื่อเติม (a) สารละลายปุ๋ยคอก และ (b) สารละลายปุ๋ยยูเรีย

3. การชะลอการสูญเสียฟอสฟอรัสในดินด้วยกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญในการเจริญของพืชรองจากธาตุอาหารไนโตรเจน พืชจะดูดซึมฟอสฟอรัส จากดินในรูปโมโนเบสิกออร์โทฟอสเฟตไอออน (monobasic orthophosphate ion, H_2PO_4^-)

เป็นส่วนใหญ่ รองลงมาอยู่ในรูปไดเบสิกออร์โทฟอสเฟตไอออน (dibasic orthophosphate ion, HPO_4^{2-}) ดินที่ใช้ในการเกษตรโดยทั่วไปมักมีฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช การเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่ดินจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในขณะที่ปุ๋ยให้ฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตที่ละลายได้ดี เมื่อใส่ลงในดินอาจถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายด้วยการตรึงฟอสเฟตทางเคมี ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในดินที่เป็นกรด และดินที่มีสภาพเป็นด่าง ประมาณ 2 ใน 3 ของปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงในดินพืชจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสจะตกผลึกในดินและส่งผลกระทบต่อสมดุลของฟอสฟอรัส ทำให้ฟอสฟอรัสในปุ๋ยละลายน้ำได้น้อยลง และการเติมปุ๋ยอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลานานทำให้ฟอสฟอรัสในรูปของสารอนินทรีย์ละลายน้ำถูกสะสมเปลี่ยนเป็นฟอสฟอรัสอินทรีย์และสะสมในเซลล์จุลินทรีย์ในดินซึ่งฟอสฟอรัสอินทรีย์นั้นสามารถละลายได้ดี ดังนั้นเมื่อจุลินทรีย์ตายลง ฟอสฟอรัสอินทรีย์จะสามารถชะละลายลงสู่แหล่งน้ำ ในพื้นที่ที่ฝนตกหนัก น้ำท่วม น้ำไหลบ่า ฟอสฟอรัสถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ และทำลายระบบนิเวศในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน การปรับปรุงสภาพดินให้สามารถตรึงฟอสฟอรัสจะสามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มาจากการเกษตร การเติมซีโอไลต์ และโดโลไมท์ เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถตรึงฟอสฟอรัสในดินได้ การอธิบายกลไกการหน่วงฟอสฟอรัสในดินปรับเสถียร และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเติมซีโอไลต์ และโดโลไมท์เพื่อลดการชะละลายฟอสฟอรัส งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์อัตราส่วนของดินและซีโอไลต์ หรือ โดโลไมท์ ที่เหมาะสมในการหน่วงฟอสฟอรัส ตลอดจนเปรียบเทียบผลของการเติมซีโอไลต์ และโดโลไมท์ ที่มีต่อการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในดิน

งานวิจัยในส่วนนี้จะทำการศึกษาการหน่วงการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในดินตัวอย่างจากสวนผลไม้ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร และดินตัวอย่างจากนาข้าว อ. เสาภูมิ จ. ร้อยเอ็ด โดยปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ให้มีค่าพีเอชในช่วง 6.0-7.0 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่มีสารประกอบฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ (Available P) สูงสุด โดยฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นี้จะพบในรูปของสารประกอบแคลเซียม-ฟอสฟอรัส (P bound to Ca) ซีโอไลต์ซึ่งจัดเป็นแร่ธาตุที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปรับเสถียร ซีโอไลต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแร่ Clinoptilolite $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_{2-3} \text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2 \text{Si}_{13} \text{O}_{36} \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$ สำหรับโดโลไมท์ที่ใช้ในการทดลองจะมีองค์ประกอบของแคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นปริมาณมาก สูตรเคมีของโดโลไมท์ คือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ลักษณะสมบัติของดินตัวอย่าง, ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ จะวิเคราะห์ด้วยวิธีที่กำหนดใน Agronomy No. 9 และ ASTM Standards สำหรับสารละลายปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองจะละลายปุ๋ยคอกแล้วกรองผ่านกระดาษ Whatman No. 1 และปุ๋ยเคมีที่ใช้คือ monopotassium phosphate (MKP) ซึ่งมีสูตร 0-52-34 โดยสารละลายปุ๋ยที่เตรียมจะมีความเข้มข้นที่ 4.75 mgP/L ลักษณะสมบัติของดิน, ซีโอไลต์ และโดโลไมท์, และสารละลายปุ๋ย แสดงในตารางที่ 3.1-3.4 การปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ และโดโลไมท์จะปรับค่าพีเอชในช่วง 6-7 ทั้งนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ปริมาณไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) ที่ต้องการ โดยวิเคราะห์จากค่าความต้องการปูน (Lime requirement) ผลการวิเคราะห์ความต้องการปูน แสดงในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติของดินตัวอย่าง

Parameters	Type of soil	
	Bangkok series (Bk)	Roi-et series (Re)
<i>Physical properties</i>		
Water content (%)	5.09	0.63
Bulk density (g/cm ³)	1.2	1.6
Hydraulic conductivity (cm/h)	0.25	0.57
Specific gravity	2.33	2.53
Particle size distribution (%)		
>2.380 mm.	78.72	82.95
0.595 - 2.380 mm.	10.07	13.51
0.075 - 0.595 mm.	7.39	3.04
<0.075 mm.	3.81	0.46
Soil texture (%)		
Sand	38.0	76.1
Silt	31.6	20.4
Clay	30.0	3.47
Soil classification	Clay loam	Loamy sand
<i>Chemical properties</i>		
Organic matter (%)	10.8	0.45
Soil pH (1:5)	5.54	4.75
EC (1:5) (μS/cm)	444	87.6
CEC (meq/100 g)	46.5	8.44
Total Phosphorus (mg-P/kg)	100	73.5
Soluble Phosphorus (mg-P/kg)	23.8	4.12
Available Phosphorus (mg-P/kg)	22.9	3.00
Available Calcium (mg-Ca/kg)	1013	325
Available Iron (mg-Fe/kg)	1.5	2.4
Exchangeable Aluminum (cmol/kg)	2.2	3.1

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติของซีโอไลต์

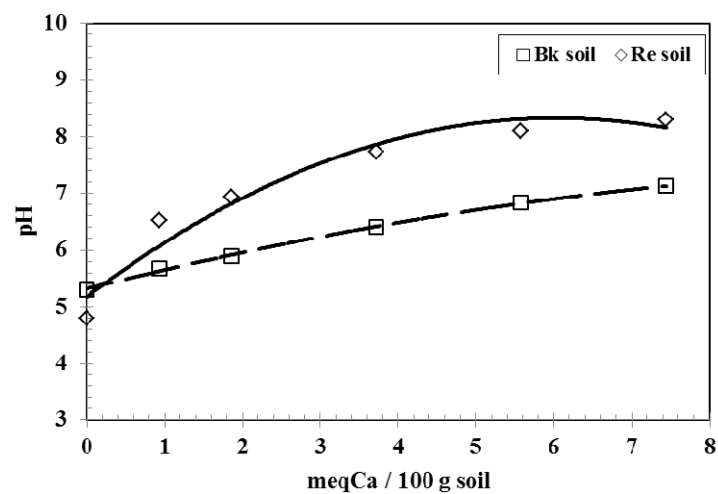
Parameters	Zeolite
pH (1:5)	7.14
EC (1:5) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	7.25
CEC (meq/100 g soil)	106.84
Organic Matter (%)	0.09
Total Phosphorus (mg-P/kg)	46.07
Soluble Phosphorus (mg-P/kg)	5.29
Available Phosphorus (mg-P/kg)	17.78
Silica (SiO_2) (%)	68.28
Alumina (Al_2O_3) (%)	12.99
Ferric oxide (Fe_2O_3) (%)	1.37
Magnesium (MgO) (%)	0.83
Calcium (CaO) (%)	2.09
Titanium (TiO_2) (%)	0.23
Manganese (MnO) (%)	0.06
Sodium (Na_2O) (%)	0.64
Potassium (K_2O) (%)	0.06
LOI (Loss of ignition) (%)	8.87

ตารางที่ 3.3 ลักษณะสมบัติของโดโลไมท์

Parameters	Dolomite
pH (1:5)	8.93
EC (1:5) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	595
CEC (meq/100 g soil)	4.18
Total Phosphorus (mg-P/kg)	13
Soluble Phosphorus (mg-P/kg)	0.62
Olsen-P (mg-P/kg)	0
Silica (SiO_2) (ppm)	0.3
Alumina (Al_2O_3) (ppm)	< 0.05
Ferric oxide (Fe_2O_3) (ppm)	0.09
Magnesium (MgO) (ppm)	21.07
Calcium (CaO) (ppm)	31.04
Cadmium (Cd) (ppm)	< 0.50
Lead (Pb) (ppm)	< 10

ตารางที่ 3.4 ลักษณะสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดสอบ

Parameters	Organic manure	MKP-fertiliser
Organic matter (%)	39.3	0
pH (1:5)	8.01	4.23
EC (1:5) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9960	806
CEC (meq/100 g soil)	41.7	-
Total Phosphorus (g-P/kg)	2.61	258
Soluble Phosphorus (g-P/kg)	2.26	253
Olsen-P (g-P/kg)	2.15	248



รูปที่ 3.1 ความต้องการปูนของดินตัวอย่างดินสวน (Bk soil) และดินนา (Re Soil)

ความต้องการปูนแสดงให้เห็นว่า การปรับพีเอชของดินเป็น 6, 6.5 และ 7 สำหรับดินสวนต้องเพิ่มแคลเซียมออกไซด์เท่ากับ 2.155, 4.079 และ 6.624 meq Ca/100 g soil และสำหรับดินนาต้องเพิ่มแคลเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.182, 1.758 และ 2.586 meq ca/100 g soil ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ที่ต้องเติมโดยใช้ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ปริมาณซีโอไลต์ และโดโลไมท์ที่ใช้เพื่อการปรับเสถียรดิน

Soil and pH	Zeolite (g/kg soil)	Dolomite (g/kg soil)
Bk soil		
6.0	33.50	0.260
6.5	63.50	0.966
7.0	103.5	2.050
Re soil		
6.0	11.5	0.966
6.5	18.4	1.518
7.0	27.2	2.484

การทดสอบการดูดซับฟอสฟอรัสของดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียร ถูกทดสอบโดยการเติมสารละลาย ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ลงในดินตัวอย่าง แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสละลายน้ำที่เหลืออยู่ใน สารละลาย จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์การดูดซับฟอสฟอรัสบนดิน ผลการวิเคราะห์ไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสของดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียรด้วยสารอัลคาไลน์ ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ สมการไอโซเทอมที่ใช้ในการอธิบายการดูดซับของฟอสฟอรัสบนดินได้แก่สมการของแลงมัวร์ และฟรอนด์ลิช ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\text{Langmuir: } C_s = Q_{\max} \left(\frac{K_d C_e}{1 + K_d C_e} \right)$$

$$\text{Freundlich: } C_s = K_f C_e^{1/n}$$

โดยที่ $Q_{\max}$ คือ ความจุในการดูดซับสูงสุด (g/g soil), K_d คือค่าคงที่การกระจาย (distribution constant) ซึ่งสัมพันธ์กับพลังงานของปฏิกิริยาการดูดซับ (L/g), C_s คือปริมาณสารที่ถูกดูดซับต่อปริมาณสารดูดซับ (g/g soil) และ C_e คือค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ภาวะสมดุล (mg/L) สำหรับ K_f คือ Freundlich sorption coefficient (mg/g) และ n คือ Freundlich exponent relating to adsorption intensity of surface heterogeneity

ตารางที่ 3.6 แสดงการดูดซับของฟอสฟอรัสบนดินธรรมชาติ พบว่าปฏิกิริยาการดูดซับของฟอสฟอรัสบนดินสวน และดินนา เข้าสู่สมดุลที่เวลา 5 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ การดูดซับฟอสฟอรัสของดินธรรมชาติสอดคล้องกับสมการการดูดซับแบบแลงมัวร์ แต่สำหรับซีโอไลต์นั้น การดูดซับฟอสฟอรัสสอดคล้องกับสมการฟรอนด์ลิช ในขณะที่โดโลไมท์นั้นสามารถละลายน้ำได้บางส่วนจึงทำให้แคลเซียมออลละลายออกมาแล้วเติมเข้าไปในสารละลายปุ๋ย ทำให้เกิดปฏิกิริยากับออลของฟอสฟอรัส แล้วตกตะกอนในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต ดังแสดงในปฏิกิริยา $Ca^{2+} + H^+ + PO_4^{3-} \longrightarrow CaHPO_4$ จึงไม่สามารถวิเคราะห์ไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสได้

ตารางที่ 3.6 ไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินธรรมชาติ และซีโอไลต์

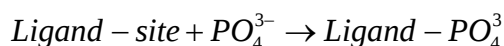
Sample/Fertiliser	Equation	R ²	Max. adsorption capacity (10 ⁻⁶ g-P/g soil)		
Bk/ Manure	Ce/Cs = 89647Ce+18364	0.7363	11.2		
Re/ Manure	Ce/Cs = 561337Ce+61226	0.9248	1.78		
Bk/ MKP	Ce/Cs = 94009Ce+22670	0.9741	10.6		
Re/ MKP	Ce/Cs = 668872Ce+61107	0.9874	1.50		
Sample/ Fertiliser	Equation	K _f	n	R ²	
Zeolite/ Manure	Cs=0.0011Ce ^{2.244}	0.0011	0.4455	0.9512	
Zeolite/MKP	Cs=0.1317Ce ^{5.632}	0.1488	0.1760	0.9665	

โดยธรรมชาติของดินสวน และดินนา สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดินธรรมชาติสามารถดูดซับฟอสฟอรัสที่มาจากปุ๋ยคอกได้ดีกว่าฟอสฟอรัสที่มาจากปุ๋ยเคมี แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ในปุ๋ยคอกอาจเป็นสารดูดซับตามธรรมชาติที่สามารถหน่วงการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสได้ ดินสวนสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีกว่าดินนา เนื่องจากดินสวนมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสูงกว่าในดินนา ดังนั้นสามารถอนุมานได้ว่า การดูดซับฟอสฟอรัสในดินธรรมชาตินั้นมาจากสารอินทรีย์ที่เป็นสารดูดซับหลัก หากดินและปุ๋ยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสูงจะสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับซีโอไลต์จะพบว่า ซีโอไลต์มีความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสสูงกว่าดินตามธรรมชาติ แต่การดูดซับนั้นอาจเกิดจากกลไกทางกายภาพ ปฏิกริยาระหว่างฟอสฟอรัสไอออนและซีโอไลต์นั้นสามารถผันกลับได้ (reversible adsorption) ซีโอไลต์สามารถดูดซับฟอสฟอรัสที่มาจากปุ๋ยเคมีได้ดีกว่าฟอสฟอรัสที่มาจากปุ๋ยคอก เนื่องจากปุ๋ยเคมีมีค่าพีเอชที่เป็นกรด จึงสามารถละลายแคลเซียมไอออนจากซีโอไลต์ได้ดี ทำให้เกิดการสร้างสารประกอบระหว่างแคลเซียมกับฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับ (sorped P) นั้นไม่เสถียร สามารถแปรผันไปเป็นฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ (soluble P) ขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของดิน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความสามารถของการดูดซับฟอสฟอรัสในดินธรรมชาติและดินปรับเสถียร จึงทำการวิเคราะห์ไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสในดินธรรมชาติด้วยสมการไอโซเทอมของฟรอนดลิช การดูดซับของฟอสฟอรัสบนดินที่ปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์แสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การดูดซับฟอสฟอรัสบนดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์

Bk soil/ Manure	Equation	Re soil/ Manure	Equation
Natural	$C_s = 0.00017C_e^{0.496}$ $R^2 = 0.9764$	Natural	$C_s = 0.00021C_e^{0.565}$ $R^2 = 0.9760$
pH 6.0	$C_s = 0.0012C_e^{2.121}$ $R^2 = 0.9640$	pH 6.0	$C_s = 0.0002C_e^{0.702}$ $R^2 = 0.9194$
pH 6.5	$C_s = 0.0022C_e^{4.443}$ $R^2 = 0.9600$	pH 6.5	$C_s = 0.00007C_e^{0.720}$ $R^2 = 0.8701$
pH 7.0	$C_s = 0.0020C_e^{2.486}$ $R^2 = 0.9522$	pH 7.0	$C_s = 0.0001C_e^{0.467}$ $R^2 = 0.8527$
Bk soil/MKP	Equation	Re soil/MKP	Equation
Natural	$C_s = 0.00011C_e^{0.579}$ $R^2 = 0.9700$	Natural	$C_s = 0.00033C_e^{0.683}$ $R^2 = 0.9761$
pH 6.0	$C_s = 0.0007C_e^{1.238}$ $R^2 = 0.9310$	pH 6.0	$C_s = 0.0002C_e^{0.466}$ $R^2 = 0.9357$
pH 6.5	$C_s = 0.0806C_e^{5.599}$ $R^2 = 0.9456$	pH 6.5	$C_s = 0.001C_e^{0.872}$ $R^2 = 0.9279$
pH 7.0	$C_s = 0.0011C_e^{2.859}$ $R^2 = 0.9456$	pH 7.0	$C_s = 0.001C_e^{0.872}$ $R^2 = 0.9279$

การดูดซับฟอสฟอรัสบนดินปรับเสถียรนั้นสามารถอธิบายด้วยสมการของฟรอนดลิช แสดงว่าการดูดซับของฟอสฟอรัสในดินปรับเสถียรนั้นเป็นการดูดซับทางกายภาพ โดยที่ซีโอไลต์เป็นสารดูดซับหลัก และเกิดการดูดซับฟอสฟอรัสนั้นทุติยภูมิ (Secondary adsorption) ดังแสดงในสมการ



การดูดซับของฟอสฟอรัสบนดินส่วนที่ปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์จะสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้นเมื่อดินปรับเสถียรมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.5 และ 7.0 แต่ที่พีเอชเท่ากับ 6.5 มีอัตราการดูดซับของฟอสฟอรัสที่ช้ากว่าที่พีเอช 7.0 ดังนั้นจึงค่าพีเอชที่ 7.0 จึงเหมาะต่อการปรับเสถียรดินส่วน สำหรับดินนาการเติมซีโอไลต์ไม่สามารถเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสได้อย่างมีนัยสำคัญ การดูดซับฟอสฟอรัสในดินที่ปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์จะเกิดขึ้นรวดเร็วเมื่อเติมปุ๋ยเคมีลงในดิน

ตารางที่ 3.8 แสดงไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินธรรมชาติ และดินปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์

ตารางที่ 3.8 การดูดซับฟอสฟอรัสบนดินปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์

Sample	Equation	R ²	Max. adsorption capacity (10 ⁻⁶ g-P/g soil)
Bk soil with manure			
Natural soil	Ce/Cs = 89647Ce+18364	0.7363	11.2
Stabilised at pH 6.0	Ce/Cs = 63797Ce+7496	0.9741	15.6
Stabilised at pH 6.5	Ce/Cs = 69709Ce+8141	0.9741	14.5
Stabilised at pH 7.0	Ce/Cs = 79898Ce+9690	0.9874	12.5
Re soil with manure			
Natural soil	Ce/Cs = 561337Ce+61226	0.9248	1.78
Stabilised at pH 6.0	Ce/Cs = 411757Ce+68428	0.9994	2.43
Stabilised at pH 6.5	Ce/Cs = 321698Ce+60898	0.9544	3.11
Stabilised at pH 7.0	Ce/Cs = 370364Ce+63474	0.9684	2.71
Bk soil with MKP-fertiliser			
Natural soil	Ce/Cs = 94009Ce+22670	0.9255	10.6
Stabilised at pH 6.0	Ce/Cs = 68864Ce+11810	0.9539	14.5
Stabilised at pH 6.5	Ce/Cs = 75242Ce+12466	0.9987	13.3
Stabilised at pH 7.0	Ce/Cs = 90258Ce+14954	0.8183	11.1
Re soil with MKP-fertiliser			
Natural soil	Ce/Cs = 668872Ce+61107	0.9905	1.50
Stabilised at pH 6.0	Ce/Cs = 481323Ce+77986	0.9580	2.07
Stabilised at pH 6.5	Ce/Cs = 455191Ce+70416	0.7345	2.20
Stabilised at pH 7.0	Ce/Cs = 473951Ce+94665	0.8103	2.12

การดูดซับฟอสฟอรัสบนดินธรรมชาติและดินปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์สามารถอธิบายด้วยสมการไอโซเทอมของแลงมัวร์ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสารอินทรีย์ในดินเป็นสารดูดซับหลักในการหน่วงฟอสฟอรัสในดิน การปรับพีเอชของดินสวนด้วยโดโลไมท์ที่ 6.5 และ 6.0 เหมาะสมกับการดูดซับฟอสฟอรัส เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ สำหรับดินนาที่ปรับพีเอชที่ 6.5 จะเหมาะสมกับการตรึงฟอสฟอรัสที่มาจากสารละลายปุ๋ยทั้งสองชนิด ผลการทดสอบไอโซเทอมแสดงให้เห็นว่าการปรับเสถียรดินสวนด้วยโดโลไมท์ที่พีเอช 6.0 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด แต่การปรับเสถียรดินนาด้วยโดโลไมท์นั้นไม่แสดงผลการดูดซับฟอสฟอรัสแตกต่างจากดินธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ

เพื่อเปรียบเทียบความจุของการดูดซับฟอสฟอรัสในดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ และโดโลไมท์ จึงทดสอบหาเวลาเบรคทROUGHของดินปรับเสถียร โดยทำการทดลองในคอลัมน์ดิน เนื่องจากดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์นั้นมีการดูดซับแบบผันกลับได้จึงใช้สมการของ Adams-Bohart ในการอธิบายผล แต่ดินปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์นั้นมีการดูดซับทางเคมีซึ่งการดูดซับจะเกิดขึ้นจนกว่าสารดูดซับจะเต็ม การวิเคราะห์เวลาเบรคทROUGHจึงเหมาะกับสมการของ Thomas สมการการดูดซับของดินในคอลัมน์สามารถอธิบายได้ดังนี้

Thomas:

$$\frac{C_e}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp\left(k \left[\frac{Q_{\max} M - C_0 V}{Q} \right] \right)}$$

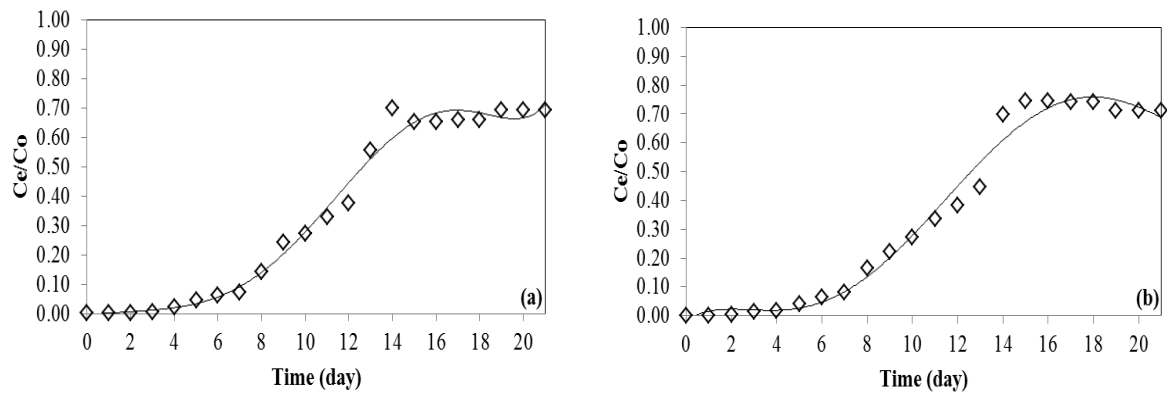
โดยที่ C_e คือความเข้มข้นของน้ำออก (mg/L), C_0 คือ ความเข้มข้นของน้ำเข้า (mg/L), k คือ rate constant (L/mg-hour), $Q_{\max}$ คือ ความจุในการดูดซับสูงสุด (mg/mg), M คือ มวลของสารดูดซับ (mg), V คือ throughput volume (L) และ Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (L/h)

Adams-Bohart:

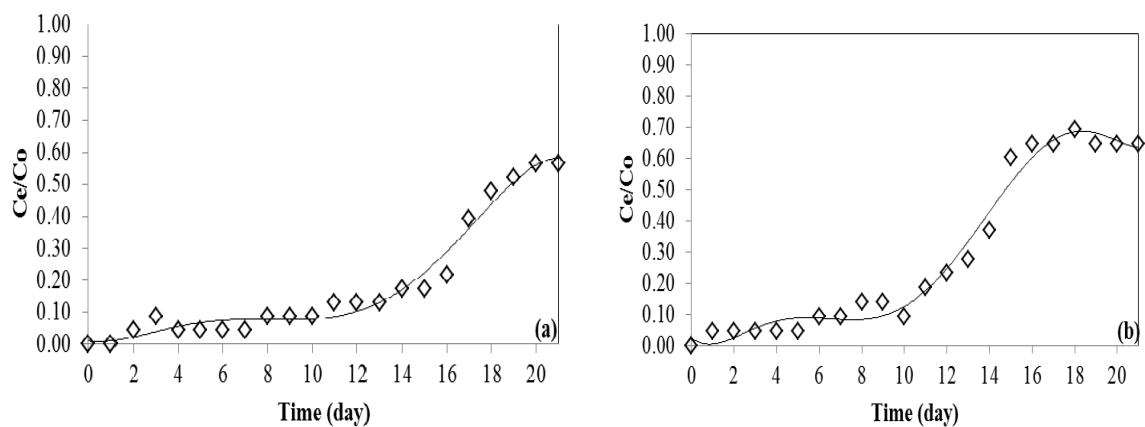
$$\frac{C_e}{C_0} = \exp\left(K_A C_0 t - K_A N_0 \frac{z}{q}\right)$$

โดยที่ K_A คือ rate constant of Adams-Bohart model (1/mg-h), z คือ bed depth (cm), N_0 คือ ค่าความจุดูดซับสูงสุดโดยปริมาตรของสารดูดซับที่บรรจุในคอลัมน์ (volume of adsorbent column) (mg/L) และ q คือ ความเร็วเชิงเส้น (linear velocity) ของ throughput (cm/h)

เบรคทROUGHของคอลัมน์ดินสวนธรรมชาติ เมื่อเติมสารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี แสดงในรูปที่ 3.2 และเบรคทROUGHของคอลัมน์ดินสวนที่ปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ที่เติมสารละลายปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินสวนธรรมชาติที่เติมสารละลาย (a) บวบ และ (b) บวบเค็ม



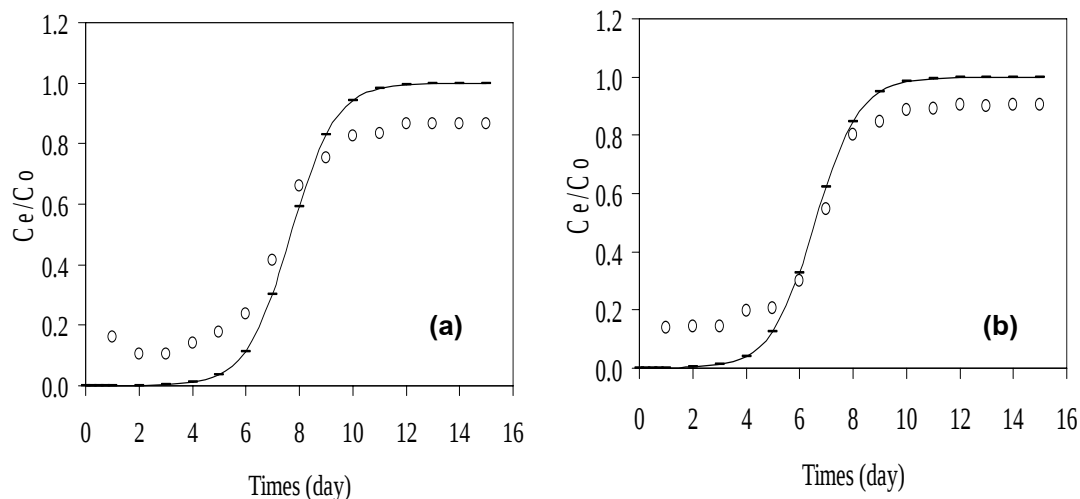
รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินสวนปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ที่เติมสารละลาย (a) บวบ และ (b) บวบเค็ม

ค่า C_e/C_0 จะแสดงค่าสัดส่วนของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำที่ผ่านการชะ ต่อหน้าเข้า การทดสอบพบว่าค่า C_e/C_0 ของการทดสอบในดินธรรมชาติจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.8 แสดงว่าดินตัวอย่างที่บรรจุในคอลัมน์อาจไม่ได้ดูดซับฟอสฟอรัสได้ทั้งหมด จึงมีพื้นที่ผิวของดินว่างอยู่บางส่วน ในขณะที่ดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ มีค่า C_e/C_0 เพียง 0.55 และ 0.60 เมื่อเติมสารละลายบวบ และบวบเค็ม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ผิวของซีโอไลต์ยังว่างพอที่จะตรึงฟอสฟอรัสได้เพิ่ม และฟอสฟอรัสที่ตรึงบนซีโอไลต์ยังก่อให้เกิดการดูดซับขั้นทุติยภูมิ ทำให้ไม่พบการเสื่อม (exhaustion) ของดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ เมื่อทำการวิเคราะห์เบรคทูธของคอลัมน์ดินสวนธรรมชาติ และปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ด้วยสมการของ Adams-Bohart จะได้ค่าคงที่จลนพลศาสตร์ของการดูดซับฟอสฟอรัสในคอลัมน์ดิน ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ค่าคงที่ของการดูดซับฟอสฟอรัสในคอลัมน์ดินสวนธรรมชาติและปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์

Sample/fertiliser	Equation	R ²	K _A (mL/h-mgP)	N ₀ (mgP/L)
Natural soil/Manure	$\ln(C_e / C_0) = \exp(0.020t - 6.009)$	0.948	0.0042	0.3547
Natural soil/MKP	$\ln(C_e / C_0) = \exp(0.018t - 5.958)$	0.932	0.0046	0.3238
Stabilised soil/Manure	$\ln(C_e / C_0) = \exp(0.008t - 3.563)$	0.980	0.0022	0.4331
Stabilised soil/MKP	$\ln(C_e / C_0) = \exp(0.006t - 3.786)$	0.955	0.0029	0.3244

สำหรับเบรคทูรของคอลัมน์ดินสวนที่ปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์ แสดงในรูปที่ 3.4 และผลการวิเคราะห์ค่าคงที่จลนพลศาสตร์ของดินสวนธรรมชาติ และดินสวนปรับเสถียรด้วยสมการของ Thomas แสดงในตารางที่ 3.10 เช่นเดียวกับการปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ C_e/C_0 ของดินปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์มีค่าสูงสุดที่ 0.82 และ 0.85 เมื่อมีการเติมปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการดูดซับของฟอสฟอรัสบนดินสวนปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์อาจเกิดการดูดซับชั้นปฐมภูมิเป็นหลัก ทั้งนี้โดโลไมท์เติมลงไปเพื่อปรับเสถียรอาจไม่สามารถเติมแคลเซียมอออนในดินปรับเสถียรได้ เนื่องจากค่าพีเอชของสารละลายปุ๋ยยังอาจไม่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการจ่ายแคลเซียมอออนจากโดโลไมท์ และโดโลไมท์นั้นมีลักษณะเป็นผง (powder) ที่สามารถละลายได้ การสูญเสียโดโลไมท์ไปพร้อมกับน้ำชะ ก็อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของการดูดซับของดินปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์ลดลง จากการวิเคราะห์เส้นโค้งเบรคทูร (breakthrough curve) พบว่าการปรับเสถียรดินด้วยซีโอไลต์จะสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีกว่าโดโลไมท์ และการดูดซับบนดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์จะเกิดทั้งการดูดซับแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ

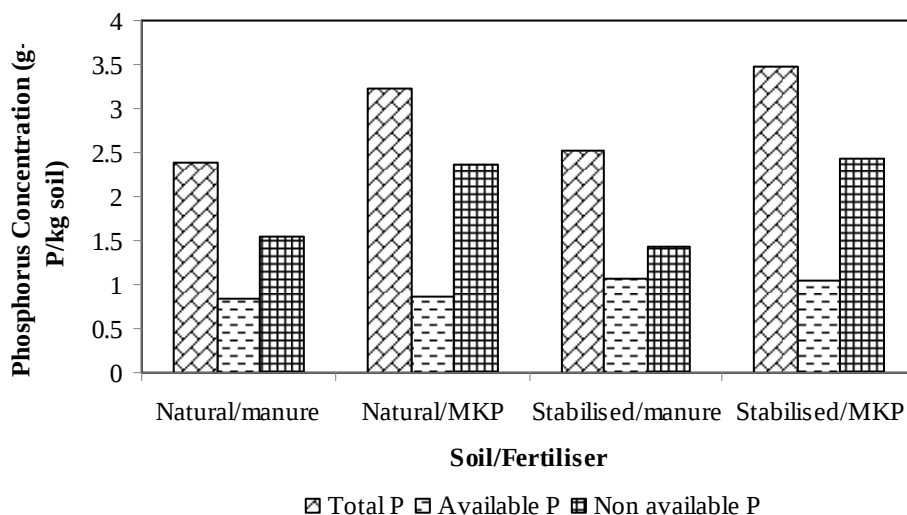


รูปที่ 3.4 เบรคทูรของการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินสวนปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์ที่เติมสารละลาย (a) ปุ๋ยคอก และ (b) ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 3.10 ค่าคงที่ของการดูดซับฟอสฟอรัสในคอลัมน์ดินสวนธรรมชาติและปรับเสถียรด้วยโดโลไมท์

Sample/fertiliser	Equation	R ²	k (mL/mg-d)	Q _{max} (mgP/mg)
Natural soil/Manure	$\ln([C_e / C_0] - 1) = (2.908m / Q) - (0.0016C_0V / Q)$	0.921	0.0016	1.09×10^{-6}
Natural soil/MKP	$\ln([C_e / C_0] - 1) = (2.512m / Q) - (0.0016C_0V / Q)$	0.890	0.0016	1.05×10^{-6}
Stabilised soil/Manure	$\ln([C_e / C_0] - 1) = (2.907m / Q) - (0.0015C_0V / Q)$	0.924	0.0015	1.03×10^{-5}
Stabilised soil/MKP	$\ln([C_e / C_0] - 1) = (2.414m / Q) - (0.0015C_0V / Q)$	0.887	0.0015	1.07×10^{-6}

การวิเคราะห์ลำดับส่วนเพื่ออธิบายรูปแบบของฟอสฟอรัสที่เก็บกักในดินสวน และดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์ แสดงในรูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์สามารถยืนยันได้ว่าดินธรรมชาติมีสารอินทรีย์ที่สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ และฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะถูกแปรสภาพเป็นฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายน้ำ และพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ยิ่งใช้ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายน้ำจะถูกเก็บกักได้มาก ซึ่งแสดงว่ามีการสร้างสารประกอบระหว่างสารอินทรีย์และฟอสฟอรัส หรือแคลเซียมอออนในดินซึ่งทำหน้าที่เป็น pH buffer ถูกละลายออกมาเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในดินแล้วเกิดสารประกอบแคลเซียม-ฟอสฟอรัส ซึ่งการละลายของแคลเซียมอออนจะถูกกระตุ้นได้ดีเมื่อปุ๋ยที่ใช้มีสภาพเป็นกรด ในขณะที่ดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์เมื่อเติมปุ๋ยคอก พบการกักเก็บฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้และพืชใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณสูงขึ้น สำหรับดินปรับเสถียรด้วยซีโอไลต์เมื่อเติมปุ๋ยเคมีลงไปจะพบว่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้และพืชใช้ประโยชน์ได้ ในปริมาณสูงขึ้น



รูปที่ 3.5 รูปแบบของฟอสฟอรัสที่เก็บกักในดินสวน และดินสวนปรับสภาพด้วยซีโอไลต์

การปรับเสถียรดินเพื่อกักเก็บฟอสฟอรัสโดยใช้สารอัลคาไลน์ ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ พบว่า ในธรรมชาติ ฟอสฟอรัสจะถูกดูดซับบนดินได้บ้าง เมื่อดินและปุ๋ยที่ใช้มีสารอินทรีย์อย่างอุดมสมบูรณ์ ความจุของการดูดซับฟอสฟอรัสนั้นจะสามารถเพิ่มด้วยการปรับเสถียรด้วยสารอัลคาไลน์ที่ที่แคลเซียมมีออนเป็นองค์ประกอบ โดยที่ค่าพีเอชของดินปรับเสถียรที่สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีจะอยู่ในช่วง 6-7 การดูดซับระหว่างแคลเซียมและฟอสฟอรัสจะเกิดขึ้นเมื่อสามารถกระตุ้นการละลายของแคลเซียมมีออนจากสารปรับเสถียรอัลคาไลน์ ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ สารปรับเสถียรอัลคาไลน์ช่วยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสเมื่อดินมีสภาพเป็นกรดอ่อน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีอาจกระตุ้นให้เกิดการละลายของแคลเซียมมีออนได้ แต่การเติมปุ๋ยเคมีก็สามารถละลายสารอินทรีย์ในดินได้ด้วย กลไกการดูดซับที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยเคมีจะเกิดขึ้นทั้งกลไกขั้นปฐมภูมิ (primary) ด้วยสารอินทรีย์ และขั้นทุติยภูมิ (secondary) ด้วยแคลเซียมมีออน สำหรับการใส่ปุ๋ยคอกจะเกิดกลไกขั้นปฐมภูมิเป็นหลัก

4. การพัฒนาดินชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญของพืช แต่ฟอสฟอรัสนั้นเป็นธาตุอาหารที่พบในแร่ธาตุ เนื่องจากฟอสฟอรัสนั้นมีสถานะเป็นสารละลาย และของแข็ง ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การปรับปรุงดินอาจช่วยลดการสูญเสียฟอสฟอรัสได้บางส่วน การดูดซับฟอสฟอรัสนั้นอาจทำให้ดินสูญเสียสารอินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสังเคราะห์ดินจากตะกอนจุลินทรีย์ (sludge) จากระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเซลล์จุลินทรีย์นั้นอุดมด้วยสารอินทรีย์ และธาตุอาหารโดยเฉพาะฟอสฟอรัส เพื่อให้ดินสังเคราะห์สามารถใช้ทดแทนดินตามธรรมชาติ และใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเพื่อใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี ตลอดจนพัฒนาให้เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสละลายช้า (Slow releasing fertiliser) จำเป็นที่จะต้องประเมินอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุอัลคาไลน์และกากตะกอนน้ำเสียเพื่อการกักเก็บธาตุฟอสฟอรัสในดิน

ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนำมาจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง (DD) และรัตนโกสินทร์ (RT) วัสดุอัลคาไลน์ที่ใช้ในการปรับเสถียรคือ ปูนขาวและเถ้าลอย สำหรับปุ๋ยที่ใช้ในการศึกษาคือปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี Monopotassium Phosphate (MKP) ที่มีสูตร 0-52-26 ลักษณะสมบัติของตะกอนจุลินทรีย์ สารปรับเสถียรอัลคาไลน์ และปุ๋ย แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของตะกอนจุลินทรีย์ และสารปรับเสถียรอัลคาไลน์

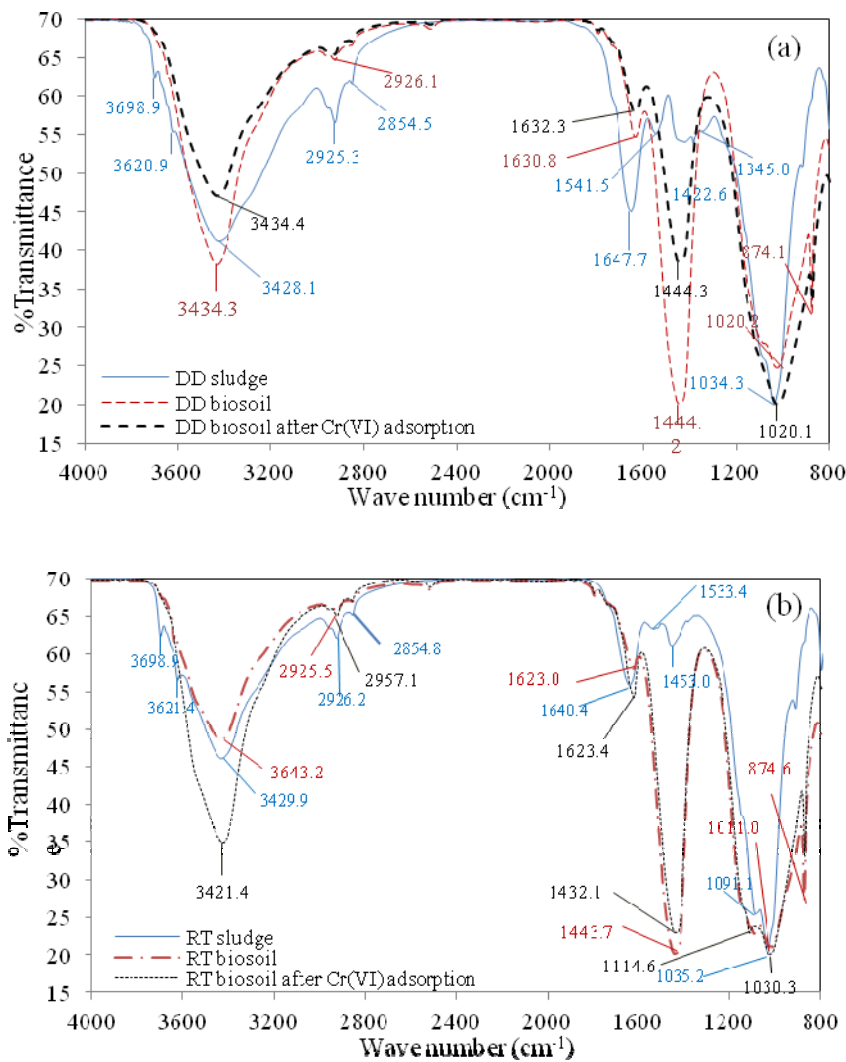
Parameters	Sewage sludge		Alkaline substance		Fertiliser	
	DD	RT	Lime	Fly ash	MKP	Manure
pH (1:5)	6.45	5.86	12.4	11.4	4.2	8.0
Total P (mg-P/kg)	13262	13208	0	326	257630	2610
Soluble P (mg-P/kg)	0	0	0	0	185410	230
Olsen P (mg-P/kg)	0	0	0	152	247610	2110
Organic Matter, OM (%)	17.3	11.6	0	0	0	39.3

สารปรับอัลคาไลน์จะผสมจากปูนขาว และเถ้าลอยในอัตราส่วน 1:7 และ 1:5 สารปรับอัลคาไลน์ถูกผสมกับกากตะกอนในอัตราส่วนต่างๆเพื่อปรับค่าพีเอชดินให้มีค่าเท่ากับ 12 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง อัตราส่วนที่เหมาะสมของกากตะกอนต่ออัลคาไลน์เท่ากับ 60:40 และ 70:30 สำหรับกากตะกอนดินแดงและรัตนโกสินทร์ตามลำดับ กากตะกอนหลังจากปรับเสถียรด้วยอัลคาไลน์แล้วจัดเป็นดินชีวภาพ class A ลักษณะสมบัติของดินชีวภาพ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติของดินชีวภาพ

Parameters	Source of biosoil	
	DD	RT
Physical properties		
Water content (%)	33.89	19.81
Bulk density (g/cm ³)	0.8303	0.8918
Hydraulic conductivity (cm/sec)	0.00142	0.00034
Particle size (mm)	<2	<2
Chemical properties		
Organic matter (%)	6.53	5.47
Soil pH (1:5)	12	12
EC (1:5) (μS/cm)	5.34	6.98
CEC (meq/100 g)	1.48	3.53
Available nitrogen (mg-N/kg)	0	0
Total Phosphorus (mg-P/kg)	3360	1712
Soluble Phosphorus (mg-P/kg)	0	0
Olsen-P (mg-P/kg)	0	0

การเติมสารอัลคาไลน์สามารถลดความชื้นของตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปูนขาวสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำในเซลล์จุลินทรีย์ แล้วเกิดสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ ดังสมการ $Ca(OH)_2 + H_2O \longrightarrow CaO + Heat$ เมื่อตรวจสอบลักษณะสมบัติของตะกอนจุลินทรีย์ และดินชีวภาพด้วยเทคนิค FI-IR พบว่าหมู่ฟังก์ชันของตะกอนจุลินทรีย์ก่อนและหลังเติมสารอัลคาไลน์ ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์แสดงรูปที่ 4.1 เพื่อให้ทราบกลไกของการปรับเสถียรอัลคาไลน์ที่มีต่อโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนในตะกอนจุลินทรีย์จึงทำการเติมสารละลายโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ซึ่งเป็นโลหะหนักที่อาจพบในตะกอนจุลินทรีย์ โดยสารละลายโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ที่ใช้จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 1.0



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของตะกอนจุลินทรีย์ และดินชีวภาพ (a) DD และ (b) RT

ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR spectra ของตะกอนจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง (DD) และรัตนโกสินทร์ (RT) สามารถระบุได้ว่าตะกอนจุลินทรีย์ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน O-H และ NH₂ stretching, CH₂(Aliphatic C-H), C=O and C-N stretching, C-N of peptidic bond of proteins, phenolic O-H และ C=O stretching of carboxylates, และ C-O-C และ OH of polysaccharides หมู่ฟังก์ชันที่อยู่บนตะกอนจุลินทรีย์แสดงองค์ประกอบของโปรตีน ไขมัน extra cellular polysaccharides, nucleic acids, cell wall compositions และสารประกอบในนิวเคลียส บ่งชี้ว่า จุลินทรีย์มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก ผลการวิเคราะห์ FT-IR spectra ยังอธิบายว่าหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้เป็นกลุ่มของฟังก์ชันที่แตกตัวเป็นไอออนอิสระ (ionisable functional group) ประจุบวกที่อยู่บนหมู่ฟังก์ชันนี้สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตอน หรือประจุบวกที่อยู่สารละลาย หลังจากปรับเสถียร ตะกอนจุลินทรีย์ด้วยสารอัลคาไลน์ พบว่า ดินชีวภาพ DD จะมีหมู่ฟังก์ชัน O-H และ NH₂ stretching, Aliphatic CH₂, และ C=O, C-N stretching เกิดขึ้น ค่ายอด (peak) ของมุมเคลื่อนไปจากเดิมเล็กน้อย ใน

หมู่ฟังก์ชัน stretching of O-H และ C=O bonds ทั้งนี้สันนิษฐานว่า amide (I) group ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับสารอัลคาไลน์ สามารถจ่าย carboxylate ion และ ammonia สู่ดินชีวภาพ เมื่อดินชีวภาพ DD เสื่อมสภาพ (exhaust) ผลของ FT-IR spectrum จะกว้างเนื่องจากการดูดซับโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ (Cr(VI) adsorption) หมู่ฟังก์ชันของ O-H และ NH₂ stretching, C=O, C-N และ C=O, O-H จะลดต่ำลง เนื่องจากโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ทำปฏิกิริยากับ carboxyl group นอกจากนี้หมู่ฟังก์ชัน amide(I), และ hydroxyl ก็ทำปฏิกิริยากับโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ด้วยเช่นกัน

สำหรับตะกอนจุลินทรีย์ RT จะพบยอดของมุมต่างๆ สูงกว่าในตะกอนจุลินทรีย์ DD โดยเฉพาะ carboxyl group ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกระบวนการไฮโดรไลซิสของ amide(I) group ในกรณีที่ดินชีวภาพ RT เพิ่มความจุของการดูดซับแล้ว หมู่ฟังก์ชันที่พบจะประกอบด้วย phenolic -OH และ -C = O stretching of carboxylates ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาการดูดซับโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ ดินชีวภาพ RT สามารถดูดซับโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์บนหมู่ฟังก์ชัน carboxyl group และ O-H และ NH stretching การแปรสภาพของโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ไปเป็นโครเมียมไตรวาเลนซ์ Cr(III) จะเกิดในดินชีวภาพที่มีค่าพีเอชเป็นด่าง โครเมียมจะสามารถเกิดสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำในรูปของโครเมียมไตรออกไซด์ได้ (Cr(OH)₃) จึงกล่าวได้ว่าดินชีวภาพนั้นสามารถลดการชะละลายโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนในตะกอนจุลินทรีย์ได้ จึงปลอดภัยต่อการนำไปใช้เพาะปลูก

การตรวจสอบการกักเก็บของธาตุฟอสฟอรัสสำหรับดินชีวภาพใช้วิธีการหาไอโซเทอม เมื่อเติมปุ๋ยเคมี การดูดซับของฟอสฟอรัสในดินชีวภาพดินแดงและรัตนโกสินทร์เข้าสู่สมดุลภายในเวลา 6 และ 4 ชม. ตามลำดับ ในขณะที่การดูดซับของฟอสฟอรัสในดินชีวภาพดินแดงและรัตนโกสินทร์เข้าสู่สมดุลภายในเวลา 3 และ 2 ชม. ตามลำดับเมื่อเติมปุ๋ยคอก ผลการทดสอบไอโซเทอมของดินชีวภาพดินแดงและรัตนโกสินทร์ แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ไอโซเทอมการดูดซับฟอสฟอรัสบนดินชีวภาพ

Sample	Equation	R ²	Q _{max} (mg-P/mgOM)	Kd (L/mg-P)
DD biosoil + MKP fertiliser	$C_e/C_s = 0.0689C_e + 103.3$	0.8415	14.5	0.0007
RT biosoil +MKP fertiliser	$C_e/C_s = 0.0617C_e + 147.0$	0.9204	16.2	0.0004
DD biosoil+ manure fertiliser	$C_e/C_s = 0.0417C_e + 0.2959$	1.0000	23.9	0.1763
RT biosoil+ manure fertiliser	$C_e/C_s = 0.0426C_e + 0.0258$	1.0000	23.4	1.6512

การดูดซับของฟอสฟอรัสในดินชีวภาพทั้ง 2 ชุดสามารถอธิบายด้วยสมการไอโซเทอมของแลงมัวร์ ซึ่งเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว เมื่อเติมปุ๋ยคอกลงในดินชีวภาพดินแดงและรัตนโกสินทร์พบว่าค่าความจุในการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 23.9 และ 23.4 กรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากปริมาณ

สารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อเติมปุ๋ยมูลคอก ดังนั้นค่าความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสจึงเพิ่มขึ้น เมื่อตรวจสอบลักษณะการดูดติดผิวจะพบว่าการดูดติดผิวจะเป็นแบบ favourable adsorption

เพื่อตรวจสอบการแปรสภาพของฟอสฟอรัสบนดินชีวภาพ การสกัดลำดับส่วน (sequencing extraction) ถูกนำมาวิเคราะห์รูปของฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับบนดิน พบว่าการกักเก็บฟอสฟอรัสในดินชีวภาพอยู่ในรูปของรีแอคทีฟฟอสฟอรัสซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ผลการวิเคราะห์แสดงตารางที่ 4.4 ดินชีวภาพรัตนโกสินทร์มีความต้านทานค่าความเป็นกรดมากกว่าดินชีวภาพดินแดงเล็กน้อย ดังนั้นดินชีวภาพรัตนโกสินทร์เหมาะที่จะใช้ในการกักเก็บธาตุฟอสฟอรัสที่ได้จากปุ๋ยเคมี ในขณะที่ดินชีวภาพดินแดงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้กับปุ๋ยคอกเนื่องจากดินชีวภาพดินแดงมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินชีวภาพรัตนโกสินทร์ อย่างไรก็ตาม ดินชีวภาพทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถให้ประโยชน์ที่น่าพอใจต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 4.4 รูปแบบฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับบนดินชีวภาพ

Form of phosphorus (mg-P/gOM)	Biosoils with manure fertiliser	
	P Concentration of DD	P Concentration of RT
Sorbed P		
Reactive P	4.91	4.71
acid hydrolysable P	0.33	0.06
Organic P	0.15	0.06
Dissolved Phosphorus		
Dissolved Reactive P	0.99	0.88
Dissolved acid hydrolysable P	0.42	0.65
Dissolved Organic P	0.12	1.58
Form of phosphorus (mg-P/gOM)	Biosoils with MKP-fertiliser	
	P Concentration of DD	P Concentration of RT
Sorbed P		
Reactive P	0.82	3.95
acid hydrolysable P	0	0.18
Organic P	0.17	0.11
Dissolved Phosphorus		
Dissolved Reactive P	16.7	14.6
Dissolved acid hydrolysable P	0.23	2.75
Dissolved Organic P	5.08	1.99

ผลที่ได้รับจากโครงการ

บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการจำนวน 2 เรื่อง คือ

1. Bunsri, T., Chinnarasri, Ch. and Manastrong, N. (2011). Adsorption of soluble phosphorus originated from organic and inorganic fertiliser on soil. Thai Environmental Engineering Journal, 25(2), May-August, pp.41-49.
2. Bunsri, T. and Yuenyong, P. (2012). Reduction of soil-phosphorus using zeolite. Thai Environmental Engineering Journal, 26(3), May-August, pp.31-40.
3. Khankruer, D., Sivakumar, M., Chinnarasri, C., and Bunsri, T. (2012), Application of Biomathematical Model for Pb(II) Biosorption and Bioaccumulation, Sustain. Environ. Res., Vol. 22(6), pp. 379 - 386. (IF=0.675)

อยู่ระหว่างการเตรียมบทความอีก 3 ฉบับ คือ

1. Bunsri, T., Chinnarasri, C. and Sivakumar, M., Soil nutrient accumulation: Applications of organic manure and chemical fertilisers. (คาดว่าจะส่งไปที่ Environmental Fluid Mechanics)
2. Bunsri, T., Chinnarasri, C. and Sivakumar, M., Enhancing accumulation of soil organic carbon and nitrate using oily food waste. (คาดว่าจะส่งไปที่ J. Environmental Quality)
3. Bunsri, T., Chinnarasri, C. and Sivakumar, M., Utilisation of alkaline stabilised biosolids as fertiliser: Safety and environmental challenges. (คาดว่าจะส่งไปที่ J. Bioresource Technology)

บทความที่นำเสนอในการประชุมวิชาการจำนวน 3 เรื่อง คือ

1. Piamsamrit, S. and Bunsri, T. (2012). Alkaline stabilised sewage biosolids for restoration of soil phosphorus. International Conference on Sustainable Environmental Technologies (ICSET), 26-27 April, Bangkok, THAILAND.
2. Wattanachartkanun, T. and Bunsri, T. (2012). Restoration of Chromium (VI) in alkaline stabilised sewage sludge. International Conference on Sustainable Environmental Technologies (ICSET), 26-27 April, Bangkok, THAILAND.
3. Bunsri, T. and Yuenyong, P. (2013). Equilibrium and kinetic approach of soil phosphorus adsorption on zeolite stabilised soil, the 39th Congress on Science and Technology of Thailand (STT39), 21-23 October, Bangkok, THAILAND.

งานวิจัยนี้สามารถสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับภาคเอกชนจำนวน 2 แห่ง คือ

1. บ. สิทธิพันธ์ จำกัด (เจริญญา เหลี่ยมสมบัติ)
2. บ. ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (กมลทิพย์ อรัณศิริ)

นอกจากนี้ผลงานส่วนหนึ่งของงานวิจัยถูกนำไปเผยแพร่ให้กับชุมชน และโรงเรียนต่างๆ ผ่านบทความของ Honda Newsletters และสื่อสิ่งพิมพ์ ตลอดจนรายการวิทยุและโทรทัศน์

ภาคผนวก

Alkaline-Stabilised Sewage Biosolids for Restoration of Soil Phosphorus

Sirilak Piamsamrit^{1*} and Thidarat Bunsri^{1, 2}

¹ Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

² The National Centre of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management-KMUTT satellite centre, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

*e-mail: Sirilak.piam@gmail.com

Abstract

The aim of this research is to assess the suitable ratio between alkaline materials and sewage biosolids in order to restore the soil phosphorus. The sewage biosolids were collected from Dindaeng (DD) and Rattanakosin (RT) domestic wastewater treatment plants. Alkaline materials are the mixture of lime (CaO) and fly ash at the weight portions of 1:7 and 1:5. The alkaline materials are mixed with sewage biosolids with various ratios to adjust the pH of conditioned soil to be 12 and remaining at this pH level for 72 hours. The suitable ratios of biosolids: alkaline are 60:40 and 70:30 for DD and RT biosolids, respectively. Besides, the ratios of CaO: fly ash at 1:7 and 1:5 were applied to stabilised DD and RT biosolids, respectively. These alkaline stabilised biosolids are classified as Class A-biosoil. The adsorption isotherm tests were employed to examine the restoration of phosphorus (P) onto DD and RT biosoil. When chemical P fertiliser is used, the restoration process achieves the equilibrium at 6 and 4 hours for DD and RT biosoil, respectively. Another test the organic manure is applied, the restoration process reaches the equilibrium within 3 and 2 hours for DD and RT biosoil, respectively. Both DD and RT biosoil can effectively adsorb P and they are well fitted with Langmuir isotherm model. The DD and RT biosoil have presented the maximum capacity of 23.9 and 23.4 gP/g_{OM}, respectively.

Keywords: Adsorption, Alkaline Stabilisation, Biosoil, Isotherm model, Sewage biosolids.

1. Introduction

Monobasic orthophosphate ion (H_2PO_4^-) and dibasic orthophosphate ion (HPO_4^{2-}) are the primary forms that can be consumed by plants [1]. Sewage biosolids contains of nitrogen, phosphorus, organic matter and other trace elements that can widely recycled to condition the agricultural soil [2]. The alkaline stabilisation process is introduced to eliminate pathogens and stabilised any toxic metals in sewage biosolids. The alkaline stabilised biosolids is acknowledged as biosoil due to its appearance. The biosoil can be used as soil amendment [3]. The appropriate ratio of alkaline: biosolids and the mechanism between biosoil and P are focused in this research, ensuring that the biosolids can generate P to meet the plant requirement and can restore the excessive P.

2. Materials and Methods

2.1 Preparation of sewage sludge, alkaline additive and fertiliser

The dewatered sewage sludge samples were collected from the Dindaeng (DD) and Rattanakosin (RT) domestic wastewater treatment plants, Bangkok, Thailand. These plants are the conventional activated sludge system, the sludge samples were collected after dewatering at a belt press unit. The moisture content of sludge samples was high hence they were kept air-dried for 2 weeks. The dried sludge was sieved using a standard sieve with a round opening hole at a diameter of 2 mm in order to remove the large particles. Alkaline additive was prepared with lime and fly ash, controlling the CaO: fly ash at 1:5 and 1:7. The mono-potassium phosphate (MKP) fertiliser with a formula 0:52:34 (N:P:K) and organic manure were dissolved into the demineralised water and these solutions are further introduced as the synthesis wastewater released from agricultural area.

2.2 Preparation of biosoil

To produce biosoil, the alkaline material was added to sludge and then mixed thoroughly. The alkaline material was gradually added until the pH (1:5) of biosoil was 12 and pH of biosoil was stable at 12 for a minimum of 72 hours in order to reduce odor and eliminate pathogens [4, 5].

2.3 Adsorption isotherm tests

The equilibrium time was determined in the batch experiment. In case of MKP fertiliser applying, the biosoil samples were weighted for 20 g and mixed with a 100 mL of MKP-fertiliser solution. Another is organic manure application, the 2 g of biosoil samples were mixed with 50 mL of manure solution. These slurries were

shaken with the incubation shaker model LAB-Line 2528 at a speed of 250 rpm under room temperature condition (25°C). The effluent samples were collected at the mixing periods of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 24 hours. The concentrations of P were determined in a form of soluble P according to APHA methods [6]. The adsorption isotherm was also examined in the batch experiment. The biosoil at the weights of 1, 2, 3, 5, 10, 15 and 20 g were mixed with 100 mL of MKP-fertiliser solution. The 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.3, 1.5 and 2.0 g of biosoil samples were mixed with 50 mL of organic manure solutions. These biosoil slurry samples were shaken until achieving equilibrium time. The concentrations of soluble P of every effluent samples were determined. The data was modeled with Langmuir isotherm equations.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Physical and chemical properties of sewage sludge, alkaline substance and fertiliser are shown in Table 1. The suitable ratio of DD sludge: alkaline was 60:40, the alkaline material had the CaO: fly ash at 1:7. The suitable ratio of RT sludge: alkaline was 70:30 and the CaO: fly ash of alkaline material was 1:5. At these ratios, the biosoil samples were classified as the Class A- biosolids. The characteristics of alkaline stabilised biosoils and fertiliser solutions are presented in Table 2.

Table 1 Physical and chemical properties of Sewage sludge, alkaline substance and fertiliser solutions.

Parameters	Sewage sludge		Alkaline substance		Fertiliser	
	DD	RT	Lime	Fly ash	MKP	Manure
pH (1:5)	6.45	5.86	12.4	11.4	4.2	8.0
Total P (mg-P/kg)	13262	13208	0	326	257630	2610
Soluble P (mg-P/kg)	0	0	0	0	185410	230
Olsen P (mg-P/kg)	0	0	0	152	247610	2110
Organic Matter, OM (%)	17.3	11.63	0	0	0	39.3

Table 2 Characteristics of alkaline stabilised biosoils and fertiliser solutions.

Parameters	Biosoil		Fertiliser solution	
	DD	RT	MKP	Manure
pH*	12	12	4.70	7.20
Total P (mg-P/L)	3360	1712	1133	110
Soluble P (mg-P/L)	0	0	1127	105
Olsen P (mg-P/L)	0	0	1077	102
Organic Matter, OM (%)	6.5	5.5	0	39.3

Note: *pH (1:5) is introduced to biosoil.

Dealing with the stabilisation, the alkaline earth cations especially Ca^{2+} and Mg^{2+} are added to biosoil. The increase in pH of biosoils can attributed mainly to the hydrolysis of these alkaline earth minerals. Under the alkaline condition, the diluted solutions of MKP and manure have the initial soluble P concentrations of 1127 and 105 mg-P/L, respectively. The equilibrium times for the adsorption process of DD and RT biosoils with MKP- fertiliser are 6 and 4 hours, respectively. The DD and RT biosoils with manure solutions can reach the equilibrium time of adsorption within 3 and 2 hours, respectively. The sorption of P originated from MKP and manure into the biosoil samples were fitted with isotherm equations as presented in Table 3. The observations were best fitted to Langmuir isotherm equations. The values of $Q_{\max}$ refer that the adsorption of soluble P from manure reached the fully adsorption capability of organic matter. The soluble P adsorption of system with MKP fertiliser solution is much lower than one with manure solution, owing to the limitation of active surface of organic sorbent. Besides, the highly soluble P in MKP fertiliser solution can bring the difficulties on P separation due to high diffusion.

Table 3 Adsorption isotherm of biosoils

Sample	Equation	R^2	$Q_{\max}$ (g-P/gOM)
DD biosoil + MKP fertiliser	$C_e/C_s = 0.0689C_e + 103.3$	0.8415	14.5
RT biosoil +MKP fertiliser	$C_e/C_s = 0.0617C_e + 147.0$	0.9204	16.2
DD biosoil+ manure fertiliser	$C_e/C_s = 0.0417C_e + 0.2959$	1.0000	23.9
RT biosoil+ manure fertiliser	$C_e/C_s = 0.0426C_e + 0.0258$	1.0000	23.4

Note: C_e and C_s refers to concentration of Soluble P in the effluent at equilibrium time and the massive ratio of sorped P: biosoil.



According to the Langmuir isotherm, the biosoil can store the soluble P by forming the chemical bond and the monolayer of sorbed P is obtained. Furthermore, the active surface of organic matters and active constituent of alkaline material can play the significant role in P adsorption. In order to obtain the highest adsorption, the optimum amounts of P, the alkaline material and organic matter are essential to be considered.

4. Conclusions

The suitable ratios of sludge: alkaline were 60:40 and 70:30 for DD and RT biosoil, respectively. When MKP fertiliser solution was applied, the equilibrium time for soluble P adsorption on DD and RT biosoil were 6 and 4 hours, respectively. The equilibrium times of the systems of DD and RT biosoil with manure solution were achieved within 3 and 2 hours, respectively. The P restoration on biosoils are fitted to Langmuir equation. Due to the highly concentration gradient and high content soluble P in the MKP fertiliser, the P adsorption onto biosoil can be limited by diffusion and separation. On the other hand, the manure fertiliser contains some amount of organic matter, which can reduce the solubility of P. The low concentration of soluble P and the high active surface of biosoil, the soluble P released from manure solution can be effectively stored on surface of biosoil.

Acknowledgement

This research is partially supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission. This research is fulfilled a part of project No. MGR5480197, which is partially funded by the Thailand Research Fund.

References

- [1] Dahal, R.C. 1977. Soil organic phosphorus. *Advances in Agronomy*, 28: 83-85.
- [2] Davis, R.D. 1989. Agricultural utilization of sewage sludge: a review. *J. Inst. Water Environ*, 3: 351–355.
- [3] Logan, T. J. and Harrison, B. J. 1995. Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N-viro soil) and their effects on soil physical properties. *Journal of Environmental quality*, 24: 153-164.
- [4] Topac, F.O., Baskaya, S.H. and Alkan, U. 2008. The effects of fly ash incorporation on some available nutrient contents of wastewater sludges. *Bioresource Technology*, 99: 1057.
- [5] USEPA. 2003. Environmental Regulations and Technology. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. Document #EPA 625/R-92/013.
- [6] APHA. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. American Public Health Association, Washington, D.C.

Restoration of Chromium(VI) in Alkaline-Stabilised Sewage Sludge

Thunyaluck Wattanachartkanun^{1*} and Thidarat Bunsri^{1,2}

¹ Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

² The National Centre of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management-KMUTT satellite centre, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

*e-mail: thunyaluck.wat@gmail.com

Abstract

This research focuses on the mechanism between hexavalent chromium (Cr(VI)) and the alkaline-stabilised sewage sludge (biosoil) in order to separate the Cr(VI) ions from aqueous solution. The biosoil was prepared by stabilising the sewage sludge with alkaline earth materials. The sewage sludge samples were collected from Dindaeng (DD) and Rattanakosin (RT) domestic wastewater treatment plant, Bangkok, Thailand. The alkaline material was obtained by mixing quicklime and fly ash. The optimum CaO: fly ash ratios of the alkaline material are 1:7 and 1:5 for stabilising the DD and RT sludges, respectively. The biosoil samples are classified as Class A biosoil. The equilibrium times for Cr(VI) adsorption on RT and DD biosoil are 240 minutes. When the pH of Cr(VI) solution is at the extremely acidic range (pH<2), the maximum Cr removal efficiencies are 26.0 and 26.3% for DD and RT biosoil, respectively. The high protons in acidic system can promote the restoration of Cr(VI) in either reduction of Cr(VI) to Cr(III) or anionic adsorption of Cr(III). The maximum adsorption of Cr(VI) on DD and RT biosoil are 4.98 and 6.45 mgCr/gOM, respectively. The species of CrO_4^{2-} and $\text{Cr}(\text{OH})_3$ are yielded in both biosoil slurries, confirming that these biosoil samples can actively restore and stabilise the Cr(VI).

1. Introduction

Currently, the most common process for elimination hexavalent chromium Cr(VI) is adsorption, reverse osmosis and chemical reactions involving reduction and precipitation. Among these processes, the adsorption is practically applied to restore the Cr(VI) from industrial wastewater [1]. The sewage sludge is a source of organic matter, which can act as the primary adsorbent for removing of heavy metals [2]. The alkaline stabilisation technique is applied to sewage sludge in order to produce the organo-soil or biosoil. This research aims to investigate the key parameters such as massive ratio of sewage sludge: alkaline material, maximum adsorption capacity and biosoil pH, in order to evaluate the effectiveness of Cr(VI) sorption.

2. Material and methods

2.1 Preparation of biosoil

Sewage sludge samples were collected from Dindaeng (DD) and Rattanakosin (RT) domestic wastewater treatment plant and their characteristics were examined [3]. The alkaline materials were prepared by mixing quicklime with fly ash at 1:5 and 1:7 (CaO: fly ash). The alkaline material was added to sewage sludge until the biosoil properties were achieved the criteria of synthesis biosoil given by USEPA [4]. The alkaline materials with the CaO: fly ash ratios of 1:7 and 1:5 were suitable to stabilise the DD and RT biosoils, respectively.

2.2 Sorption experiments

The Cr(VI) solutions with the various concentration and pH were prepared. The solutions with the Cr(VI) concentrations of 5, 10, 20, 50 and 100 mg/L were adjusted to the pH levels 1, 3, 5, 7, 9 and 11. The Cr(VI) solutions were added with biosoil and the biosoil slurry samples were agitated by the shaker at 250 rpm speed, under the room temperature (25 ± 1 °C). The biosoil was allowed to react until achieving the equilibrium condition. The effluent samples were filtered through glass fibre filter paper (GF/C), and the soluble Cr(VI) and free trivalent chromium ions (Cr(III)) ions concentration were determined in accordance with the method No. 3500-Cr B [5].

3. Results and discussion

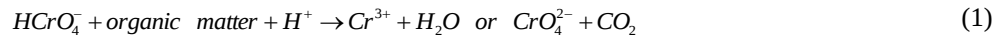
3.1 Biosoil Characteristics

The DD and RT sewage sludges have the negligible amounts of Cr(III) and Cr(VI) and their initial pHs are 6.45 and 5.86, respectively. The trace amounts of minerals such as Fe, Mn and Zn are presented in both sludge samples. The DD and RT sludges highly consists the organic matters that are 17.3 and 11.6%, respectively. Based upon compositions of sewage sludge, the minerals and organic matter may act as the active substances to

sorp the species of Cr(III) and Cr(VI). The suitable massive ratio of sludge: alkaline materials were 60:40 and 70:30 for DD and RT biosoil, respectively.

3.2 Effect of biosoil pH on dissolubility of Cr(VI)

Dealing with the various oxidation state of Cr, the hydrolysis of Cr(VI) can generate species of CrO_4^{2-} , HCrO_4^- and $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. The presence of Cr(VI) species depends on the pH of biosoil system. The influent samples mainly contain the species of HCrO_4^- and CrO_4^{2-} , but the effluent samples contain CrO_4^{2-} only. The affinity of Cr(VI) adsorption under the acidic condition is in the order of $\text{CrO}_4^{2-} > \text{HCrO}_4^- > \text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-} > \text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$ [6]. Although the synthesis wastewater under the acid condition may contain HCrO_4^- , the biosoil can increase the pH of system to be 7.5-10.2. The DD and RT biosoil systems can effectively restore Cr(VI), which the removal efficiencies of 26.0 and 26.3%, respectively. The reaction between Cr(VI) and dead biomass can be simply expressed as follows [7].



Surprisingly, the Cr(III) ion is not presented in any filtered samples. This suggests that Cr(III) can react with biosoil and alkaline material, forming a compound of $\text{Cr}(\text{OH})_3$. As $\text{Cr}(\text{OH})_3$ is the stable form, less toxic and immobility, these biosoil can provide the Cr stabilisation. Besides, the remaining species of CrO_4^{2-} is stable when pH is above 8.0. The classifications of Cr(VI) and Cr(III) species are given in Figure 1.

3.3 Adsorption isotherm of Cr-biosoil system

The adsorption is recognised as a major mechanism between Cr and biosoil. Both of DD and RT biosoil systems can reach the equilibrium of Cr adsorption within 240 minutes. According to the previous test, the maximum Cr(VI) uptake is obtained when the pH of synthesis wastewater is at 1.0. Hence, the Cr synthesis wastewater with the pH of 1.0 was employed to the isotherm test. The pH of DD and RT biosoil slurries at equilibrium are 8.4 and 9.7, respectively. Similarly to previous tests, only $\text{Cr}(\text{OH})_3$ and CrO_4^{2-} are remained in the system after adsorption. The common coexisting ions such as Ca^{2+} and Mg^{2+} yielded from alkaline materials can be insignificantly compete with Cr(III) and Cr(VI) in sorption process [8]. So the OM might play the role in constructing monolayer of sorbed Cr(VI), dealing with the chemical bond between hydrocalcite-OM matrix. Many research works reported that soluble Cr(VI) can be restored on the dead biomass according to anionic adsorption [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 and 15]. The tests of adsorption isotherm indicate that the Cr(VI) is attached onto the active surface of biosoil. DD and RT biosoils have presented the best fit with Langmuir and Freundlich isotherm equations as shown in Table 1.

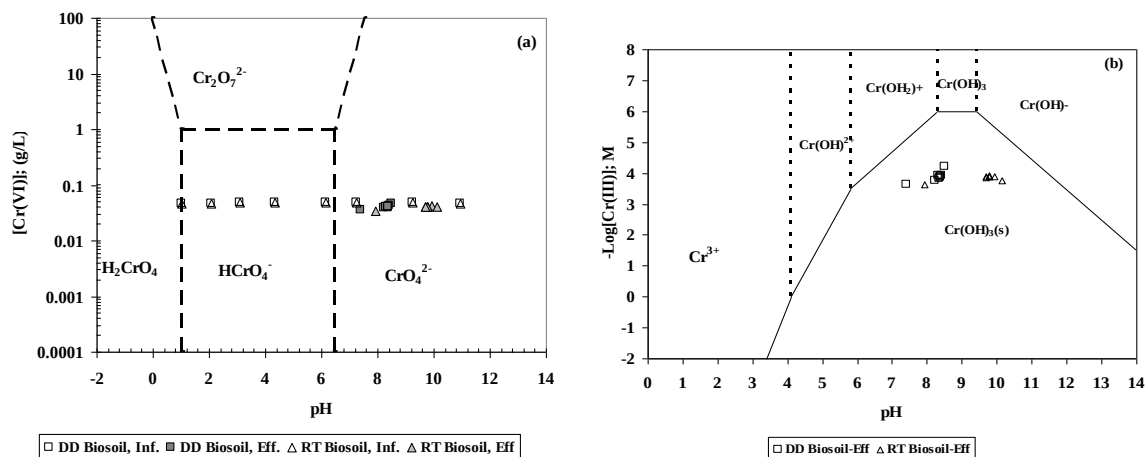


Fig. 1 Classification of chromium species (a) Cr(VI) and (b) Cr(III)

Table 1 Adsorption isotherms constants

Isotherm Model	Biosoil	Equation	R^2	Constants	
				$Q_{\max}$ (mgCr/mgOM)	k_L (L/mg OM)
Langmuir	DD	$C_s = 0.041C_e + 4.987$	0.9936	4.98	0.0082
	RT	$C_s = 0.056C_e + 6.456$	0.9483	6.45	0.0087
Isotherm Model	Biosoil	Equation	R^2	Constants	
				n	K_F
Freundlich	DD	$C_s = 0.0425C_e^{0.931}$	0.9944	1.07	0.0425
	RT	$C_s = 0.0450C_e^{1.056}$	0.9822	0.95	0.0450

Note: C_e and C_s are the concentration of Cr(VI) in effluent at equilibrium time and massive ratio between sorbed Cr(VI) and organic matter, respectively. $Q_{\max}$ is the maximum adsorption capacity, k_L is the distribution coefficient (C_s/C_e). n and K_F are constants from Freundlich's equation.

The value of constant $1/n$ is close to 1.00, so too, the Freundlich model can be simplified as Langmuir model [16]. The constant K_F refers that the DD biosoil has slightly lower adsorption capacity than the RT biosoil has. The constants $Q_{\max}$ and k_L indicate the same statement as the K_F , confirming that the RT biosoil can actively adsorb Cr(VI) rather than the DD biosoil. The mechanism between Cr(VI) and biosoil can be expressed by two interaction processes including (1) the Cr(VI) is directly reduced to Cr(III) after contact with biosoil and (2) Cr(III) binds with negative charge components.

Conclusions

The sewage sludges from Dindaeng and Rattanakosin wastewater treatment plant, Bangkok, Thailand were stabilised with alkaline materials to produce class A-biosoil. These biosoil samples were introduced to restore the Cr(VI) ions from synthesis wastewater, which contains the species of HCO_4^- and CrO_4^{2-} . The acidic ($\text{pH} < 2$) condition is essential to supply proton, which can promote the rate of Cr (VI) restoration and Cr(VI) removal efficiency. The DD and RT biosoils can give the maximum adsorption capacities of 4.98 and 6.45 mgCr/mg OM, respectively. These biosoil samples can effectively restore Cr(VI) in either the stable species of CrO_4^{2-} and $\text{Cr}(\text{OH})_3$. The Cr(VI) from aqueous solution can be effectively restored into the DD and RT biosoil. The major mechanisms involving the Cr(VI) restoration are reduction of Cr(VI) to Cr(III) and anionic adsorption of Cr(III).

Acknowledgement

This research is partially funded by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission. This research is a part of project No. MGR5480197, which is sponsored by the Thailand Research Fund.

References

- [1] Nameni, M., Alavi Moghadam, M. R. and Arami, M. 2008. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by wheat bran. *International Journal of Environmental Sciences and Technology*, 5: 161-168.
- [2] Manios, T., Stentiford, E.I. and Millner, P. 2003. Removal of heavy metals from a metaliferous water solution by *Typha latifolia* plants and sewage sludge compost, 53: 487-493.
- [3] ASTM. 1997. Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials, 04-08.
- [4] US Environmental Protection Agency. 1995, Process design manual-land application of sewage sludge and domestic septage. EPA/625/R-95/001.
- [5] Standard methods for examination of water and wastewater. 1992. 18th. Ed., Published by American Public Health Association, Washington DC, USA.
- [6] Raji, C. and Anirudhan, T.S. 1998. Batch Cr(VI) removal by polyacrylamidegrafted sawdust: kinetics and thermodynamics. *Water Research*, 32: 3772-3780.
- [7] Altundogan, H.S. 2005. Cr(VI) removal from aqueous solution by iron(III) hydroxide-loaded sugar beet pulp. *Process Biochemistry*, 40: 1443-1452.
- [8] Kang, Y.S., Rishud, S., Rabolt, J.F. and Stroeve, P. 1996. Synthesis and characterization of nanoparticle-size Fe_3O_4 and $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles. *Chemistry of Material*, 8: 2209-2211.
- [9] Nourbakhsh, M., Sag, Y., Özer, D., Aksu, Z., Kutsal, T. and Çağlar, A. 1994. A comparative study of various biosorbents for removal of chromium(VI) ions from industrial waste waters. *Process Biochemistry*, 29: 1-5.
- [10] Prakasham, R.S., Merrie, J.S., Sheela, R., Saswathi, N. and Ramakrishna, S.V. 1999. Biosorption of chromium(VI) by free and immobilized *Rhizopus arrhizus*. *Environmental Pollution*, 104: 421-427.
- [11] Sag, Y. and Kutsal, T. 1996. Fully competitive biosorption of Cr(VI) and Fe(III) ions from binary metal mixtures by *R. arrhizus*: use of the competitive Langmuir model. *Process Biochemistry*, 31: 573-585.
- [12] Bai, R.S. and Abraham, T.E. 2003. Studies on chromium(VI) adsorption-desorption using immobilized fungal biomass. *Bioresource Technology*, 87: 17-26.
- [13] Bai, R.S. and Abraham, T.E. 2001. Biosorption of Cr(VI) from aqueous solution by *Rhizopus nigricans*. *Bioresource Technology*, 79: 73-81.
- [14] Merrin, J.S., Sheela, R., Saswathi, N., Prakasham, R.S. and Ramakrishna, S.V. 1998. Biosorption of chromium(VI) using *Rhizopus arrhizus*. *Indian Journal of Experimental Biology*, 36: 1052-1055.
- [15] Say, R., Yilmaz, N. and Denizli, A. 2004. Removal of chromium(VI) ions from synthetic solutions by the fungus *Penicillium purpurogenum*. *Engineering in Life Sciences*, 4: 276-280.
- [16] Eckenfelder, W.W. 1989. *Industrial Water Pollution Control*, 2nd Ed. McGraw-Hill, Singapore.

EQUILIBRIUM AND KINETIC APPROACH OF SOIL PHOSPHORUS ADSORPTION ON ZEOLITE STABILISED SOIL

Thidarat Bunsri,^{1,*} Pawaree Yuenyong²

¹ Centre of Excellence on Hazardous Substance Management, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140, Thailand

² Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi, 15000, Thailand.

*e-mail: thidarat.bun@kmutt.ac.th

Abstract: This research focused on the modification of soil to be suitable for sorption and reduce the leachability of available phosphorus (P) from soil by using zeolite stabilisation method. Soil sample were collected from the orchard in Bangkhunthien, Bangkok, Thailand. This soil sample had highly organic and clay contents. The fertiliser solutions applied were organic manure and chemical fertiliser with the concentration of available P at 4.75 mg/L. The optimum ratio of zeolite: soil was 103.5 g zeolite: 1kg soil, to raise the soil pH to 7. In a batch test, the sorption capacities of natural soil and stabilised soil fed with manure solution were fitted to Freundlich model, they were 1.6 and 1.6 mgP/g organic matter (OM), respectively. In case of chemical fertiliser application, the soil and stabilised soil could sorp the available P at 1.1 and 4.6 mgP/gOM, respectively. The chemical fertiliser enriched with highly soluble available P, and the pH is in acidic range. The available P originated from chemical fertiliser could be difficultly sorbed onto OM, but it could be effectively stored onto zeolite. The capacity of stabilised soil to sorp the available P originated from chemical fertiliser was higher than one from manure fertiliser. The natural soil and stabilised soil was further packed into an acrylic column with a diameter of 6.3 cm and depth of 20 cm under controlling bulk density of 1.2 kg/L. The results can be fitted by Adams-Bohart model. The natural and stabilised soil applied with manure solution could store the available P at 0.066 and 0.1187 mgP/gOM, respectively. In case of chemical fertiliser applying, the natural and stabilised soil could sorp the available P at 0.064 and 0.1187 mgP/gOM, respectively. The results show that the fully contact in batch test could provide the higher massive sorped P than one with partially contact in the column test. Since, the transferring of available P from fertiliser solution onto surface of packed soil could be limited. Adding zeolite into the soil could effectively provide the exchangeable species and increase the adsorptive capacity of available phosphorus. As the extractability of metals from zeolite could form the phosphorus-metals compounds. The secondary adsorption was the alternative way to reduce the solubility of potential metals after they were released from soil and react with phosphorus.

Introduction: Phosphorus (P) is an essential macronutrient and relatively large amounts of P are required by plants. Although P is essential for plant growth, the mismanagement of soil P can pose a threat to water quality. When lakes and rivers are polluted with P, resulting in the excessive growth of algae and eventually the water bodies get upset from eutrophication [1]. The agriculture was accounted as the major source of P that was required to be properly managed [2]. Approximately 50-75% of soil phosphorus is inorganic P. Only available P is necessary for plant uptake. Retarding or releasing of available P is together controlled by the equilibrium condition [3]. Available P is usually associated with aluminum (Al), iron (Fe) and calcium (Ca) fixing processes. The solubility of the P complex compounds is varied in a wide range depending on soil pH [4], soil mineral content [5] and anionic species in soil [6]. Besides, the available P can be possibly rapidly fixed on soil matrix due to sorption process. The fixed phosphorus is unable to uptake by plants [2]. In order to increase the amount of soil phosphate, soil conditioning process is introduced. Zeolite conditioning can adjust the soil pH to 6-7 and this could reduce phosphate hydrolysis. Using the organic fertiliser can increase

the soil organic matter content, this could enhance the phosphate fixing [7]. Besides, zeolite can enhance P fixing because of highly aluminosilicate content [8]. P bound to zeolite may behave as slowly releasing P fertiliser [9]. To describe the behavior of available P retardation onto zeolite stabilising soil, models for sorption and kinetics approach methods are employed. Langmuir and Freundlich isotherm model are described as follows [10, 11,12].

$$\text{Langmuir:} \quad C_s = Q_{\max} \left(\frac{K_d C_e}{1 + K_d C_e} \right) \quad (1)$$

$$\text{Freundlich:} \quad C_s = K_F C_e^{1/n} \quad (2)$$

where $Q_{\max}$ is the maximum adsorption capacity (g/g soil), K_d is the distribution constant related to adsorption bonding energy (L/g), C_s is the amount of sorped phase (g/g soil) and C_e is a concentration of adsorbed substance in solution (mg/L). K_F is the Freundlich sorption coefficient (mg/g) and n is the Freundlich exponent relating to adsorption intensity of surface heterogeneity.

In order to examine the mechanism involved the adsorption process, such as mass transfer and chemical reaction, a kinetic approach model is an essential tool that can analyse the rate data. There are several models such as homogenous surface diffusion model, pore diffusion model, heterogeneous diffusion model can be applied to describe the migration of adsorbate along the adsorbent bed. Thomas equation is commonly applied to estimate the constants presented in breakthrough curve. The assumptions are made as there is a Langmuir kinetic adsorption-desorption in the system and no axial dispersion. Thomas equation could be expressed as follows [13].

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{k(Q_{\max}M - C_0V)}{Q}}} \quad (3)$$

where C is the effluent solute concentration (mg/L), C_0 is the initial solute concentration (mg/L), k is rate constant (L/mg-hour), $Q_{\max}$ is the maximum solid-phase concentration of the sorbed solute (mg/mg), M is mass of the adsorbent (mg), V is the throughput volume (L) and Q is flow rate (L/ hour).

In case the adsorption is not obeyed the Langmuir model, the Adams-Bohart model is employed. This model is specific to the concentration of adsorbing species and the residual capacity of the adsorbent.

$$\frac{C}{C_0} = \exp(K_A C_0 t - K_A N_0 \frac{z}{q}) \quad (4)$$

where K_A is the rate constant of Adams-Bohart model (1/mg-hour), z is the bed depth (cm), N_0 is the maximum adsorption capacity per unit volume of adsorbent column (mg/L) and q is the linear velocity of throughput (cm/h).

Methodology: The soil sample was collected from the orchard in Bangkhuntien, Bangkok, Thailand. It was kept air-dried and sieved through a 2 mm opening sieve. The soil physical and chemical properties were analysed according to the ASTM standards [14] and the Agronomy No. 9 standards method [15]. The zeolite was a commercial grade zeolite that was obtained from a natural rock of clinoptilolite, which was formulated as $(Na, K, Ca)_{2-3} Al_3 (Al, Si)_2 Si_{13} O_{36} \cdot 12(H_2O)$. Properties of zeolite was examined as same manner as soil. Fertilisers used in this study were cow manure and chemical fertiliser. The chemical fertiliser was classified as monopotassium phosphate (MKP), with formula of 0-52-34. The cow dung was diluted with demineralised water and filtered through a filter paper, Whatman No.1. Both of chemical and organic fertiliser solution was prepared at the same

concentration of available P, which was 4.75 mgP/L. These fertiliser solutions were applied to every experiment.

The pH of stabilised soil was controlled at 7.0. The ratio of soil to zeolite was examined by lime requirement technique. A 10 g of soil samples were weight and these samples were put into the borosilicate beaker. 0, 10, 20, 30 and 40 mL of a known concentration of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution. Volume of soil solution was adjusted by adding with distilled water up to 50 mL. Soil solution was completely mixed and the soil slurry was left until equilibrium. The pH of soil solution was detected. Preparing the graphical plot between meq Ca/100 g soil and pH was then processed. Lime requirement to adjust the pH of soil up to level of 7 was corresponded to the Ca content. The amount of zeolite required was calculated based on amount of required divalent ions of Ca.

The adsorption isotherm test was undertaken in a batch test. Soil and stabilised soil samples were weighed for 1, 2, 3, 5, 15 and 20 gram, then the soil samples were soaked with a 100 mL of fertiliser solution. The soil slurries were shaken with the incubation shaker with a speed of 250 rpm at room temperature (29 °C) until equilibrium time. The concentrations of phosphorus remained in solutions were determined in forms of available P. The data from experiment was graphically plotted to present the rate of adsorption of P onto soil and stabilised soils using the isotherm equations of Freundlich or Langmuir.

The laboratory scale soil column was employed to determine the retardation of soil layer. The column was fabricated using the acrylic tube with an inner diameter was 6.3 cm and the packing depth of 20 cm. The soil sample was packed with a controlling bulk density (1.20 kg/L). The feeding fertiliser solution was sprayed on the column surface via a peristaltic pump, controlling the volumetric water content at 0.4. The average flow rate of feeding was 118.3 cm³/d. The available P was examined using method developed by Olsen and Sommers [15].

Results, Discussion and Conclusion: The properties of soil, zeolite and fertiliser solutions are presented in Table 1.

Table 1. Properties of soil, zeolite and fertiliser solutions

Parameter	Soil	Zeolite	Parameter	Manure	MKP
Water content (%)	5.09	>0.01	Organic matter (%)	39.3	0
Bulk density (g/cm ³)	1.20	2.72	pH (1:5)	8.01	4.23
Hydraulic conductivity (cm/h)	0.25	>100	CEC (meq/100 g)	41.7	<0.01
Organic matter (OM) (%)	10.8	0.09	Available P (mgP/kg)	2150	248000
pH (1:5)	5.54	7.14			
CEC (meq/100g)	46.5	107			
Available P (mgP/kg)	22.9	-			
Available Ca (mgCa/kg)	1013	-			
Available Fe (mgFe/kg)	1.50	-			
Exchangeable Al (mgAl/kg)	5936	-			
Silica (SiO ₂) (%)	-	63.0			
Alumina (Al ₂ O ₃) (%)	-	13.0			
Ferric oxide (Fe ₂ O ₃) (%)	-	1.37			
Magnesium (MgO) (%)	-	0.83			
Calcium (CaO) (%)	-	2.09			
Titanium (TiO ₂) (%)	-	0.23			
Manganese (MnO) (%)	-	0.06			
Sodium (Na ₂ O) (%)	-	0.64			
Potassium (K ₂ O) (%)	-	0.06			

The soil contains clay, silt and sand at 38.0, 31.6 and 30.0%, respectively. It is classified as clay loam. The soil sample enriches of organic matter (OM) and minerals. The zeolite looks similar as fine aggregate material. It contains highly mineral contents and almost binds to oxide, but has a low content of OM. The pH of zeolite is neutral, however the available phosphorus was relatively low. This might indicate that the phosphorus bounded onto metals

may require the suitable way to be extracted. Manure contains highly content of OM, but it has low concentration of available P. MKP fertiliser has very high concentration of phosphorus, but there is no OM. The pH of manure is slightly alkaline, while the pH of MKP fertiliser is at acidic range. Even though chemical fertiliser could generate phosphorus quickly, its pH could bring the acidic soil that can harm to plants.

The result for lime requirement is shown in Figure 1. A 103.5 g of zeolite is required for stabilising a kg of soil, in order to increase soil pH to be 7.0. If soil pH is too high, $H_2PO_4^{2-}$ can be highly sorped on calcium ligand. Adding too much zeolite, bringing too much ions of Ca^{2+} to soil, this can transform available P to be the sorped one. The plants may not be able to abstract the available P from soil [16].

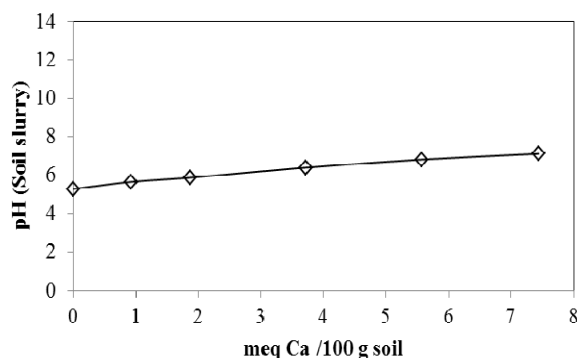


Figure 1. Lime requirement test

The equilibrium times of both natural and stabilised soil are 6 hours. Figures 2 and 3 show the equilibrium adsorption of phosphorus (C_s versus C_e) onto natural and stabilised soil. The isotherm rises quickly at an initial stage, with low values of C_s and C_e . This reveals that a plenty of active site is initially available and it is accessible. In case of natural soil, plateau can be reached, indicating the active sites of soil adsorbent are full of available P. Inversely, the decrease in the curvature of the isotherm is observed in the stabilised soil, considerably increasing in C_e brings small increasing in C_s . This is possibly due to the limited of available of active sites at the end of adsorption process. This correlates the difficulty of the edge molecules to attach the adsorbent, or the active sites are partially occupied by available P molecules [17].

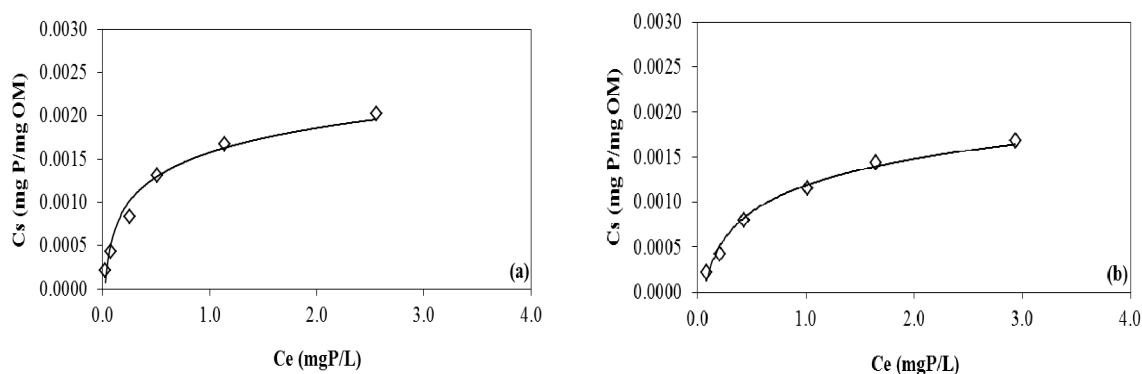


Figure 2. Sorption of available P originated from (a) manure and (b) MKP fertiliser onto natural soil

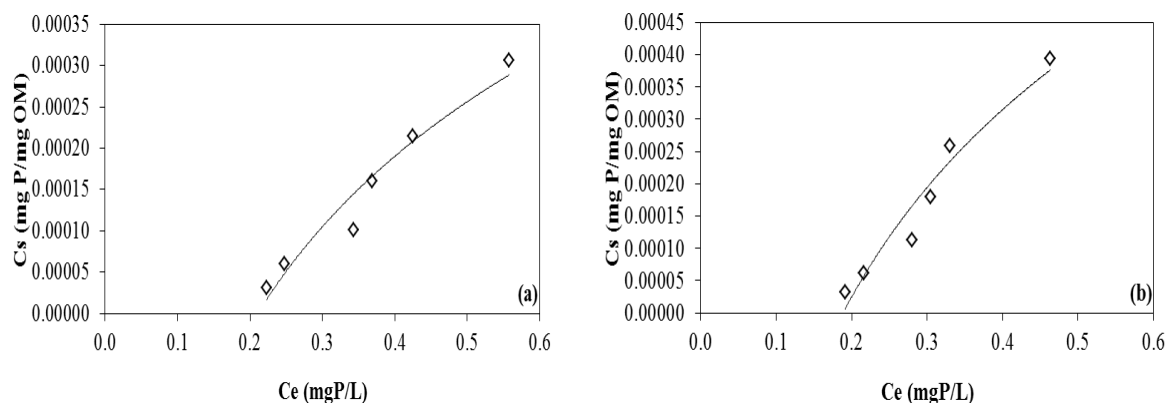


Figure 3. Sorption of available P originated from (a) manure and (b) MKP fertiliser onto stabilised soil

The sorption data from both natural and stabilised soils are well fitted to model of Freundlich isotherm. It is associated with the fact that natural and stabilised soils contain the heterogenous surface energy system. The constants for sorption are given in Table 2.

Table 2. Kinetic constants for sorption of available P onto natural and stabilised soil

Sample/fertiliser	Equation	K_F (mgP/mgOM)	$1/n$	R^2
Natural soil/Manure	$C_s = 0.0016C_e^{0.495}$	0.0016	0.495	0.9764
Natural soil/MKP	$C_s = 0.0011C_e^{0.597}$	0.0011	0.597	0.9700
Stabilised soil/Manure	$C_s = 0.0015C_e^{2.446}$	0.0015	2.446	0.9522
Stabilised/MKP	$C_s = 0.0046C_e^{2.859}$	0.0046	2.859	0.9456

The values of K_F refers to the saturated capacity of adsorbent, the P storage capacity of natural soil is enhanced, when applying manure. In natural soil, the OM is the primary sorptive agent. Adding manure fertiliser can level up the active adsorbent of OM. Unlikely, the capacity of stabilised soil is enlarged by adding MKP fertiliser. Even though adding zeolite can dilute the OM content of soil, it can enhance the capacity of soil due to a various functional groups such as Al_2O_3 , SiO_2 and other ionic species are on the active sites, conducting the complex interactions between adsorbent and adsorbate [17]. The secondary adsorption process of available P on soil is taken place [18]. The processes are written as follows.



The values of K_F of natural and stabilised soil with manure adding may remain constantly. This can confirm that the OM is the primary sorptive agent in this soil and the physical sorption relating the van der Waals force may be predominant. The term $1/n$ in natural soil with manure and MKP fertiliser are slightly different. The values of $1/n$ yielded in both samples are smaller than 1, pointing out the favourable adsorption. The values of $1/n$ of stabilised soil are higher than 1, presenting unfavourable adsorption. Moreover, the values of $1/n$ of stabilised soil are higher than the ones of natural soil. The available P originated from MKP fertiliser trends to be difficultly sorped onto stabilised soil. This refers to the fact that the pH of MKP fertiliser solution is at the acidic range. The metal compounds in zeolite may be dissolved and then actively react with the available P, via the ion exchange process. In contrast, adding OM from manure cannot increase the sorptive capacity of stabilised soil since the chemical adsorption especially surface complexation can be limited under acidic condition. This assumes that the zeolite can slightly enhance the secondary adsorption

process when manure is used, but it can stimulate the adsorption capacity by ion exchange process when the MKP is added.

The adsorption is also controlled by the mass transfer rate. The column experiment is employed to estimate the restraining of available P onto the layers of natural and stabilised soil. The breakthrough curves for available P sorped onto the layers of natural and stabilised soil are illustrated in Figures 4 and 5, respectively.

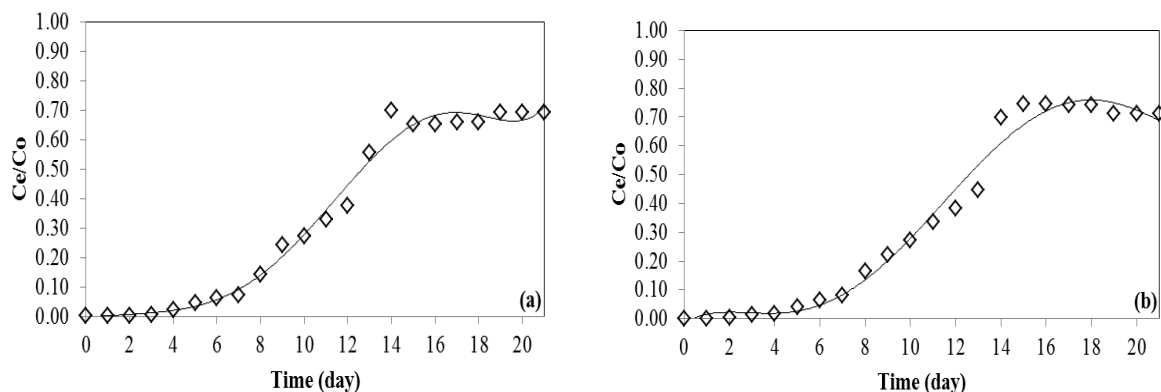


Figure 4. Breakthrough curve of available P originated from (a) manure and (b) MKP fertiliser retarding onto natural soil

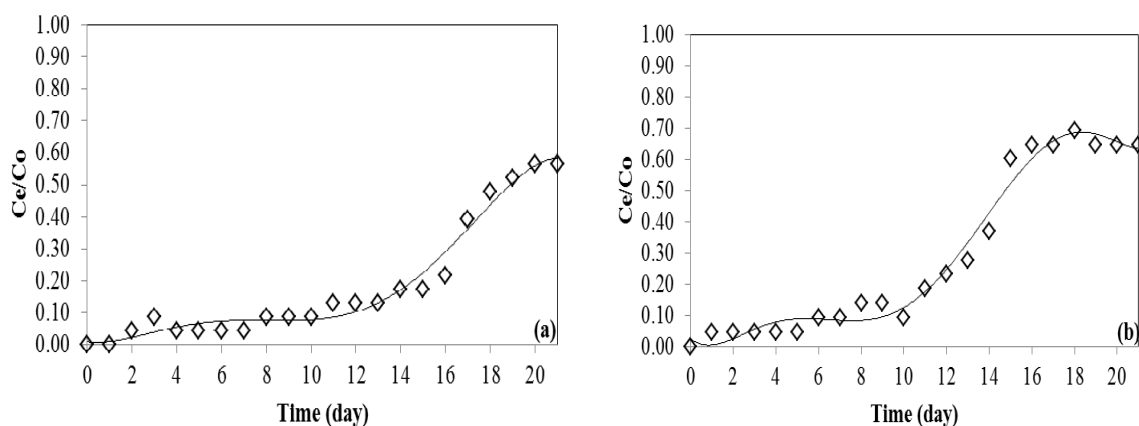


Figure 5. Breakthrough curve of available P originated from (a) manure and (b) MKP fertiliser retarding onto stabilised soil

The exhausting stage cannot be reached in both natural and stabilised soil since the ratio of C_e / C_0 cannot achieve 1.00. The actively adsorptive sites are still vacant. This can be explained by the assumptions of Freundlich isotherm model, the available P can be sorped onto natural and stabilised soil via the physical adsorption. The molecules of available P are attached on the active site by van der Waals force, providing infinite adsorptive site or reversible adsorption. The Adams-Bohart model is appropriately fitted the breakthrough curve because of residual capacity of adsorbent. The sorption constant rates of available P in the soil columns are provided in Table 3.

Table 3. Constants for available P sorption onto soil layers

Sample/fertiliser	Equation	R ²	K _A (mL/h-mgP)	N ₀ (mgP/L)
Natural soil/Manure	$\ln(C / C_0) = \exp(0.020t - 6.009)$	0.948	0.0042	0.3547
Natural soil/MKP	$\ln(C / C_0) = \exp(0.018t - 5.958)$	0.932	0.0046	0.3238
Stabilised soil/Manure	$\ln(C / C_0) = \exp(0.008t - 3.563)$	0.980	0.0022	0.4331
Stabilised soil/MKP	$\ln(C / C_0) = \exp(0.006t - 3.786)$	0.955	0.0029	0.3244

The Adams-Bohart model can generate the best fit to the observation data. The sorptive capacities of available P onto soil layers, N_0 values are converted to a unit of mgP/gOM. The natural soil has the sorptive capacities of 0.066 and 0.064 mgP/gOM, when applying manure and MKP fertiliser, respectively. The sorptive capacities of stabilised soil are enhanced to be 0.119 and 0.095 mgP/gOM, when adding manure and MKP fertiliser, respectively. The natural soil with manure applying is more highly active than the same one with MKP because of the higher amount of OM sorptive site. The increase of K_A is observed in the soil system with MKP fertiliser applying. This reveals that the available P originate from MKP is in acidic range, so it can destroy the equilibrium of the sorped and the soluble forms of available P in the system, so too it is difficult to capture the available P onto soil. Although the available P generated from MKP fertiliser can be sorped onto natural soil with slightly higher rate (K_A) than another originated from manure, the available P in MKP fertiliser is less adhered onto surface of stabilised soil than the one discharged from manure. Due to saturation of adsorbent sites, the adsorption capacity of adsorbent is declined with decreasing of soil pH. By comparison, the stabilised soil can sorp more available P than the natural soil. This indicates that the zeolite can enlarge the available P sorptive capacity of soil. The layer of soil can retard available P within longer contact time than the batch test with fully sorption, but the sorptive capacities of soil with fully mixing is extremely higher than the one with partially mixing.

In conclusion, the sorption isotherms of available P emitted from manure and MKP fertiliser onto natural soil have presented the same pattern. This reveals that the adsorption of available P onto natural soil is the multilayer adsorption. The adsorption plays an important role in available P sorption in natural soil. The OM is naturally accounted as the primary sorptive material to sorp the available P. On the other hand, the zeolite can provide the primary sorption via the ion exchange mechanisms under acidic condition, when MKP fertiliser adding. Additionally, the zeolite can enhance the available P adsorption capacity by the secondary sorption process via the surface complexation, when manure applying. However, the magnitude of ion exchange is greater than the secondary adsorption, therefore the stabilised soil can sorp the available P originating from MKP fertiliser rather than the manure. The physical adsorption and ion exchange can together store the available P onto stabilised soil.

The sorption capacity of natural and stabilised soil is different when the surfactive contact mode is changed. The mass of available P may transfer from aqueous to sorp phase depending on the mixing pattern, flux of concentration and contact time. The fully contact with highly concentration flux can drive the available P from aqueous solution to be sorped onto surfactive site of soil. The sorption process is relied on the equilibrium of available P in aqueous and sorped form. Even though the contact time between fertiliser solution and soil in column test is longer than batch test, the sorptive capacity and the rate of sorption presented in column test are much lower than the batch test. This can refer the fact that the sorption mechanism is controlled by the accessibility of actively surface area. The layer of soil can strain a small amount of available P. The primary sorptive OM material can adsorp the available P with constantly sorptive capacity even though the different types of fertiliser are used. The sorption of available P onto primary sorbent of OM may take longer time to achieve the equilibrium. For the sake of fertiliser application, the organic fertiliser can stable retard the available P, and the utilisation of manure can more environmentally save the soil pH than the MKP fertiliser.

The experimental data can be fitted by the models of Freundlich adsorption isotherm and Adams-Bohart model. The constants obtained from the model can express the behaviour of available P sorption on zeolite-stabilised soil and the key controlling parameter. Besides,

the utilisation of manure in a thick soil layer is recommend since both the primary sorption on OM and secondary sorption may take place together, enhancing the retardation of available P without destroying the soil pH.

References:

1. Carpenter, SR., Caraco, NF., Correll, DL., Howarth, RW., Sharpley, AN., Smith, VN. *Ecol. Appl.* 1998; 8, 559-568.
2. Sharpley, AN. McDowell, RW., Kleinman, PJA. *Plant and Soil.* 2001; 287-307.
3. Johnson, AE., Poulton, PR. International fertiliser development center. 1993; 45-63.
4. Gburek, WJ., Sharpley, AN., Heathwaite, AL., Folmar, GJ. *J. Environ. Qual.* 2000; 29, 130-144.
5. Bergström L., Kirchmann, H. *Journal of Envi. Qual.* 2006; 35: 1803-1811.
6. Calvert, DV., Stewart, EH., Mansell, RS., Fiskell, JGA., Rogers, JS., Allen LH., Graetz, DA. *Journal of Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 1981; 40: 62-71.
7. Summers, R., Clarke, MP., Pope, T., O'Dea, T. *Journal of Soil Research* 2000; 38: 735-744.
8. Rehavoka, M., Cuvanov, S., Dzivak, M., Rimar, J., Gavalova, Z. *Journal of Solid State and Materials Science* 2004; 8: 397-404.
9. Baykel, BB., Guven, DA. *Journal of Water Sci. Tech.* 1997; 35: 47-54.
10. Nelson, DR. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed., West virginia university, 2001; 1093-1113.
11. Levan, MD. *Journal of Physical Chemistry* 1981; 12:155-171.
12. Hashimoto, I., Deshpande, KB., Thomas, HC. *Journal of Ind. Eng. Chem. Fundam.* 1964; 3: 213-218.
13. Bohart GS., Adams, EQ. *Journal of the American Chemical Society* 1920; 42: 523-529.
14. ASTM, *Annual Book of ASTM Standards*. American Society for Testing and Material, 1997: Vol. 04.08.
15. Olsen, SR., Summers, LE. *Methods of Analysis, Past 2. Chemical and Microbiology Properties-Agronomy Monograph no.9*, 2nd ed. 1982; 403-430.
16. Rajan, SSS., Fox, RL., Saunders, WMH. *Journal of Fertilizer Research* 1991; 28: 85-93.
17. Agyei, MN., Strydom, CA., Potgieter, JH. *Cem. Concr. Res.*, 2000; 30:823-826.
18. Fox, RL., Kamprath, EJ. *Journal of Soil Science Society of American Proceedings* 1971; 35: 154-156.

Acknowledgements: The computational model developed in this study was supported by the National Research University (NRU), Project of Computational Modeling for Environmental Systems and Application. This research was funded by the Thailand Research Fund, Project No. MRG4580197.

Keywords: adsorption isotherm, leaching column, soil phosphorus, zeolite stabilisation

ดินไบโอ...ฮีโร่ช่วยสิ่งแวดล้อม



นวัตกรรม

ไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมากเป็นอันดับที่ 48 ของโลก แต่ใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงเป็นอันดับ 5 ของโลก จนกลายเป็นเหตุให้ผลิตผลทางการเกษตรมีการปนเปื้อนสารเคมี รวมถึงสารเคมีตกค้างในดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินเสื่อมสภาพลงและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่บางพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้ง โอกาสในการแพร่กระจายของสารเคมีในดินและน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น เป็นสิ่งที่ต้องการการป้องกันและแก้ไข

แม้ว่าขณะนี้จะมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้าไปจัดการกับปัญหาล้างสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น รวมถึงปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการเกษตร ล่าสุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) คิดค้นนวัตกรรมในการกักเก็บสารพิษไว้ที่เดิม ในผลงาน "ดินไบโอ" เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะมีคุณสมบัติสามารถบล็อกสารพิษไว้ในดิน อีกทั้งยังสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชได้อีกด้วย

อิตารัตน์ บุญศรี ผู้ช่วยวิจัยภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (มจธ.) เจ้าของผลงานดังกล่าว เปิดเผยว่า ดินไบโอไม่ใช่ดินที่อยู่ตามธรรมชาติทั่วไป แต่สังเคราะห์มาจากตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนนำมาผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ (Alkaline Stabilisation Method) คือ ปรับค่าพีเอชของตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้สารอัลคาไลน์ เช่น ปูนขาว

แก้ลอกจากเตาเผาผ่านหินลิกไนต์ ซึ่งทำให้ดินไบโอสามารถดูดซับธาตุอาหาร รวมทั้งสารอันตรายอย่างโลหะหนักได้ ช่วยลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ยังสามารถฆ่าเชื้อโรค และดับกลิ่นของตะกอนจุลินทรีย์ได้

นอกจากนี้ ดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะค่อนข้างร่วน อุ้มน้ำได้บางส่วน อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชอย่างไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยดิน

ไบโอเมียมได้ เนื่องจากมีสมบัติทนต่อการกัดที่มีค่าพีเอชถึง 1.00 ได้ ดินไบโอจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุฝังกลบประจำวัน และสามารถนำไปฟื้นฟูสภาพน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้อีกด้วย

นอกเหนือจากนี้ยังทำให้ดินตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเหมือนดินไบโอได้ด้วย โดยการปรับปรุงคุณภาพดินหรือทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง ผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ เช่นเดียวกับดินไบโอ ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอย่าง ปูนขาว แก้ลอม



ไบโอจะเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงช่วยลดต้นทุนค่ายุติและประหยัดน้ำในการเพาะปลูก

ที่สำคัญดินไบโอจะช่วยในด้านการเกษตรแล้วยังสามารถดูดซับโลหะหนักได้ จึงประยุกต์ใช้ในการฝังกลบขยะได้ เพราะปัจจุบันมีการกำจัดขยะจำนวนมหาศาลด้วยการฝังกลบ ขยะเหล่านี้บางส่วนมีสารอันตราย โดยเฉพาะโลหะหนักที่มีพิษปนออกมากับน้ำชะขยะส่งผลให้มีการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและแหล่งน้ำ ที่สำคัญดินไบโอมีคุณสมบัติดูดซับโลหะหนักได้ อาทิ โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ด้วยกระบวนการแปรสภาพเป็นโครวาเลนต์ โครเมียม จึงลดความเป็นพิษและละลายน้ำได้น้อยลง ถึงแม้ว่าน้ำชะขยะที่มีโลหะหนักโครเมียมจะมีสภาวะเป็นกรด ดินไบโอก็ยังสามารถกักเก็บโลหะหนัก

ซีโอไลต์ และโดโลไมต์ ผลในดิน สารอัลคาไลน์เหล่านี้ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารและโลหะหนักเหมาะแก่การเพาะปลูกและใช้ฝังกลบขยะได้ดีเช่นเดียวกับดินไบโอ

การวิจัยเรื่องดินนี้มุ่งเป้าเพื่อให้เกิดงานที่วิจัยที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และใช้ฝังกลบขยะเพื่อกักเก็บสารพิษอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเป็นวิธีการที่ง่ายและเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากแหล่งทุนวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และผลงานนี้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อการใช้งานจริงในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม หรือใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

เตลีนิวส์

ประจำวันอาทิตย์ที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2555

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมากเป็นอันดับที่ 48 ของโลก แต่ใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงเป็นอันดับ 5 ของโลก ทำให้พืชพันธุ์พันธุ์ป็นอันตรายเคมี รวมถึงสารเคมีตกค้างในดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินเสื่อมสภาพลง และมากที่สุดคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันบางพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งมากขึ้น เช่นนี้ โอกาสในการแพร่กระจายของสารเคมีในดิน และน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น เป็นสิ่งที่จะต้องมีการป้องกัน และแก้ไข

ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว มีการนำเทคโนโลยีใหม่ เข้าจัดการกับปัญหาลักษณะนี้ที่เกิดขึ้นไม่เว้นแม้แต่ปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการเกษตรแล้วสุด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม

ที่สำคัญดินไบโอดีช่วยในการเกษตรแล้วยังสามารถดูดซับโลหะหนักได้ จึงประยุกต์ใช้ในการฝังกลบขยะได้ เพราะปัจจุบันมีการกำจัดขยะจำนวนมากด้วยวิธีการฝังกลบ ขยะเหล่านี้อาจมีสารอันตราย โดยเฉพาะโลหะหนักที่ปนเปื้อนออกมาปนน้ำชะขยะ ส่งผลให้มีการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและ

นอกจากนี้จากดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นแล้วยังสามารถทำให้นดินตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเหมือนดินไบโอได้ด้วย การปรับปรุงคุณภาพดิน หรือทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง โดยการควบคุมการปรับเสถียรอัลคาไลน์ เช่นเดียวกับดินไบโอ ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอย่าง ปูนขาว แกะลอย ซีเมนต์ และไดโอสกั ผลผลิตดิน



สารอัลคาไลน์เหล่านี้ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารและโลหะหนัก เหมาะแก่การเพาะปลูกและใช้ฝังกลบขยะได้เช่นเดียวกับดินไบโอ

“แนวคิดของดินไบโอเหมือนกับทำแคปซูลให้พืช เวลาที่เรากินยา เราจะไม่แคปซูลในปากทำให้เราเจ็บ แต่จะแคปซูลในลำไส้เพื่อช่วยรักษาโรค เราปลูกพืชเช่นนี้เราอยากให้พืชเจริญเติบโตอย่างไม่ปรวนแปรไม่ได้ แต่รากพืชอยู่ในดินอยู่แล้วใช้ได้ดีเมื่อเรารดน้ำ สามารถปลูกพืชได้ 10-20 ครั้งจึงจะละลายไป ทำให้เราประหยัดค่าน้ำ และไม่ต้องเปลี่ยนสารพิษไปสู่อากาศแล้ว” นักรวิจัยบอกเล่า

ดร.ศิวะรัตน์ กล่าวไว้ ขณนี้จึงนำวิจัยขึ้น

‘ดินไบโอ’ พลิตจากจุลินทรีย์ บล็อกสารพิษในดิน เก็บอาหารให้พืช

เกศวิมล (นงอ.) คิดค้นนวัตกรรมในการกักเก็บสารพิษไว้ใต้ดิน ไม่ลงงาน “ดินไบโอ” เป็นนวัตกรรมสิ่งแวดล้อมเพราะมีคุณสมบัติสามารถบล็อกสารพิษไว้ในดิน อีกทั้งยังสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชได้อีกด้วย



ใช้เวลาทดลองอยู่ 4-5 ปีในท้องแล็บจึงได้ผลลัพธ์ที่ออกมาหลังจากนี้จะนำดินไบโอไปใช้ในแปลงทดลองพืชจริง ๆ โดยจะต้องแยกชนิดว่าจะใช้ดินไบโอบางชนิดมาปลูกพืชได้หรือไม่ เช่น ผัก ไม้ผล หรือแม้กระทั่งข้าว ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้ทุนวิจัยจากสำนักงาน

ดร.ศิวะรัตน์ บุญศรี และผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (นงอ.) เจ้าของผลงานดังกล่าวเปิดเผยว่า ดินไบโอใช้ดินที่อุดมด้วยธรรมชาติทั่วไป แต่สังเคราะห์มาจาก **ตะกอนจุลินทรีย์** ที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียที่หนองแขม และวิธีดักจับสารพิษผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ (Alkaline Stabilisation Method) คือ ปรับค่าพีเอชของตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้สารอัลคาไลน์ เช่น ปูนขาว แกะลอยจากเตาเผาถ่านหินดิบ ซึ่งทำให้ดินไบโอสามารถดูดซับธาตุอาหาร รวมทั้งสารอันตรายอย่างโลหะหนักได้ ช่วยลดปัญหาของสิ่งส่งแวดล้อม นอกจากนี้กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ยังสามารถนำเชื้อโรค และแบคทีเรียของตะกอนจุลินทรีย์ได้

“ดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะค่อนข้างขาว ใช้น้ำได้บางส่วน อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์ และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชอย่างไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยดินไบโอจะเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงช่วยลดต้นทุนค่าน้ำ และประหยัดน้ำในการเพาะปลูก”

แหล่งน้ำ แต่ดินไบโอมีคุณสมบัติดูดซับโลหะหนักได้ อาทิ โครเมียมและตะกั่ว เช่น ด้วยกระบวนการแปรสภาพเป็นโครมาเตอไรต์ จึงลดความเป็นพิษและละลายน้ำได้น้อยลง ถึงแม้ว่าขณะนี้จะมีโลหะหนักโครเมียมจะมีสารเป็นกรด ดินไบโอยังสามารถกักเก็บโลหะหนักโครเมียมได้ เนื่องจากมีสมบัติพันธะไอออนที่แข็งแรงถึง 1.00 ได้ ดินไบโอจึงเหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ดองกลบขยะจำวน และสามารถนำไปใช้ปลูกพืชน้ำได้ต้นแบบบนเนินโลหะหนักได้อีกด้วย

ดร.ศิวะรัตน์ บุญศรี

“การทำงานวิจัยเรื่อง ดินนี้ มุ่งเป้าเพื่อให้เกิดงานวิจัยที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และใช้ฝังกลบขยะเพื่อกักเก็บสารพิษอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เป็นวิธีการที่ง่ายและเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน” ดร.ศิวะรัตน์บอกถึงความตั้งใจ.

บ้านมืออง

ประจำวันอังคารที่ 17 เมษายน พ.ศ. 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) โซนนวัตกรรม “ดินไบโอ” ร่วมปกป้องดิน และน้ำจากสารพิษ เผยคุณสมบัติเด่นของดินไบโอที่สามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช รวมทั้งโลหะหนักจากโรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่ฝังกลบขยะ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมากเป็นอันดับที่ 49 ของโลก แต่ใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงเป็นอันดับ 5 ของโลก ซึ่งเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์การปนเปื้อนสารเคมี รวมถึงสารเคมีตกค้างในดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินเสื่อมสภาพลง และมากที่สุดคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่บางพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งมากขึ้นเช่นนี้ โอกาสในการแพร่กระจายของสารเคมีในดิน และน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น เป็นสิ่งที่ต้องการการป้องกัน และแก้ไข

ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว มีการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นไม่เว้นแม้แต่ปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการเกษตร ล่าสุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) คิดค้นนวัตกรรมในการกักเก็บสารพิษไว้ที่เดิม ใน

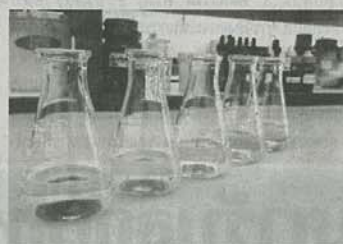
มจร.วิจัย ‘ดินไบโอ’ บล็อกสารพิษในดิน



ผลงาน “ดินไบโอ” เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพราะมีคุณสมบัติสามารถบล็อกสารพิษไว้ในดินอีกทั้งยังสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชได้อีกด้วย

ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี และผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (มจธ.) เจ้าของผลงานดังกล่าวเปิดเผยว่า ดินไบโอไม่ใช่ดินที่อยู่ตามธรรมชาติทั่วไป แต่สังเคราะห์มาจากตะกอนจุลินทรีย์ ที่ได้มาจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน นำมาผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ (Alkaline Stabilisation Method) คือปรับค่าพีเอชของตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้สารอัลคาไลน์ เช่น ปูนขาว แฉะลอยจากเตาเผาถ่านหินลิกไนต์ ซึ่งทำให้ดินไบโอสามารถดูดซับธาตุอาหาร รวมทั้งสารอันตรายอย่างโลหะหนักได้ ช่วยลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ยังสามารถฆ่าเชื้อโรค และดับกลิ่นของตะกอนจุลินทรีย์ได้

“ดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะค่อนข้างร่วน อุณหภูมิบางส่วน อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์ และธาตุ



อาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชอย่างไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยดินไบโอจะเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ย และประหยัดน้ำในการเพาะปลูก

ที่สำคัญดินไบโอจะช่วยในด้านการเกษตรแล้วยังสามารถดูดซับโลหะหนักได้ จึงประยุกต์ใช้ในการฝังกลบขยะได้ เพราะปัจจุบันมีการกำจัดขยะจำนวนมากหลายปีด้วยการฝังกลบ ขยะเหล่านั้นอาจมีสารอันตราย โดยเฉพาะโลหะหนักที่มีปะปนออกมาปนกับน้ำขยะ ส่งผลให้มีการปนเปื้อนโลหะหนัก

ในดินและแหล่งน้ำ แต่ดินไบโอมีคุณสมบัติดูดซับโลหะหนักได้ อาทิ โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ด้วยกระบวนการแปรสภาพเป็นไตรวาเลนต์โครเมียม จึงลดความเป็นพิษและละลายน้ำได้น้อยลง ถึงแม้ว่าขยะที่มีโลหะหนักโครเมียมจะมีสภาวะเป็นกรด ดินไบโอก็ยังสามารถกักเก็บโลหะหนักโครเมียมได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติทนต่อกรดที่มีค่าพีเอชถึง 1.00 ได้ ดินไบโอจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุฝังกลบขยะ และสามารถนำไปฟื้นฟูสภาพน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้อีกด้วย

นอกเหนือจากดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นแล้วยังสามารถทำให้ดินตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเหมือนดินไบโอได้ด้วย การปรับปรุงคุณภาพดิน หรือทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงโดยการบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ เช่นเดียวกับดินไบโอ ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอย่าง ปูนขาว แฉะลอย ซีโอไลต์ และดีเอสไอท์ ผสมในดิน สารอัลคาไลน์เหล่านี้ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารและโลหะหนัก เหมาะแก่การเพาะปลูกและใช้ฝังกลบขยะได้ดีเช่นเดียวกับดินไบโอ

ทั้งนี้ ดร.ธิดารัตน์ กล่าวว่า การทำงานวิจัยเรื่องดินนี้ มุ่งเป้าเพื่อให้เกิดงานวิจัยที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และใช้ฝังกลบขยะเพื่อกักเก็บสารพิษอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เป็นวิธีการที่ง่ายและเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากแหล่งทุนวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และผลงานนี้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อการใช้งานจริงในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม หรือใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป



กรุงเทพธุรกิจ

ประจำวันพฤหัสบดีที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2555

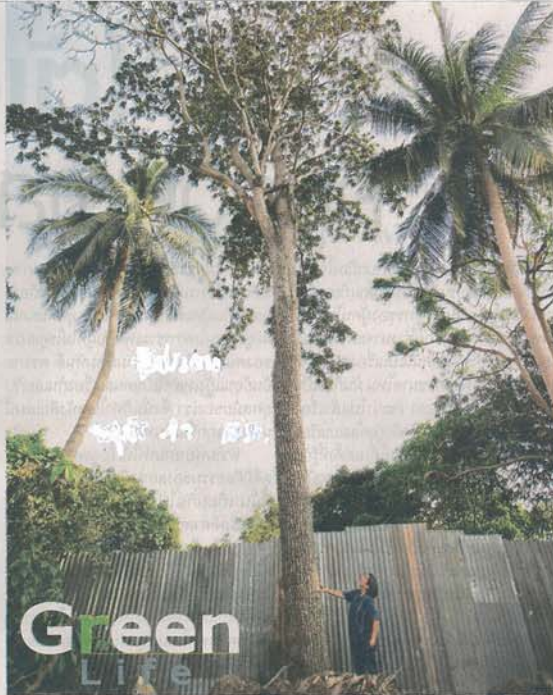
ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมากเป็นอันดับที่ 48 ของโลก แต่ใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงเป็นอันดับ 5 ของโลก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตมีการปนเปื้อนสารเคมี รวมถึงสารเคมีตกค้างในดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินเสื่อมสภาพลง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่บางพื้นที่ของประเทศไทย ต้องประสบกับปัญหาน้ำท่วมถาวรขึ้น โอกาสในการแพร่กระจายของสารเคมีในดิน และน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น เป็นสิ่งที่ต้องช่วยกันป้องกัน และแก้ไข

ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว มีการนำเทคโนโลยีใหม่ เข้าจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการเกษตร สารพิษจากวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) คิดค้นนวัตกรรมในการกักเก็บสารพิษไว้ที่เดิมในผลงาน “ดินไบโอ” เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะมีคุณสมบัติสามารถบล็อกสารพิษไว้ในดิน อีกทั้งยังสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชได้อีกด้วย

ดินไบโอ ดังกล่าวยังรวมปกป้องดินและน้ำจากสารพิษ สามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช รวมทั้งโลหะหนัก จากโรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่ที่ฝังกลบขยะ

ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี และผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เจ้าของผลงานดังกล่าวบอกว่า ดินไบโอไม่ใช่ดินที่อยู่ตามธรรมชาติทั่วไป แต่สังเคราะห์มาจากตะกอนจุลินทรีย์ ที่ได้จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน นำมาผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ (Alkaline Stabilisation Method) คือ ปรับค่าพีเอชของตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้สารอัลคาไลน์ เช่น ปูนขาว แล้วลอยจากตะกอนหนักในถัง ซึ่งทำให้ดินไบโอสามารถดูดซับธาตุอาหาร รวมทั้งสารอันตรายอย่างโลหะหนักได้ ช่วยลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ยังสามารถกำจัดเชื้อโรค และดับกลิ่นของตะกอนจุลินทรีย์ได้



มีสารเคมีมากมายในดินที่ทำการเกษตร

ใช้ดินไบโอ บล็อกสารพิษในดิน



น้ำเสียที่ปนเปื้อนโครเมียม สีเหลืองยังไม่ผ่านดินไบโอ ส่วนสีเขียวผ่านการบำบัด

“ดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะค่อนข้างวุ้น อันนี้ไม่ได้บางส่วน อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์ และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชอย่าง ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยดินไบโอจะเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในดิน ให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ย และประหยัดน้ำในการเพาะปลูก”

ที่สำคัญดินไบโอจะช่วยในด้านการเกษตร และยังสนับสนุนให้เกษตรกรได้ จึงประยุกต์ใช้ในการฝังกลบขยะได้ เพราะปัจจุบันมีการกำจัดขยะจำนวนมากด้วยการฝังกลบ ขยะเหล่านี้อาจมีสารอันตราย โดยเฉพาะโลหะหนัก ที่มีพิษปนออกมากับน้ำและขยะ ส่งผลให้มีการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและแหล่งน้ำ แต่ดินไบโอมีคุณสมบัติดูดซับโลหะหนักได้อีก โครเมียม-เฮกซะวาเลนต์ ด้วยกระบวนการแปรสภาพเป็นไตรวาเลนต์โครเมียม จึงลดความเป็นพิษและละลายน้ำได้น้อยลง

ถึงแม้โลหะหนักโครเมียมโครเมียมจะมีพิษร้ายแรง ดินไบโอยังสามารถกักเก็บโลหะหนักโครเมียมได้เนื่องจากมีสมบัติการดูดซับที่ค่าพีเอชถึง 1.00 ได้ ดินไบโอจึงเหมาะสำหรับ

ใช้เป็นวัสดุฝังกลบประจำวัน และสามารถนำไปฟื้นฟูสภาพน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้อีกด้วย

นอกเหนือจากดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นแล้ว ยังสามารถทำให้ดินตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเหมือนดินไบโอได้ด้วย การปรับปรุงคุณภาพดิน หรือทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง โดยกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ เช่นเดียวกับดินไบโอ ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอย่าง ปูนขาว แกลบยิบ ซีโอไลต์ และโดโลไมท์ ผสมในดิน สารอัลคาไลน์เหล่านี้ ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหาร และโลหะหนัก เมล็ดและการเพาะปลูกและใช้ฝังกลบขยะได้ดีเช่นเดียวกับดินไบโอ



ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี



ดินไบโอ

ทั้งนี้ ดร.ธิดารัตน์กล่าวว่า การทำงานวิจัยเรื่องดินนี้ มุ่งเป้าเพื่อให้เกษตรกรที่วิจัยที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น สามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และใช้ฝังกลบขยะเพื่อกักเก็บสารพิษอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

“เป็นวิธีการที่ง่ายและเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากแหล่งทุนวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และผลงานนี้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อการใช้งานจริงในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม หรือใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป”

หมายเหตุ : สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม โทร. 0 2270 1350 4 ต่อ 109



มจร. พัฒนา “ดินไบโอ” ช่วยบล็อกสารพิษในดิน แดกดูดซับอาหารให้พืช ตอบโจทย์สิ่งแวดล้อมภาคเกษตร-อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไร่นาวิศวกรรม “ดินไบโอ”
ร่วมปกป้องดินและน้ำจากสารพิษ เพื่อยุติสมบัติเน่ของดินไบโอที่สามารถ
ดูดซับธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช รวมทั้งโลหะหนัก จากโรงงานอุตสาหกรรม
และพื้นที่ฝังกลบขยะ:



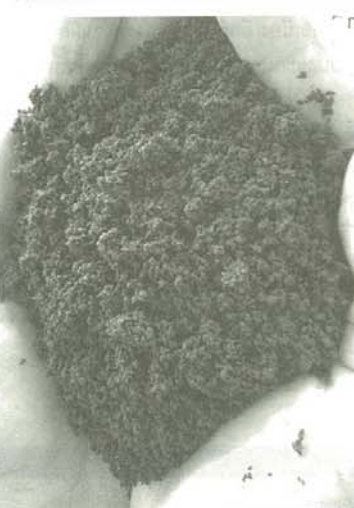
ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ทำการเกษตร
มากเป็นอันดับที่ 48 ของโลก แต่ใช้สารเคมีและยา
ฆ่าแมลงเป็นอันดับ 5 ของโลก ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผลผลิต
มีการปนเปื้อนสารเคมี รวมถึงสารเคมีตกค้างในดินที่ใช้
ในการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินเสื่อมสภาพลง และยัง
ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบัน
ที่บางพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับปัญหาน้ำท่วม
บ่อยครั้งมากขึ้นเช่นนี้ โอกาสในการแพร่กระจายของสาร
เคมีในดิน และน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะ
ต้องเร่งป้องกัน และหามาตรการแก้ไข



ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี นักวิจัย
จาก มจร. เจ้าของผลงาน
“ดินไบโอ”

ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับ
ปัญหาดังกล่าว มีการนำเทคโนโลยีใหม่ เข้าจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นไม่เว้น
แม้แต่ปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการเกษตร ล่าสุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี (มจร.) คิดค้นนวัตกรรมในการกักเก็บสารพิษไว้ที่เดิม ที่เรียกว่า “ดินไบโอ”
ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพราะมีคุณสมบัติสามารถบล็อกสารพิษไว้ในดิน อีกทั้ง
ยังสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชได้อีกด้วย

ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี และผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจร.) เจ้าของผลงาน “ดินไบโอ” กล่าวว่า
ดินไบโอไม่ใช่ดินที่อยู่ตามธรรมชาติทั่วไป แต่สังเคราะห์มาจากตะกอนจุลินทรีย์ ที่ได้
จากโรงงานบำบัดน้ำเสียชุมชนนำมาผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ (Alkaline
Stabilisation Method) หรือปรับค่าพีเอชของตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้สารอัลคาไลน์ เช่น
ปูนขาว แล้วลอยจากเตาเผาผ่านหินลิเกนด์ ทำให้ดินไบโอสามารถดูดซับธาตุอาหาร
รวมทั้งสารอันตรายอย่างโลหะหนักได้ ช่วยลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้



กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ยัง
สามารถฆ่าเชื้อโรค และดับกลิ่นของ
ตะกอนจุลินทรีย์ได้อีกด้วย

“ดินไบโอ” ดินอัจฉริยะช่วยบล็อก
สารพิษในดิน และดูดซับอาหารให้พืช

“ดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะค่อนข้างร่วน อุ้มน้ำได้บางส่วน
 อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์ และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชอย่าง
 ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยดินไบโอจะเปลี่ยนรูป
ของธาตุอาหารในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ย
 และประหยัดน้ำในการเพาะปลูก”

ที่สำคัญดินไบโอจะช่วยในด้านการเกษตรแล้วยังสามารถดูดซับ
โลหะหนักได้ จึงประยุกต์ใช้ในการฝังกลบขยะได้เพราะปัจจุบันมีการกำจัด
ขยะจำนวนมากด้วยวิธีการฝังกลบ ขยะเหล่านั้นอาจมีสารอันตราย โดย
เฉพาะโลหะหนักที่มีปะปนออกมากับน้ำชะขยะ ส่งผลให้มีการปนเปื้อน
โลหะหนักในดินและแหล่งน้ำ แต่ดินไบโอมีคุณสมบัติดูดซับโลหะหนักได้
 อาทิ โครเมียม แอซเวสวาเลนซ์ ด้วยกระบวนการแปรสภาพเป็นไตรวาเลนซ์
โครเมียม จึงลดความเป็นพิษและละลายน้ำได้น้อยลง ถึงแม้ว่าน้ำชะขยะที่มี
โลหะหนักโครเมียมจะมีสภาพเป็นกรด ดินไบโอก็ยังสามารถกักเก็บโลหะ
หนักโครเมียมได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนที่มีค่าพีเอชถึง 1.00 ได้
 ดินไบโอจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุฝังกลบประจำวัน และสามารถนำไป
ฟื้นฟูสภาพน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้อีกด้วย

นอกเหนือจากดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นแล้วยังสามารถทำให้ดิน
ตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเหมือนดินไบโอได้ด้วย การปรับปรุงคุณภาพดิน
หรือทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง โดยกระบวนการปรับ
เสถียรอัลคาไลน์ เช่นเดียวกับดินไบโอ ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม
อย่าง ปูนขาว แก้วลอย ซีโอไซด์ และโดโลไมท์ ผสมในดิน สารอัลคาไลน์
เหล่านี้ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารและโลหะหนัก
เหมาะแก่การเพาะปลูกและใช้ฝังกลบขยะได้ดีเช่นเดียวกับดินไบโอ

ดร.ธิดารัตน์ กล่าวต่อไปว่า การทำงานวิจัยเรื่องนี้ มุ่งเป้าเพื่อ
ให้เกิดงานวิจัยที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม
การปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช
และใช้ฝังกลบขยะเพื่อกักเก็บสารพิษอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเป็นวิธีการที่ง่าย
และเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการ
สนับสนุนจากแหล่งทุนวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
และผลงานนี้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ใช้งานได้จริงในภาคเกษตรกรรม
และอุตสาหกรรม หรือใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

มจร. วิจัย “ดินไมโอ” ธีรโรสิ่งแวดลอม บล็อกสารพิษในดิน เก็บอาหารให้พืช



ดร. ชิดารัตน์ บุญศรี

ดินและปุ๋ย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ธีรโร นวัตกรรม “ดินไมโอ” ร่วมปกป้องดินและน้ำจากสารพิษ เผยคุณสมบัติเด่นของดินไมโอที่สามารถดูดซับธาตุอาหารที่มี

ประโยชน์ต่อพืช รวมทั้งโลหะหนัก จากโรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่ฝังกลบขยะ

ประเทศไทย เป็นประเทศที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมากเป็นอันดับที่ 48 ของโลก แต่ใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงเป็นอันดับ 5 ของโลก ซึ่ง

เป็นเหตุให้ผลิตผลมีการปนเปื้อนสารเคมี รวมถึงสารเคมีตกค้างในดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินเสื่อมสภาพลง และมากที่สุดคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันบางพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งมากขึ้นเช่นนี้ โอกาสในการแพร่กระจายของสารเคมีในดินและน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น เป็นสิ่งที่ต้องการการป้องกันและแก้ไข

ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว มีการนำเทคโนโลยีใหม่เข้าจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นไม่ว่าแม้แต่ปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการเกษตร ล่าสุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) คิดค้นนวัตกรรมในการกักเก็บสารพิษไว้ที่เดิม ในผลงาน “ดินไมโอ” เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพราะมีคุณสมบัติสามารถบล็อกสารพิษไว้ในดิน อีกทั้งยังกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชได้อีกด้วย

ดร. ชิดารัตน์ บุญศรี และผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (มจร.) เจ้าของผลงานดังกล่าวเปิดเผยว่า ดินไมโอ ไม่ใช่ดินที่อยู่ตามธรรมชาติทั่วไป แต่สังเคราะห์มาจากตะกอนจุลินทรีย์ ที่ได้จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน นำมาผ่านกระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ (Alkaline Stabilisation Method) คือปรับค่า พีเอชของตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้สารอัลคาไลน์ เช่น ปูนขาว แล้วลอยจากตะกอนหนักในน้ำ ซึ่งทำให้ดินไมโอสามารถดูดซับธาตุอาหาร รวมทั้งสารอันตรายอย่างโลหะหนักได้ ช่วยลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ กระบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ยังสามารถฆ่าเชื้อโรค และดับกลิ่นของตะกอนจุลินทรีย์ได้

“ดินไมโอที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะค่อนข้างร่วน อ่อนนุ่มบางส่วน อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชอย่าง



ดินไมโอที่ได้

ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยดินไบโอจะเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ย และประหยัดน้ำในการเพาะปลูก ดร. ชิตารัตน์ กล่าวที่สำคัญดินไบโอจะช่วยให้ด้านการเกษตรแล้วยังสามารถดูดซับโลหะหนักได้ จึงประยุกต์ใช้ในการฝังกลบขยะได้ เพราะปัจจุบันมีการกำจัดขยะจำนวนมากด้วยการฝังกลบ ขยะเหล่านั้นอาจมีสารอันตราย โดยเฉพาะโลหะหนักที่มักปะปนออกมาปนกับน้ำชะขยะ ส่งผลให้มีการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและแหล่งน้ำ แต่ดินไบโอมีคุณสมบัติดูดซับโลหะหนักได้อีกที่ ไคโรเมียมแซทราเวนส์ ด้วยการกระบวนการแปรสภาพเป็นไครวาเลนส์ไคโรเมียม จึงลดความเป็นพิษและละลายน้ำได้น้อยลง ถึงแม้ว่าขยะที่มีโลหะหนักไคโรเมียมจะมีสถานะเป็นกรด ดินไบโอก็ยัง

สามารถกักเก็บโลหะหนักไคโรเมียมได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ทนต่อการด่างที่มีค่า พีเอช ถึง 1.00 ได้ ดินไบโอจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุฝังกลบประจำวัน และนำไปฟื้นฟูสภาพน้ำใต้ดินที่ปน



น้ำเสียที่ปนเปื้อนไคโรเมียม

เปื้อนโลหะหนักได้อีกด้วย

นอกเหนือจากดินไบโอที่สังเคราะห์ขึ้นแล้ว ยังสามารถทำให้ดินตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเหมือนดินไบโอได้ด้วย การปรับปรุงคุณภาพ

ดิน หรือทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง โดยการบวนการปรับเสถียรอัลคาไลน์ เช่นเดียวกับดินไบโอ ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอย่าง ปูนขาว แก้วลอย ซีโอไลต์

และไดโอไลต์ ผสมในดิน สารอัลคาไลน์เหล่านี้ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารและโลหะหนัก เหมาะแก่การเพาะปลูกและใช้ฝังกลบขยะได้ดีเช่นเดียวกับดินไบโอ

ทั้งนี้ ดร. ชิตารัตน์ กล่าวว่า การทำงานวิจัยเรื่องดินนี้ มุ่งเป้าเพื่อให้เกิดงานวิจัยที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และใช้ฝังกลบขยะเพื่อกักเก็บสารพิษอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เป็นวิธีการที่ง่ายและเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากแหล่งทุนวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และผลงานนี้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อการใช้งานจริงในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม หรือใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม โทร. (02)

270-1350-4 ต่อ 109, คุณน้า (081)

407-6609, คุณน้าตาล (086) 835-2959

ความเคลื่อนไหวโครงการ >>



สวัสดีปีใหม่ 2556 ขอให้ผู้อ่านทุกท่านมีความสุข สุขภาพแข็งแรงตลอดปีค่ะ และขอต้อนรับสู่โครงการโรงเรียนสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อม เฉลิมพระเกียรติครั้งที่ 7 อย่างเป็นทางการนะคะ แม้กาลเวลาจะผันผ่านแต่เรายังคงยืนหยัดในการ “ตามรอยเท้าพ่อ...กับฮอนด้า” อยู่เช่นเดิม หากแต่ครั้งนี้ เรา บริษัท ฮอนด้า ออโตโมบิล (ประเทศไทย) จำกัด รับหน้าที่ในการสานต่อเจตนารมณ์ของฮอนด้า และการเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ซึ่งมุ่งเน้นการเพาะความคิด ปลุกจิตสำนึกที่ยั่งยืนให้แก่เยาวชน และสังคมไทย โดยให้โรงเรียนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโครงการสิ่งแวดล้อมฯ และโรงเรียนที่ได้รับรางวัลชมเชย ได้พัฒนาคุณภาพในการดำเนินงานผ่านเกณฑ์มาตรฐานโครงการฯ ที่น้อมนำแนวพระราชดำริไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ควบคู่กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสร้างสรรค์เยาวชนไทยและสังคมไทยที่มีคุณภาพ และเป็นผู้ในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในโลกแห่งอนาคตต่อไป และเราก็ได้เพื่อนสมาชิกสมัครเข้าร่วมโครงการฯ เพื่อสานต่อเจตนารมณ์ร่วมกันในครั้งนี้ 50 โรงเรียน เรามาคอยเอาใจช่วยให้ทุกโรงเรียนผ่านการคัดเลือกเป็นโรงเรียนมาตรฐานในครั้งนี้กันนะคะ ติดตามฟังข่าวกันอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์นี้ หรือคอยติดตามที่ www.facebook.com/hondagreenschool และ www.hondagreenschool.com ค่ะ

สาระน่ารู้ “เรื่องการจัดการขยะ” (ตอนที่ 1) >>

“ขยะ” เป็นคำที่เราทุกคนใช้แทนสิ่งต่างๆ ที่เราไม่ใช้แล้ว หรือหมดประโยชน์แล้ว บางคนเห็นเป็นสิ่งที่ไร้ค่า ไม่มีประโยชน์ บางคนมองว่า เป็นสิ่งที่ทำลายสิ่งแวดล้อม แต่หากถามว่า “ขยะมาจากไหน?” เราคงปฏิเสธไม่ได้ว่า ขยะเกิดขึ้นจากพวกเราทุกคน ไม่มีใครไม่สร้างขยะ เพราะขยะมาจากการบริโภคและการดำเนินชีวิตประจำวันของพวกเรานั้นเอง ลองมาดูกันนะคะว่า ขยะแต่ละชนิดต้องใช้เวลาในการย่อยสลายไปตามธรรมชาติต่างกันเพียงใด ในตารางด้านล่างนี้ค่ะ

เปลือกส้ม	6 เดือน	ผ้าอ้อมเด็กชนิดสำเร็จรูป	500 ปี
เชือก	3-14 เดือน	ก้นบุหรี่	12 ปี
เศษกระดาษ	2-5 เดือน	ถุงพลาสติก	<20ปี
เปลือกกล้วย	3-4 อาทิตย์	ถ้วยกระดาษเคลือบ	5 ปี
ไม้	13 ปี	รองเท้าหนัง	<45 ปี
ถุงกระดาษ	<1 เดือน	ขวดพลาสติก	<450 ปี
กระดาษกล่อง	<2 เดือน	รองเท้าหนัง	25-40 ปี
ผ้าขนสัตว์	1 ปี	กระป๋องอลูมิเนียม	1,000,000 ปี
ถุงเท้า	<1 ปี	ขวดแก้ว	2,000,000 ปี

จดหมายข่าว*Newsletter



แลกเปลี่ยนเรียนรู้ >>

ศูนย์เรียนรู้สิ่งแวดล้อม หลังโรงเรียนบ้านสันป่าไร่ จ.ตาก โรงเรียนรางวัลถ้วยพระราชทานพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ โครงการฯ ปี 2554 เป็นสถานที่รวมตัวของเด็กๆ ในการเรียนรู้วิถีการดำเนินชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พร้อมรักษาวินัยธรรม ในห้องสิ่งแวดล้อม ทำจากดิน มุงด้วยใบตองตึง ที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์สำหรับโทรทัศน์เพื่อการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมด้วยฐานเรียนรู้ที่กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม สวยงามเป็นธรรมชาติ ทั้งจุดเรียนรู้วิถีชีวิตบ้านปกาเกอญอ (รักษสิ่งแวดล้อมภูมิปัญญาท้องถิ่น) ฐานเรียนรู้สารสกัดธรรมชาติ ฐานเรียนรู้การจัดการขยะในครัวเรือน ฐานเรียนรู้การใช้พลังงานทดแทน เช่น เตาพลังงานความร้อนจากแอลกอฮอล์ จักรยานปั่นรดน้ำต้นไม้ เตาถ่าน จากซังข้าวโพด เตาเผาถ่านที่ได้น้ำส้มควันไม้และกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมแทนยาแก้อาการต่างๆ ฐานเรียนรู้การทำปุ๋ยหมัก ฐานเรียนรู้การปลูกพืชผักสวนครัว และการดักไขมัน และบำบัดน้ำจากโรงอาหารด้วยวิธีธรรมชาติ กิจกรรมการเกษตร ฐานเรียนรู้การทำหมูลูม เพาะเห็ดนางฟ้า ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ได้ถูกร้อยเรียงเข้าในหลักสูตรการเรียนรู้ไว้อย่างชัดเจน และด้วยการทำมาเข้าใจจริงในการดำเนินชีวิตในโรงเรียน ที่ไม่เพียงแต่เป็นจุดให้เรียนรู้ ไม่เพียงแต่ภายในโรงเรียนเท่านั้น แต่เด็กๆ และคุณครู ยังได้ร่วมกับชุมชน และหน่วยงานท้องถิ่นในการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำให้อยู่กับพวกเขาและสิ่งแวดล้อมด้วยการช่วยกันทำฝายชะลอน้ำ ทำให้โรงเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมของตนด้วยการมีส่วนร่วมของนักเรียน ครูและชุมชน เพื่อให้เกิดความตระหนักและจิตสำนึกในการอยู่อย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

สนใจแลกเปลี่ยน ติดต่อ ครูพวงเพชร ฉิมสุต โทร. 055-585205 ศูนย์เรียนรู้สิ่งแวดล้อม เฉลิมพระเกียรติ โรงเรียนบ้านสันป่าไร่ อ.แม่ระมาด จ.ตาก



ดินไบโอ...ดินสังเคราะห์เพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน >>

“ดินไบโอ” คือตะกอนจุลินทรีย์ที่ทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งผ่านกระบวนการปรับเสถียรด้วยต่าง เช่น แก้วลอยจากเตาเผาถ่านหินลิกไนต์ และปูนขาว แม้ว่าดินไบโอจะถูกสังเคราะห์มาจากตะกอนจุลินทรีย์ แต่การปรับเสถียรด้วยต่าง สามารถกำจัดเชื้อโรค และดับกลิ่นตะกอนจุลินทรีย์ ดินไบโอจะค่อนข้างร่วน อุ่มน้ำได้ และมีธาตุอาหาร และอินทรีย์วัตถุ เป็นองค์ประกอบหลัก ดินไบโอจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถดูดซับธาตุอาหาร ฟอสฟอรัส และโลหะหนัก ดินไบโอจึงสามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูก และการดูดซับโลหะหนักในดินได้

การทดสอบประสิทธิภาพการกักเก็บธาตุอาหารฟอสฟอรัสในดินไบโอ พบว่า ดินไบโอสามารถดูดซับฟอสฟอรัสที่มาจากปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยเคมี ได้สูงถึง 24 กรัมของสารอินทรีย์ ฟอสฟอรัสที่ถูกเก็บไว้ในดินจะอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ การใช้ดินไบโอสามารถลดการสูญเสียของธาตุอาหารฟอสฟอรัสออกไปพร้อมกับน้ำที่รดในแปลงเพาะปลูก จึงประหยัดต้นทุนค่าปุ๋ย ประหยัดน้ำ และไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ การทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักเฮกซะวาเลนไทโครเมียม (Cr(VI)) ซึ่งเป็นโลหะหนักที่ละลายอยู่ในน้ำชะขยะที่เป็นพิษต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ดินไบโอสามารถดูดซับเฮกซะวาเลนไทโครเมียมได้สูงถึง 5 มก.โครเมียม ต่อ 1 กรัมของสารอินทรีย์ ดินไบโอสามารถแปรสภาพเฮกซะวาเลนไทโครเมียมไปเป็นไตรวาเลนไทโครเมียม (Cr(III)) ซึ่งละลายน้ำได้น้อยลงและมีพิษต่ำกว่า เมื่อไตรวาเลนไทโครเมียมถูกดูดซับอยู่บนดินไบโอ จะเกิดการปรับเสถียรเป็นสารประกอบโครเมียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ ดินไบโอยังทนต่อการดัดแปลงค่าพีเอชที่ 1.00 จึงทำให้สามารถเก็บกักโลหะหนักโครเมียมได้ แม้ว่าน้ำชะขยะจะมีค่าพีเอชเป็นกรดก็ตาม ดินไบโอเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุกลบประจำวัน (Daily cover)



♦นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนโดย ผศ. ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี♦