

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ข้าว

ข้าวเป็นอาหารหลักที่คนไทยรับประทานกันเป็นประจำวัน และเป็นพืชอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งของประชากรโลกและเป็นอาชีพหลักของประชากรกว่า 113 ประเทศทั่วโลก ที่มีการปลูกข้าว ข้าวเป็นแหล่งพลังงานของประชากรโลกกว่าร้อยละ 27 (บัณฑิต อนุรักษ์, (2551), น. 53) ร้อยละ 72 ของคนไทย มีอาชีพในการทำนา เราอาจกล่าวได้ว่าข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญและผูกพันกับวิถีชีวิตของคนไทยและประชากรโลก

ข้าวหอมมะลิ 105

ข้าวหอมมะลิ 105 (Jasmine Rice) เป็นข้าวเจ้า ไรต์ช่วงแสง โดยลักษณะเด่น คือสามารถทนแล้งได้ดี ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม ปลูกมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ (มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. “ข้าวมะลิ 105”. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2551, จาก http://www.ricethailand.go.th/rkb/data_002/a1/rice_xx2-03_ricebreed_Khao_Dawk_Mali_105.html)

พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ได้แก่ จังหวัด สุรินทร์ ยโสธร บุรีรัมย์ นครราชสีมา ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม จากการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิในภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบว่าในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นเขตที่เหมาะสมที่สุด โดยเฉพาะในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546, น.13 -14)

ข้าวอินทรีย์

การผลิตข้าวอินทรีย์ ต้องมีการรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อรักษาระดับผลผลิต โดยเฉพาะการจัดการธาตุอาหารหลัก ไม่เผาตอซังฟางข้าว และเศษซากพืชรวมทั้งควหา

วัสดุอินทรีย์จากพื้นที่ข้างเคียงใส่เพิ่มเติมเข้าด้วย ข้าวอินทรีย์ เป็นข้าวที่ได้จากการผลิตแบบ เกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นวิธีการผลิตที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เป็นต้นว่า ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมและกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรค แมลงและ สัตว์ศัตรูข้าวในทุกขั้นตอนการผลิตและในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต หากมีความจำเป็นแนะนำให้ใช้วัสดุจากธรรมชาติ และสารสกัดจากพืชที่ไม่มีพิษต่อคนหรือไม่มีสารพิษตกค้างปนเปื้อนใน ผลผลิต ในดินและในน้ำ ในขณะเดียวกันก็เป็นการรักษาสภาพแวดล้อม ทำให้ได้ผลผลิตข้าวที่มี คุณภาพดี ปลอดภัยจากอันตรายของผลตกค้าง ส่งผลให้ผู้บริโภคมีสุขภาพดีและคุณภาพชีวิตที่ดี ขึ้น (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. “ข้าวอินทรีย์”. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2551, จากhttp://www.ricethailand.go.th/rkb/data_010 /rice_xx2-10_organic_new_001.html)

อินทรีย์วัตถุ

อินทรีย์วัตถุ (organic matter) หมายถึงสิ่งที่ได้จากการ ย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ รวมถึงสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ ขยะ รวมถึงเศษซากจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว และในขั้นตอน สุดท้ายของการย่อยสลายจะได้ฮิวมัส ฮิวมัสเป็นสารที่เสถียรมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง สามารถดูดซับน้ำได้ดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545, น.1)

อินทรีย์วัตถุในดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุม และกำหนดสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพของดิน เช่น การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักของพืชในดิน การช่วยให้ ดินเกาะกันเป็นโครงสร้าง ช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำในดิน ช่วยเพิ่มการระบายอากาศ ลดอัตราการ ชะล้างพังทลาย รวมถึงส่งเสริมกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเป็นไปอย่าง ค่อนข้างสมบูรณ์เมื่อสภาพของดินมีการถ่ายเทอากาศดี องค์ประกอบส่วนใหญ่ที่สลายตัวง่ายๆ จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ คงเหลือแต่สารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวยาก ได้แก่ ฮิวมัส กรดอินทรีย์ และสารเมือก โดยฮิวมัสเป็นอินทรีย์วัตถุในดินที่คงทนต่อการสลายตัว มีธาตุเป็น องค์ประกอบทางเคมี เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และธาตุ อื่นๆ และจากการสลายตัวของสารอินทรีย์จะปลดปล่อยกรดอินทรีย์ที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ ของธาตุอาหารพืชในดิน โดยช่วยในการทำ ละลายธาตุต่างๆ ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้ทันที ส่วนสารเมือก นั้นเป็นสารที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน โดยจะช่วย

ในการจัดเรียงตัวของอนุภาคดิน เป็นสารเชื่อมที่ช่วยให้ดินมีโครงสร้างคล้ายทรงกลม ซึ่งเป็นดินที่มีช่องว่างพอเหมาะ ร่วนซุยเหมาะต่อการขนถ่ายของรากพืช (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547, น.1-2)

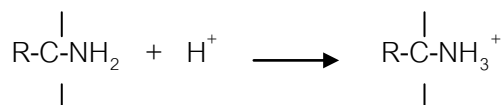
ความสามารถในการดูดซับไอออนของอินทรีย์วัตถุในดินนั้นสูงมาก โดยทั่วไปการดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุจะสูงกว่าคอลลอยด์อื่นๆ ตั้งแต่ 2-30 เท่า ในดินโดยทั่วไปปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุในดินจะอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30 - 90 ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด

ความสามารถในการดูดซับนี้มาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งส่วนใหญ่ก็เกิดจากการแยกตัวของสารประกอบบางกลุ่มโดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มคาร์บอกซิลิก (carboxylic group) และกลุ่มฟีนอลิกไฮดรอกไซด์ (phenolic OH group) ดังนี้

carboxylic group



นอกจากความสามารถในการดูดซับแคตไอออนแล้ว โมเลกุลของอินทรีย์วัตถุในดินยังมีประจุบวกอยู่บางส่วน ทำให้มีความสามารถในการดูดซับแอนไอออนด้วย ส่วนที่เป็นประจุบวกดังกล่าวมักเกิดขึ้นจากกระบวนการเติมโปรตอน (protonation) ของกลุ่มเอมีน (amine group) บนอนุภาคอินทรีย์วัตถุดังนี้



ความสามารถในการดูดซับแคตไอออนหรือแอนไอออนของอินทรีย์วัตถุในดินมีความสำคัญมากในการป้องกันมิให้ธาตุอาหารพืชถูกชะละลายสูญหายไปกับน้ำได้ง่าย (เพิ่มพูน กิริติกสิกร, 2546, น. 46-47)

ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้น โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความโปร่ง ความร่วนซุย ความสามารถในการอุ้มน้ำ และการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และช่วยให้จุลินทรีย์ในดินทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กรมส่งเสริมการเกษตร. “ปุ๋ยอินทรีย์”. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2551, จาก <http://www.doae.go.th/spp/biofertilizer/or3.htm>)

ปุ๋ยอินทรีย์ คือ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ และเป็นสารปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น มีแหล่งกำเนิดมาจากสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547, น.1)

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวขึ้นในนาข้าวยังมีฟางข้าวซึ่งมี อินทรีย์วัตถุที่มีประโยชน์แก่ดิน เมื่อฟางข้าวย่อยสลาย จะให้ธาตุอาหารแก่พืชเมื่อฟางข้าวย่อยสลายแล้วจะได้ธาตุอาหารต่างๆ เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซิลิกา ฟางข้าวจำนวน 1 ตัน เมื่อหมักแล้วจะได้ธาตุอาหารทั้งธาตุหลักและธาตุรอง ดังนี้คือ ไนโตรเจน 6 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 1.4 กิโลกรัม โพแทสเซียม 17 กิโลกรัม แคลเซียม 1.2 กิโลกรัม แมกนีเซียม 1.3 กิโลกรัม และซิลิกา 50 กิโลกรัม ปกติในนาเกษตรกรรมในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินเป็นดินเหนียวส่วนใหญ่มีฟางข้าวเหลือ 800-1,000 กิโลกรัม/ไร่ รวมทั้งตอซังอีก 1,200 – 1,500 กิโลกรัม/ไร่ คือ เฉลี่ยทั้งตอซังและฟางข้าวประมาณ 2 ตัน/ไร่ ส่วนในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนทรายจะมีฟางข้าวเหนียวต่ำกว่าคือ 500 – 800 กิโลกรัม/ไร่ (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. “ฟางข้าว”. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2551, จาก http://dankhunthot.khorat.doae.go.th/e_rice/rice_1.html)

ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากการเลี้ยงสัตว์และได้มีการนำมาใช้ทางการเกษตรอย่างแพร่หลายเป็นเวลานานหลายปีมาแล้ว ปุ๋ยคอกไม่เพียงแต่จะให้อินทรีย์วัตถุธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น

ช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่เม็ดดินเป็นการลดการชะล้างพังทลายของดินและช่วยรักษาน้ำดินไว้ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย ในอดีตการใช้ปุ๋ยคอกเป็นไปอย่างง่าย ๆ ตามธรรมชาติโดยเกษตรกรจะเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว ควาย สุกร ม้า แพะ แกะ ฯลฯ ซึ่งการเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่จะกระจายตัวกระจายไปตามท้องทุ่ง เมื่อสัตว์ขับถ่าย มูลสัตว์ออกมาก็จะตกหล่นบนพื้นดินโดยตรง ซึ่งเป็นการใช้ปุ๋ยคอกแบบประหยัด มูลวัว จะมีค่าความเป็นกรด-เบส 10.4 และมีฟอสฟอรัส ร้อยละ 1.76 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 21.6 (ไกรศรี ทองเสมียน, 2551, น. 52)

ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของพืชมาหมักในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม เศษชิ้นส่วนของพืชที่นำมาหมักนั้นจะต้องผ่านกระบวนการย่อยสลาย จนแปรสภาพไปจากรูปเดิม โดยกิจกรรมจุลินทรีย์จนกระทั่งได้สารอินทรีย์วัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ และมีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเศษพืชและวัสดุสมบูรณ์ก็จะได้ปุ๋ยหมักสำหรับใช้ในการปรับปรุงและบำรุงดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545, น.14)

ปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยได้จากการไถกลบพืชและคลุมเคล้าลงสู่ดิน เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น โดยได้จากการปลูกพืชบางชนิด เมื่อเจริญเติบโตถึงระยะที่พืชเริ่มออกดอกถึงระยะดอกบาน จะไถกลบลงในดิน หรือได้จากการไถกลบเศษซากพืชจากตอซังที่เหลือในไร่ นา หลังจากซากพืชย่อยสลายโดยสมบูรณ์จึงปลูกพืชหลักหรือพืชเศรษฐกิจต่อไป

พืชที่ใช้ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดมีหลายชนิด แต่พืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่นิยมใช้มากที่สุด สำหรับเป็นปุ๋ยพืชสดและพืชคลุมดิน เนื่องจากพืชตระกูลถั่วสามารถเจริญเติบโตร่วมกับจุลินทรีย์ ที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วพริ้ว และโสน เป็นต้น

ถั่วพุ่ม (*Vigna spp.*) จัดเป็นพืชในวงศ์ Leguminosae มีชื่อสามัญว่า cowpea โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยได้แก่ ถั่วพุ่มแดงหรือลาย เป็นพันธุ์พื้นเมือง และถั่วพุ่มดำ ถั่วพุ่มที่ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด จะปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยปลูกหมุนเวียนสลับกับพืชหลัก เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย โดยหว่านก่อนปลูกพืชหลักอย่างน้อย 45 – 60 วัน แล้วไถกลบเมื่อมีอายุประมาณ 45 – 60 วัน หรือปลูกแซมระหว่างแถวพืชหลัก น้ำหนักสดประมาณ 1-4 ตันต่อไร่ และมีฟอสฟอรัสร้อยละ 0.50 – 0.58

ถั่วพราง (*Canavalia spp.*) จัดเป็นพืชในวงศ์ Leguminosae เหมาะสำหรับปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในพื้นที่ดอน โดยใช้ในรูปแบบของพืชหมุนเวียน พืชแซม ถ้าปลูกในระบบพืชหมุนเวียนจะปลูกก่อนการปลูกพืชหลัก เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย อย่างน้อยประมาณ 60 – 75 วัน น้ำหนักสดประมาณ 2.5-4 ตันต่อไร่ มีฟอสฟอรัสร้อยละ 0.30-0.40 (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547, น. 146-149) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 1.47 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543 อ้างถึงใน กรมพัฒนาที่ดิน, 2545 น.118)

โสนอัฟริกัน (*Sesbania rostrata*) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีอายุเพียงแคปีเดียว ลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากโสนอื่นๆ คือนอกจากมีปมที่รากแล้วยังมีปมที่ลำต้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนในอากาศ โดยโสนอัฟริกันในนาข้าวจะปลูกในรูปแบบของพืชหมุนเวียน โดยจะปลูกก่อนการปักดำข้าวอย่างน้อย 2 เดือน แล้วไถกลบโสนที่อายุประมาณ 50 – 70 วัน ถ้าเป็นไปได้ให้ไถพร้อมการเตรียมดินทำเทือกปักดำข้าว (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547, น.154-155) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 23.4 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543 อ้างถึงใน กรมพัฒนาที่ดิน, 2545 น.118)

โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดที่ขึ้นได้ในดินเค็ม เมื่อทำการสับกลบโสนลงไปดินเค็ม อินทรีย์วัตถุที่เกิดจากเศษซากโสนจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางด้านเคมี ชีวภาพและกายภาพให้เหมาะสมต่อพืชที่จะปลูกตามมา โดยจะช่วยให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น เช่น ฟอสฟอรัส เพราะอินทรีย์วัตถุยังช่วยปรับปรุงปฏิกิริยาของดินให้เหมาะสมต่อการละลายได้ของธาตุอาหารพืช อีกทั้งยังลดความเป็นพิษอันเนื่องมาจากอิทธิพลของเกลือ ยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียสารที่มีอยู่น้อยในดินเค็มให้สูงขึ้น ซึ่งจะเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของพืชหลักต่อไป (ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์, 2531 น.214)

สารปรับปรุงดิน พด. 4

สารปรับปรุงดินเป็นสารที่ได้จากการผสมของวัสดุธรรมชาติ เช่น ยิปซัม หินฟอสเฟต ปูนมาร์ล เปลือกกุ้ง เปลือกปู ชี้้เถ้าแกลบ แร่มอนโมริลโลไนท์ สารห่วยสี่เขียวแกมน้ำเงิน และ ไดโลไมต์ โดยมีลักษณะเป็นผงละเอียดเพื่อใช้ปรับปรุงดินให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บกักธาตุอาหารของพืช หรือยืดอายุของปุ๋ยให้ได้นานขึ้น ทำให้เกษตรกรสามารถลดการใช้ปุ๋ยน้อยลงและช่วยในการจัดการดินในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต

สารปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการเกษตร ที่ผลิตขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีชื่อเรียกว่า พด. 4 ได้ขอจดทะเบียนสิทธิบัตร เมื่อปี พ.ศ. 2546 เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติของดิน แล้วทำให้สภาพทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ ของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช อาจมีธาตุอาหารพืชปนอยู่ในสารนั้น ซึ่งวัตถุประสงค์ในการใช้สารปรับปรุงบำรุงดิน คือ ช่วยปรับปรุงและฟื้นฟู สภาพพื้นที่ของเกษตรกรที่มีปัญหา และจะเป็นสารที่จับกับปุ๋ยเคมี ทำให้มีประสิทธิภาพของการนำเอาธาตุอาหารพืชไปใช้ได้ยาวนานยิ่งขึ้น และลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตให้กับเกษตรกร สารปรับปรุงบำรุงดิน พด. 4 มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเทาดำ แบ่งเป็น 3 สูตร เพื่อความเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ดังนี้

(1) พด.4 - สูตร 1 นาข้าว

เหมาะสำหรับเกษตรกรที่ต้องการเพิ่มผลผลิตในนาข้าว สามารถใช้สารปรับปรุงบำรุงดิน ร่วมกับปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer) โดยลดการใส่ปุ๋ยเคมีลงครึ่งหนึ่ง ซึ่งนอกจากข้าวจะได้รับธาตุอาหารหลักแล้ว ยังได้ธาตุอาหารรองและอาหารเสริม จากวัสดุปรับปรุงดิน

องค์ประกอบของวัสดุปรับปรุงดิน สูตร 1 ได้แก่ ยิปซัม : ไดโลไมท์ : หินฟอสเฟต : ปูนมาร์ล : มอนโมริลโลไนท์ : ถ่านกัมมันต์ (ชี้้เถ้าแกลบ : ถ่านกะลามะพร้าวในอัตราส่วน 0.7 : 0.3) ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 ตามลำดับ และใส่จุลินทรีย์ดินร้อยละ 1 นอกจากนี้ใส่ธาตุอาหารรอง และอาหารเสริม เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารครบถ้วนและให้ผลผลิตสูงยิ่งขึ้น

วิธีการใช้ ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยคลุกเคล้าให้สม่ำเสมอ แล้วนำไปหว่าน หรือไถพรวน ใส่รองก้นหลุม ตามปกติ โดยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงครึ่งหนึ่ง ของอัตราคำแนะนำการใช้ ปุ๋ยเคมีเดิม และใช้พด. 4 ในอัตรา 2/3 ของปริมาณเนื้อปุ๋ยเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีที่ลดลง

(2) พด.4 - สูตร 2 ไม้ผล พืชผัก และพืชเศรษฐกิจ

เกษตรกรสามารถใช้สารปรับปรุงบำรุงดิน ร่วมกับปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer) โดยลดการใส่ปุ๋ยเคมีลงครึ่งหนึ่ง ซึ่งนอกจากพืชชนิดต่างๆ จะได้รับธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และอาหารเสริม แล้วยังได้ประโยชน์ทางอ้อมจาก เปลือกของกุ้ง และปู ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มธาตุอาหารอย่างช้า ๆ และช่วยในการจับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช

องค์ประกอบของวัสดุปรับปรุงดิน สูตร 2 ได้แก่ ยิปซัม : โดโลไมท์ : หินฟอสเฟต : ปูนมาร์ล : มอนโมริโลไนท์ : ถ่านกัมมันต์ (ซีแฉ่าเกลบ : แฉ่ากะลามะพร้าวในอัตราส่วน 0.7 : 0.3) ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 ตามลำดับ และใส่จุลินทรีย์ร้อยละ 1 พวงสูตรที่มีปล้อง เช่น กุ้ง , ปู ร้อยละ 5 นอกจากนี้ยังใส่ธาตุอาหารรอง และอาหารเสริม เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารครบถ้วน และให้ผลผลิตสูงขึ้น

วิธีการใช้ ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยคลุกเคล้าให้สม่ำเสมอ แล้วนำไปหว่าน หรือไถพรวน ใส่รองก้นหลุม ตามปกติ โดยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงครึ่งหนึ่ง ของอัตราคำแนะนำการใช้ ปุ๋ยเคมีเดิม และใช้พด. 4 ในอัตรา 2/3 ของปริมาณเนื้อปุ๋ยเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีที่ลดลง

(3) พด.4 - สูตร 3 เกษตรอินทรีย์

เหมาะสำหรับเกษตรกรที่ทำการเกษตรอินทรีย์ (organic farming) เป็นระบบการเกษตรที่ยั่งยืน กล่าวคือ ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีในการปรับปรุงบำรุงดิน ไม่ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช ตลอดจนไม่ใช้ฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ระบบนี้เน้นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่ง พด.4 สูตร 3 กระบวนการผลิตจะไม่มีการใส่สารสังเคราะห์ใดๆ ลงในวัสดุ จะเป็นการใช้ส่วนผสมที่มาจากธรรมชาติเท่านั้น ซึ่งผลผลิตของเกษตรอินทรีย์จะผิดไปจากเกษตรกรรมเคมีโดยสิ้นเชิง คือ รสชาติอร่อย เก็บไว้ได้นาน น้ำหนักดี สีสวย ไร้สารพิษ ปราศจากอันตรายต่อชีวิตผู้ผลิต และผู้บริโภค ผลไม้บางชนิด และหลายชนิด

(3) ผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เช่น ถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งถ้าเก็บ จัดเป็น สารดูดซับ (adsorbent) ที่นิยมใช้ในการดูดซับสารพิษ เนื่องจากมีราคาถูก และมีประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดี การเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับของผงถ่านกัมมันต์ สามารถทำได้โดยการเคลือบผิว ผงถ่านกัมมันต์ด้วยสารอื่น

(4) หินฟอสเฟต (rock phosphate) หินฟอสเฟตเป็นสินแร่ตามธรรมชาติที่มี แคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และมีธาตุอื่นๆ ปนอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแร่อะพาไทต์ $(Ca_{10}(PO_4,CO_3)_6(F,Cl,OH)_2)$ เนื่องจากหินฟอสเฟตมีธาตุ ฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชเป็นองค์ประกอบอยู่ จึงเหมาะสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีฟอสเฟตในทางอุตสาหกรรม และนำมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง แต่การนำฟอสเฟตมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงมีประสิทธิภาพในการใช้ต่ำ และมีขอบเขตเงื่อนไขการใช้ที่จำกัดมาก กล่าวคือ ใน หินฟอสเฟตมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงประมาณ ร้อยละ 8 – 18 แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ ละลายออกมาและพืชสามารถนำไปใช้ได้เพียง ร้อยละ 1 – 2 เท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอกับความ ต้องการของพืช หากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของหินฟอสเฟตให้มากขึ้น จะเป็น การช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืช และหากนำหินฟอสเฟตมาใช้ร่วมกับวิธีชีวภาพ โดยการ ผสมคลุกเคล้ากับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายหินฟอสเฟตก็จะให้ผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของหิน ฟอสเฟตดียิ่งขึ้น (ศูนย์ส่งเสริมถ่ายทอดเทคโนโลยีภาคเหนือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ . “หินฟอสเฟต”. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2551 จาก <http://www.eng.cmu.ac.th>)

(5) ปูนมาร์ล (marl) และดินสอพอง (marly limestone) มีลักษณะและองค์ประกอบ ที่ใกล้เคียงกันคือเป็นตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ค่อนข้างจะร่วนยังไม่จับตัวเป็นหินแข็ง เกิด เป็นชั้นอยู่ใต้ดิน โดยปูนมาร์ลจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบประมาณ ร้อยละ 35-65 ที่เหลือเป็นดินเหนียว ส่วนดินสอพองจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตประมาณ ร้อยละ 80-97 เมื่อใส่ลงในดินก็จะทำปฏิกิริยาสะเทินความเป็นกรดของดินทำให้ระดับความเป็นกรด – เบสของดินอยู่ใน เกณฑ์ที่เหมาะสม

(6) มอนโมริลโลไนท์ (montmorillonite) เป็นแร่ดินเหนียว เมื่อพบในดินมักจะแสดง สมบัติคล้ายคลึงกับพวกที่เป็นผลึก แต่จะไม่มีโครงร่างผลึก และมีลักษณะพิเศษที่มีกำลังดูดซับกับ

ธาตุได้มาก มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง แร่ดินเหนียวมีขนาดเล็กมาก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ ซึ่งมอนโมริโลไนท์ จัดเป็นแร่ประเภทที่มีอลูมิเนียมและซิลิกาเป็นตัวประกอบที่สำคัญ โดย มีการจัดเรียงตัวแบบ 2 : 1 ซึ่งคุณสมบัติของพวกดินเหนียวประเภทนี้ จะขยายตัวและหดตัวได้มากทำให้มีอำนาจในการดูดซับไอออนบวกได้สูง

(7) จุลินทรีย์ดิน กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินนับว่ามีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เกิดขบวนการต่างๆ เช่น ขบวนการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ขบวนการแปรสภาพของสารอินทรีย์ ขบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งถ้าปราศจากจุลินทรีย์แล้ว ขบวนการดังกล่าวอาจไม่เกิดขึ้นได้

(8) เปลือกกุ้ง ปู จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้างที่เป็นเส้นใย คล้ายคลึงกับเซลลูโลสจากพืช ไคตินในธรรมชาติมีโครงสร้างของผลึกที่แข็งแรง 3 ลักษณะ ได้แก่ แอลฟาไคติน เกิดจากเปลือกกุ้งและเปลือกปู เบต้าไคติน เกิดในแกนหรือกระดูกของหมึก และแกมมาไคติน ไคติน-ไคโตซาน มีสมบัติพื้นฐานที่เข้ากับธรรมชาติได้ดี ย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคติน-ไคโตซาน มีหมู่อะมิโนที่แสดงสมบัติพิเศษหลายประการ ที่ต่างจากเซลลูโลส เช่น การละลายได้ในกรดอินทรีย์เจือจาง การจับกับอออนของโลหะได้ดี และการมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ปัจจุบันมีการนำสารไคติน-ไคโตซาน มาประยุกต์ใช้จริงทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม

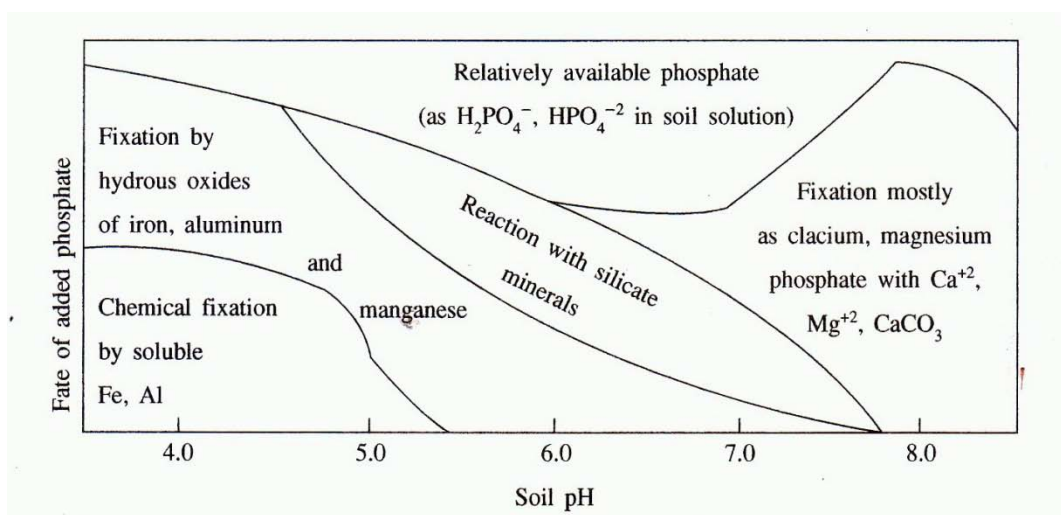
ฟอสฟอรัส

ธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ซึ่งเป็นแหล่งที่ให้พลังงานแก่พืช และเป็นองค์ประกอบของ นิวคลีโอโปรตีน (nucleoproteins) ซึ่งจะมีความสำคัญเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบของไฟติน (phytin) ซึ่งเปรียบเสมือนหนึ่งเป็น ที่สะสมฟอสเฟตในเมล็ดพืช สำหรับให้พืชนำไปใช้ในการสร้างสารที่ให้พลังงานในขณะที่ยอดพืชเริ่มงอกยังไม่มีรากที่จะดูดเอาฟอสเฟตในดินขึ้นมาใช้ได้ ถ้าพืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอแล้ว การเจริญเติบโตของพืชจะถูกจำกัดลง ต้นพืชแคระแกร็นแก่ช้ากว่าปกติ การเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของรากมีน้อย ดอกและผลไม่สมบูรณ์ ใบและลำต้นจะมีสีม่วง

ฟอสฟอรัสพบว่ากระจายอยู่ในรูปของผลึกเล็กๆ ของแร่ อะพาไทต์ (apatite) และแร่อื่นๆ ซึ่งจะค่อยๆ สลายตัวที่ละลายน้ำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กับพืช (available phosphorus) แร่อื่นๆ เช่น ควอร์ต และเป็นแร่ที่ไม่ละลายน้ำจะมี ความต้านทานต่อการผุพัง สลายตัวได้นานกว่า อะพาไทต์ เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายได้ดีลงไปในดิน ไอออนฟอสเฟตที่ละลายได้จะถูกตรึงไปเป็นจำนวนมากไม่ว่าดินนั้นจะมี ค่าความเป็นกรด -เบสสูงหรือต่ำ เมื่อ ค่าความเป็นกรด -เบสของดินต่ำฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยไอออนบวกที่ละลายได้พวก Fe^{+2} , Al^{+3} และไฮดรอกไซด์ (hydrous oxide) ของเหล็ก อลูมิเนียม และแมงกานีส และจะค่อยๆ ลดปริมาณ การตรึงลงเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสของดินสูงขึ้นจาก 4 เป็น 7 แต่ในเวลาเดียวกันก็就会被ตรึงโดย Ca^{+2} , Mg^{+2} และ CaCO_3 เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตเป็นปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อ ค่าความเป็นกรด-เบสของดินสูงขึ้นจาก 6 เป็น 8

พืชดูดธาตุฟอสฟอรัสในรูปไอออนลบซึ่งละลายน้ำได้ คืออยู่ในรูป H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ขบวนการตรึงฟอสเฟตโดยเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ที่ละลายน้ำได้ โดยดินที่เป็นกรดมากๆ นั้นจะมีเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ละลายอยู่มาก มักจะทำปฏิกิริยากับ H_2PO_4^- ซึ่งจะทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นประโยชน์กับพืช การใส่ปูนเพื่อรักษาระดับกรด-เบสของดินให้อยู่ในช่วงระหว่าง 6.0 ถึง 7.0 นั้น จะทำให้มีการตรึงฟอสเฟตเกิดขึ้นด้วย ภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1
 สัดส่วนของการตรึงฟอสเฟตซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับ
 ค่าความเป็นกรด-เบสต่างๆ ของดิน



ที่มา: “ปฐพีวิทยาเบื้องต้น,” โดย คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, น. 304.

จากภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นสัดส่วนของการตรึงฟอสเฟตซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับค่าความเป็นกรด-เบส ต่างๆ ของดิน จะเห็นว่าเมื่อดินมี ค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 จะมีฟอสเฟตในรูปที่พืชจะใช้ประโยชน์มากที่สุด (maximum phosphate availability) แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าระดับของปริมาณนี้ในดินขณะนั้น จะเพียงพอแก่ความต้องการของพืชที่ปลูก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณแร่ฟอสเฟตและอำนาจในการตรึงฟอสเฟตของดิน ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงสูง ระดับที่มีไอออนฟอสเฟตในสารละลายดินมากที่สุด จะมีปริมาณฟอสเฟตที่พืชใช้ได้ต่ำ และทางตรงกันข้ามถ้าดินมีอำนาจในการตรึงต่ำ ปริมาณของฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในช่วงค่าความเป็นกรด-เบสนี้จะมีอยู่มาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548 น. 305)

จุลินทรีย์บางชนิดในดินผลิตกรดละลายธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ แลคติก (lactic) ซิตริก (citric) ซัคซินิก (succinic) และไกลโคลิก (glycolic) โดยทำปฏิกิริยากับเกลือฟอสเฟตของแคลเซียม ทองแดง นิกเกิล แมงกานีส เหล็ก และอลูมิเนียม ซึ่งสามารถละลายหินฟอสเฟตให้อยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ ในดินน้ำขังจะมีปริมาณมากกว่าใน

ดินที่มีการระบายอากาศดี เนื่องจากเหล็กและแมงกานีส ทำปฏิกิริยากับแอนไอออน เกิดเป็น สารประกอบคีเลทขึ้น (เพิ่มพูน กীরติกสิกร, 2528, น. 151)

การดูดซับ

ทฤษฎีการดูดซับ

สิริจิตต์ แสงอุ้นอุทัย (2544, น. 4) กล่าวถึงการดูดซับไว้ว่า การดูดซับ (adsorption) ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Scheele ในปี ค.ศ.1773 ซึ่งเป็นการดูดซับของก๊าซ และต่อมาในปี ค.ศ.1875 Lowitz ได้ค้นพบการดูดซับของสารละลาย

การดูดซับ (adsorption) คือปรากฏการณ์ที่เกิดความสมดุลในการแยกสารประกอบ ประเภทไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ไปยังพื้นผิวของระบบสองสถานะ (two – phase system) อันประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ และส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น ดิน อิฐมวล หรือผงกัมมันต์ กระบวนการทางกายภาพที่เกิดขึ้นเมื่อสารปนเปื้อนแยกไปยังของแข็งมักจะเกี่ยวกับพันธะที่ไม่แข็งแรง สามารถย้อนกลับได้ (Weber, 1993 อ้างถึงใน สิริจิตต์ แสงอุ้นอุทัย, 2544 น. 4)

สารดูดซับ (adsorbent) คือของแข็ง (solid phase) ที่ดูดซับสารเคมีไว้ซึ่งในทางการจัดการของเสียอันตรายรวมถึงดิน, สลัดจ์, ชั้นใต้ดิน (subsurface strata) ของระบบน้ำใต้ดิน และ ถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด (granular activated carbon)

สารถูกดูดซับ (sorbate) คือสารประกอบในเฟสของเหลว (liquid phase) ซึ่งถูกแยกไปยังสารดูดซับ เฟสของเหลวมักจะเป็นน้ำ แต่กรณีที่เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ก็พบบ้างเป็นกรณีพิเศษ

พฤติกรรมการดูดซับของสาร

พฤติกรรมการดูดซับที่เกิดขึ้นระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับ สามารถจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือ การดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption) การดูดซับทางเคมี (chemical adsorption) การดูดซับแลกเปลี่ยน (exchange adsorption) และการดูดซับแบบเจาะจง (specific adsorption)

การดูดซับทางกายภาพ เกิดขึ้นเมื่อมีการดูดซับโดยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อนๆ และเป็นแรงที่ไม่กำหนดทิศทาง เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ (van der waals) หรือพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีทิศทางและยังพบว่าไม่มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าน้อย การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากตัวดูดซับจะทำได้ง่ายและการดูดซับอาจเกิดขึ้นกันแบบหลายชั้น (multilayer)

การดูดซับทางเคมี เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างตัวถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับ โดยเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ส่งผลให้มีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิม แล้วมีการจัดเรียงอะตอมใหม่ เป็นสารประกอบใหม่ขึ้นมา ซึ่งพันธะระหว่างอะตอมมักจะแข็งแรง มีพันธะกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องและมีการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer)

การดูดซับแบบแลกเปลี่ยน เกิดขึ้นเมื่อตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับมีประจุและเกิดแรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดเป็นไอออนที่มีประจุกับตัวดูดซับที่มีประจุตรงกันข้าม หรือเกิดเนื่องจากการแทนที่ประจุที่อยู่บนผิวของตัวดูดซับด้วยไอออนของตัวถูกดูดซับ

การดูดซับแบบเจาะจง เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับที่มีหมู่ฟังก์ชันนั้นอยู่บนผิว แต่ไม่ได้มีผลทำให้ตัวถูกดูดซับเปลี่ยนโครงสร้างไปพฤติกรรมดูดซับชนิดนี้ จะมีพลังงานในการยึดเหนี่ยวอยู่ระหว่างพลังงานของการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี ในการดูดซับที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบ การดูดซับกายภาพ การดูดซับเคมี การดูดซับแลกเปลี่ยน หรือการดูดซับแบบเจาะจงขึ้นอยู่กับชนิดของคู่ตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับนั้น (ห้องสมุดออนไลน์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550. น.15)

กลไกการดูดซับ

การเกาะหรือดูดซับประกอบไปด้วย 3 กลไกได้แก่ กลไกทางไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic mechanism) กลไกทางเคมี (chemical mechanism) และกลไกทางกายภาพ (physical mechanism)

กลไกการดูดซับสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแพร่ภายนอก (external diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวดูดซับเข้าถึงตัวดูดซับ ซึ่งพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าของตัวดูดซับ

ขั้นตอนที่ 2 การแพร่ภายใน (internal diffusion) เป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่ผิวภายในโพรงตัวดูดซับเพื่อให้เกิดการดูดซับ

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิกิริยาพื้นผิว (surface reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับติดที่ผิวของตัวดูดซับซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นควรคำนึงถึงการต้านทานจากปฏิกิริยาพื้นผิวด้วย (นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, 2550, น.160)

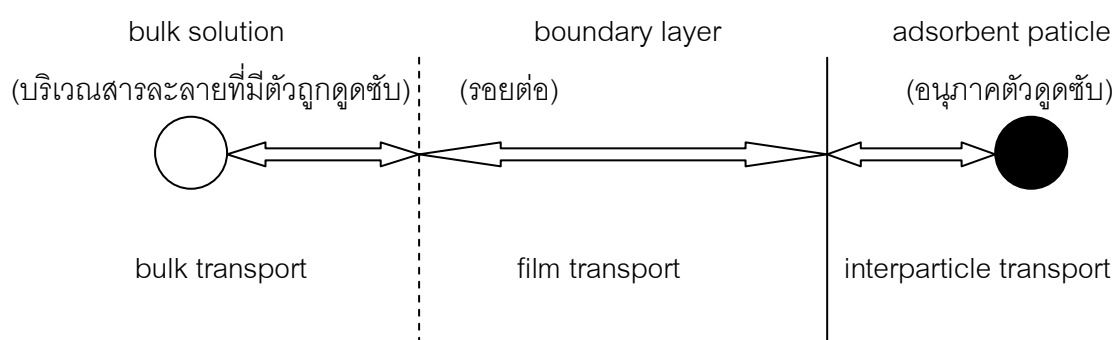
อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ

อัตราการดูดซับมีความสำคัญมาก อัตราการดูดซับที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลได้เร็ว อัตราการดูดซับจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีการต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนย้ายโมเลกุลซึ่งขั้นตอนที่ช้าที่สุดจะเป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการดูดซับ ขั้นตอนในการดูดซับแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ ขั้นตอนการขนส่งอนุภาค (bulk transport) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัวถูกดูดซับในของเหลวจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของของเหลวบางๆ หรือผิวสัมผัสน้ำที่ห่อหุ้มตัวดูดซับ ขั้นตอนการขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆ แทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้น

ฟิล์มเป็นกระบวนการที่ตัวถูกดูดซับแพร่ผ่านฟิล์มน้ำไปยังผิวของตัวดูดซับ จัดเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการดูดติดผิวขั้นตอนหนึ่ง และขั้นตอน การขนส่งภายในอนุภาค (interparticle transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับ เรียกว่าการแพร่เข้าสู่โพรง (pore diffusion) และทำให้เกิดการดูดซับขึ้นภายใน โดยขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับไปยังตัวดูดซับ ดังแสดงในภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2

ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับไปยังตัวดูดซับ



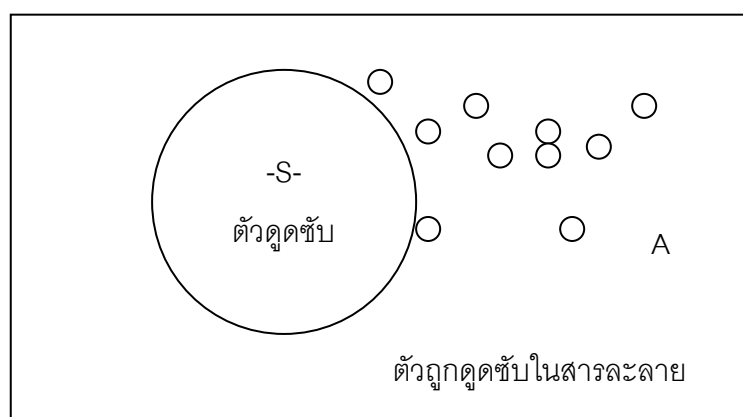
ที่มา: “หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี,” โดย นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, 2550, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น.142.

สมดุลการดูดซับ (adsorption equilibrium)

เมื่อเติมตัวดูดซับปริมาณหนึ่งลงไปในการละลายที่มีโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้มข้น C_0 ในช่วงเริ่มต้นโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับ ดังสมการที่ 1 และ 2 โดยเมื่อระยะเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ดังสมการที่ 2 ในขณะเดียวกันโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวจะคายออกมา ดังสมการที่ 3 และ 4 อัตราการคายจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคาย ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ณ สภาวะสมดุลการดูดซับ จำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับและจำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับที่คายออกมามีปริมาณคงที่ ดังสมการที่ 5 และเมื่อนำสมการที่ 2 และ 4 มาแทนค่าในสมการที่ 5 จะได้สมการ

การดูดซับ ณ สภาวะสมดุลดังสมการที่ 6 ถึง 8 และจะมีลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 9 และมีค่าคงที่สมดุลการดูดซับ (K) ดังสมการที่ 10

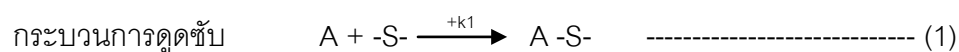
ภาพที่ 2.3
สภาวะสมดุลการดูดซับ



ที่มา: “หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี,” โดย นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, 2550, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น.147.

หมายเหตุ A เป็นโมเลกุลของตัวถูกดูดซับมีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น C_0 โมล/ลิตร ในสารละลาย

-S- เป็นโมเลกุลของตัวดูดซับ



เมื่อ A เป็นโมเลกุลของตัวถูกดูดซับมีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น C_0 โมล/ลิตร ในสารละลาย

-S- เป็นโมเลกุลของตัวดูดซับ

k_1 แทนค่าคงที่อัตราการดูดซับ

$$r_1 = k_1 [C] (1 - q) \text{-----}(2)$$

- เมื่อ r_1 แทนอัตราการดูดซับ ซึ่งจะแปรตามความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลาย หรือความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลายให้เท่ากับ C และยังแปรตามสัดส่วนโมเลกุล ตัวถูกดูดซับที่ไม่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ
- k_1 แทนค่าคงที่อัตราการดูดซับ
- C เป็น ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย หน่วยเป็นความเข้มข้น เช่น โมล/ลิตร
- $(1-q)$ เป็นสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ไม่ถูกดูดซับ



- เมื่อ A เป็นโมเลกุลของตัวถูกดูดซับมีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น C_0 โมล/ลิตรในสารละลาย
- S- เป็นโมเลกุลของตัวดูดซับ
- k_2 แทนค่าคงที่อัตราการคาย

$$r_2 = k_2 (q) \text{-----}(4)$$

- r_2 แทนอัตราการคาย ซึ่งจะแปรตามสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเท่านั้น
- k_2 แทนค่าคงที่อัตราการคาย
- q เป็นสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ

ณ สภาวะสมดุล

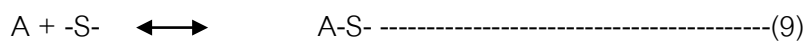
$$r_1 = r_2 \text{ -----(5)}$$

$$k_1[C](1-q) = k_2(q) \text{ -----(6)}$$

$$\frac{q}{(1-q)} = \frac{k_1}{k_2}[C] = K[C] \text{ -----(7)}$$

$$q = \frac{K[C]}{1+K[C]} \text{ -----(8)}$$

เมื่อ K เป็นค่าคงที่สมดุลการดูดซับ



ณ สภาวะสมดุล

$$K = \frac{q}{C} \text{ -----(10)}$$

เมื่อ

q = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ
หน่วยเป็น ปริมาณตัวถูกดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ เช่น โมล/กิโลกรัม, โมล/กรัม
โดย q อาจเรียกว่า ความจุของการดูดซับ (adsorption capacity)

ณ สภาวะสมดุลของการดูดซับจะได้ว่า ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ เท่ากับปริมาณตัวถูกดูดซับที่หลุดออกมาจากตัวดูดซับ ดังสมการที่ 11

$$qW = V(C_0 - C) \text{ -----(11)}$$

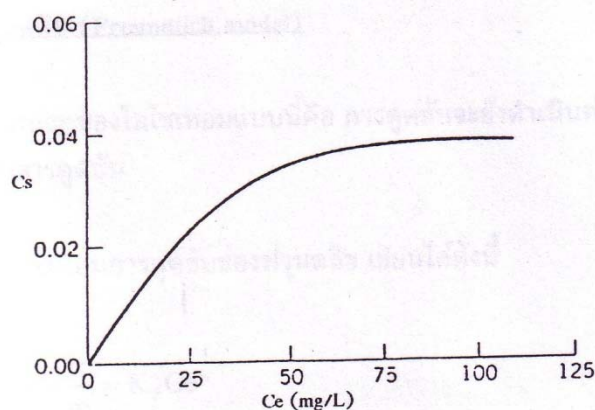
เมื่อ W = มวลของตัวดูดซับที่ใช้ หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น กิโลกรัม

V = ปริมาตรของสารละลายที่มีตัวถูกดูดซับละลายอยู่ หน่วยเป็น ลูกบาศก์ เซนติเมตรหรือ ลิตร

ไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ (Langmuir isotherm)

แบบจำลองนี้ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่า ที่ผิวของของแข็งมีสารถูกดูดซับสะสมอยู่เพียงชั้นเดียวโดยกราฟของแบบจำลองนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2.4 จากกราฟที่เฟสของเหลว (liquid phase) เมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) เพิ่มขึ้น แสดงว่าผิวของสารดูดซับ (sorbent) ถูกปกคลุมด้วยสารถูกดูดซับในสัดส่วนที่มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารในเฟสของสารละลาย (solution phase) สูงขึ้น สารดูดซับจะอิ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จุดที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้จะไม่เกิดการดูดซับสารใดๆ อีก ดังภาพที่ 2.4 แสดงถึงความเข้มข้นของสารถูกดูดซับในเฟสของน้ำ (aqueous phase) สูงกว่า 75 มิลลิกรัม/ลิตร จะไม่มีการดูดซับเกิดขึ้นอีก

ภาพที่ 2.4
กราฟไอโซเทอรั่มของแลงเมียร์



ที่มา: “ของเสียอันตราย,” โดย เกรียงศักดิ์ อุทุมสินโรจน์, (2546), คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. น. 273.

หมายเหตุ เมื่อ Cs = มวลของตัวถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ, กรัม/กรัม

Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล,
กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

โดยสมการไอโซเทอรั่มของแลงเมียร์ แสดงได้ในสมการที่ 12

$$C_s = \frac{x}{m} = \frac{abC_e}{1 + bC_e} \quad \text{-----(12)}$$

เมื่อ

Cs = มวลของตัวถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ, กรัม/กรัม

Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล,
กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

a = ค่าความจุการดูดซับ

b = ค่าคงที่สมดุลการดูดซับ

x = มวลของตัวถูกดูดซับบนผิวของแข็ง, กรัม

m = มวลของของแข็งที่ใช้ดูดซับ, กรัม

สามารถเขียนสมการไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ ในรูปเชิงเส้นได้ดังสมการที่ 13

$$\frac{Ce}{Cs} = \frac{1}{ab} + \frac{Ce}{a} \quad \text{-----(13)}$$

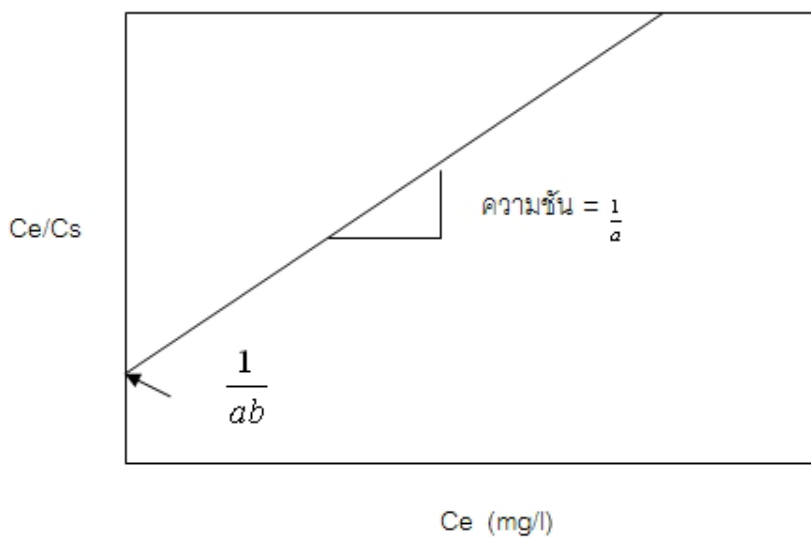
เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $\frac{Ce}{Cs}$ กับ Ce จะได้

$$\text{ความชันของกราฟ} = \frac{1}{a} \text{ และ}$$

$$\text{ค่าตัดแกน y} = \frac{1}{ab}$$

ภาพที่ 2.5

กราฟเชิงเส้นไอโซเทอร์มของแลงเมียร์



ที่มา: “ของเสียอันตราย,” โดย เกรียงศักดิ์ อุทุมสินโรจน์, 2546, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. น. 274.

หมายเหตุ เมื่อ Cs = มวลของตัวถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ, กรัม/กรัม

Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล,
กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ไอโซเทอรั่มของฟรอยด์ลิค (Fruendlich isotherm)

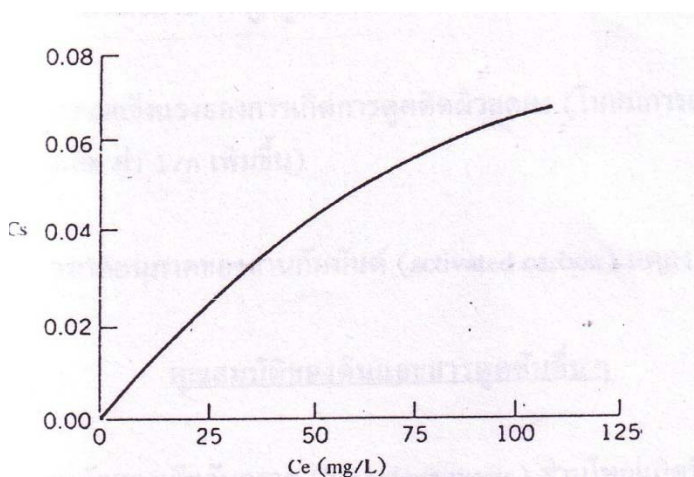
ลักษณะของไอโซเทอรั่มนี้ก็คือ การดูดซับจะยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารดูดซับ สมการของฟรอยด์ลิค เขียนได้ดังสมการที่ 14

$$C_s = \frac{x}{m} = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \text{-----(14)}$$

เมื่อ K_f = สัมประสิทธิ์การดูดซับของฟรอยด์ลิค
 n = ค่าสัมประสิทธิ์จากการทดลอง
 C_s = มวลของตัวถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ, กรัม/กรัม
 C_e = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลือยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
 x = มวลของตัวถูกดูดซับบนผิวของแข็ง, กรัม
 m = มวลของของแข็งที่ใช้ดูดซับ, กรัม

ภาพที่ 2.6 จากรูปจะเห็นได้ว่ามวลของสารที่ถูกดูดซับเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นเฟสของน้ำ (aqueous phase) ที่ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) ต่ำๆ และลดลงเมื่อ สารถูกดูดซับ (sorbate) สะสมบนผิวของสารดูดซับ (sorbent) การดูดซับยังคงดำเนินต่อไปเมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) ในเฟสของน้ำ (aqueous phase) เพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มในสัดส่วนที่น้อยลง

ภาพที่ 2.6
กราฟไอโซเทอรั่มของฟรอยด์ลิค



ที่มา: “ของเสียอันตราย,” โดย เกรียงศักดิ์ อุทุมสินโรจน์ (2546), คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยรังสิต. น. 274.

หมายเหตุ เมื่อ Cs = มวลของตัวถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ, กรัม/กรัม

Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล,
กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

จากสมการที่ 14 สามารถเขียนในรูปลอการิทึมได้ดังสมการที่ 15

$$\log C_s = \log K_f + 1/n \log C_e \quad \text{-----}(15)$$

เมื่อนำมาพล็อตกราฟระหว่าง Cs และ Ce จะได้

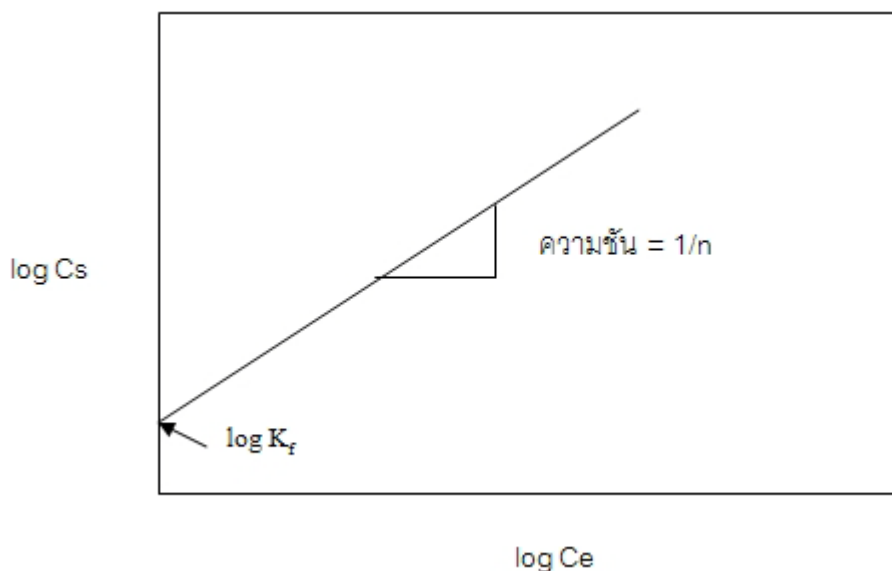
กราฟเส้นตรง โดยหาค่า K_f ได้จาก

$$K_f = 10^{\text{y-intercept}} \quad \text{และ}$$

$$1/n = \text{ความชัน}$$

ภาพที่ 2.7

กราฟเชิงเส้นไอโซเทอรัมของฟรอยด์ลิค



ที่มา: “ของเสียอันตราย,” โดย เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์, 2546, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. น. 275.

หมายเหตุ เมื่อ C_s = มวลของตัวถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ, กรัม/กรัม

C_e = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลือยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล,
กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ (Factors Influencing Adsorption)

(1) ธรรมชาติของตัวดูดซับ

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของตัวดูดซับในการดูดซับ เมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น รวมถึงโครงสร้างของตัวดูดซับที่มี รูพรุนก็มีส่วนทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น ถ้าตัวดูดซับไม่มีรูพรุน พื้นที่ผิวจำเพาะจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวดูดซับลดลง ซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่ถ้าตัวดูดซับมีรูพรุนมากๆ พื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับจะอยู่ในรูพรุน ขนาดของตัวดูดซับจะไม่มีผลกับความสามารถในการดูดซับ

(2) ธรรมชาติของตัวถูกดูดซับ

ความสามารถในการละลายน้ำของโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีผลต่อการดูดซับ ซึ่งแนวโน้มของการดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับจะลดลงเมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับละลายน้ำได้ดี เพราะว่าก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้โมเลกุลตัวถูกดูดซับหลุดออกจากน้ำไปเกาะพื้นผิวของตัวดูดซับ โมเลกุลของตัวถูกดูดซับขนาดใหญ่มีความสามารถในการละลายน้ำลดลง จึงมีแนวโน้มที่จะถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับมากขึ้น

(3) อัตราเร่งการป่นกวน

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับกระบวนการขนส่งโมเลกุลของระบบ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (film diffusion) และการเข้าสู่โพรง (pore diffusion) ซึ่งแล้วแต่การป่นกวนของระบบ ถ้าการป่นกวนต่ำ ฟิล์มน้ำซึ่งล้อมสารดูดซับจะมีความหนาแน่นมาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปหาตัวดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการป่นกวนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

(4) อุณหภูมิ

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้น แต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นผิวของตัวดูดซับลดลง

(5) ผลของค่าความเป็นกรด-เบส ต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ เมื่อสารละลายมีสภาพความเป็นกรด (ค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ) ส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการดูดซับไอออนลบเกิดได้มากขึ้น และเมื่อสารละลายมี ค่าความเป็นกรด-เบส เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น และสามารถดูดซับไอออนบวกได้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงกว่า 9 จะทำให้โลหะไอออนตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์และโลหะไอออนจะถูกดูดซับได้น้อยลง (นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, 2550, น.160-161)

ลักษณะการดูดซับฟอสฟอรัส ดินที่มีสมบัติเป็นกรดปานกลางมีฟอสฟอรัสที่อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในระดับน้อย การดูดซับฟอสเฟตจะสูงที่สุดที่ ค่าความเป็นกรด-เบส 3.5 และจะค่อยลดลงเรื่อยๆ เมื่อ ค่าความเป็นกรด -เบส สูงขึ้น (อัมภวัลย์ วีระกฤตติ, 2510, น.1-2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการดูดซับฟอสฟอรัสโดยแรเกอร์ไทต์ พบว่าการดูดซับของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น เมื่อความเป็นกรด -เบส เพิ่มขึ้นโดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การดูดซับของฟอสฟอรัสจะมีค่าสูงในช่วงความเป็นกรด -เบส เท่ากับ 4.5-10.5 (CarinaLuengo, Maximiliano Brigante, MarceloAvena, 2007. p. 354-360) และจากการศึกษาความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสของดินในทะเลสาบหวู่หลี่ และทะเลสาบไทฮูฝิงตะวันออก ประเทศจีน พบว่าที่อุณหภูมิ 25±1องศาเซลเซียส ค่าการดูดซับฟอสฟอรัสของทะเลสาบหวู่จะมีค่าสูงสุดที่ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.0 และ 8.5 ส่วนในทะเลสาบไทฮูคตะวันออกจะมีค่าสูงสุดที่ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 5 และ 11.5 (Xiangcan Jin, Shengrui Wang, Yan Pang, Haichao Zhao, Xiaoning Zhou, 2004, p. 242-248) สมการที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาพื้นที่ทะเลสาบไทฮู คือ สมการของแลงเมียร์ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.90 โดยทำการศึกษาดินที่สภาวะ ความเป็นกรด - เบสต่างกันและใช้การศึกษาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 0, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร (Aimin Ahou, HongxiaoTang,Dongsheng Wang, 2005, p.1245-1254)

การศึกษาการดูดซับฟอสฟอรัสในสภาวะของดินที่แตกต่างกันของดินทะเลสาบ มีการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพื่อหาสมการที่เหมาะสมที่สุดโดยเปรียบเทียบจากสมการของฟรอยดัลลิค แลงเมียร์ และสมการเส้นตรง โดยใช้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 8.0, 10.0 และ 15.0 มิลลิกรัม/ลิตร โดยพบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือสมการเส้นตรง (Xiangcan Jin et.al 2004)

การศึกษาค่าการดูดซับฟอสฟอรัสของชุดดินสติก ในแปลงมันสำปะหลังอินทรีย์ ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีความจุการดูดซับอยู่ในช่วง 0.88×10^{-4} ถึง 1.46×10^{-4} และมีค่าคงที่สมดุลการดูดซับอยู่ในช่วง 0.1688 – 0.2826 โดยกรรมวิธีที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากที่สุดแต่มีความสามารถในการดูดซับฟอสเฟตได้น้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อใส่สารละลายฟอสเฟตลงไปในดินจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าอินทรีย์วัตถุเพียงอย่างเดียวจะมีผลต่อการดูดซับฟอสเฟต (ไกรศรี ทองเสมียน, 2551, น. 74-79)

การตรึงฟอสเฟตของดินขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดิน คาดว่ากลุ่มไอออนของอินทรีย์วัตถุจะไปแย่งที่กับไอออนฟอสเฟตในการที่จะถูกดูดซับอยู่ที่พื้นผิวของสารจะทำให้ฟอสเฟตถูกตรึงน้อยลง หากว่าแอมไออนของสารอินทรีย์มีขนาดเล็ก มันก็จะไปแก่งแย่งกับไอออนฟอสเฟต ซึ่งในกรณีนี้ก็จะเป็นการตรึงฟอสเฟตให้น้อยลงเช่นกัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548 อ้างถึงในไกรศรี ทองเสมียน, 2551, น. 75)

ชุดดินในพื้นที่ศึกษา

ชุดดินร้อยเอ็ด

ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi Et series, Re) เป็นชุดดินที่เกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบ ที่ดินถูกใช้ประโยชน์ในการทำนา ปลูกพืชไร่หรือพืชผักในฤดูแล้ง พบมากบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทราย ปนดินร่วน ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนทรายอาจพบชั้นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (ค่าความเป็นกรด-เบส 5.0-6.5) ในดินบน และเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (ค่าความเป็นกรด-เบส 4.5-6.5) ในดินล่าง โดยสมบัติของชุดดินร้อยเอ็ดที่ระดับความลึกต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551. “ลักษณะและชุดดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ”. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2551, จาก http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Re.htm)

ตารางที่ 2.1

แสดงสมบัติของชุดดินร้อยเอ็ดที่ระดับความลึกต่างๆ

ความลึก (ซม.)	อินทรีย์วัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์
0-25	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

ที่มา: “ลักษณะและชุดดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ,” โดย กรมพัฒนาที่ดิน. (2551). สืบค้น
เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2551, จาก [http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/ Re.htm](http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Re.htm)

ชุดดินกุลาร้องไห้

ชุดดินกุลาร้องไห้ (Kula Ronghai series, Ki) เป็นชุดดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพามา
ทับถมอยู่บนที่ราบตะกอนน้ำพา ที่ดินถูกใช้ในการ ทำนาและบางแห่งถูกปล่อยทิ้งไว้ให้เป็นพืชร้าง
ว่างเปล่า เนื่องจากเป็นดินเค็มจัด พบมากบริเวณตอนใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือลักษณะ
และสมบัติดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนหรือดินร่วน
เหนียวปนทราย ซึ่งเป็นชั้นสะสมประจุโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในฤดูแล้งจะมีคราบเกลือลอย
หน้าที่ผิวดิน ในดินล่างลึกกว่า 1 เมตรลงไป เป็นดินร่วน หรืออาจพบดินร่วนปนทรายหรือดินทราย
ปนดินร่วน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (ค่าความเป็นกรด-เบส 5.0-7.0) ในดินบนและเป็น
ด่างเล็กน้อยถึงเป็นด่างจัด (ค่าความเป็นกรด -เบส 7.5-8.5) ในดินล่าง โดยสมบัติของชุดดินกุลาร
้องไห้ ที่ระดับความลึกต่างๆตาราง 2.2 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551. ลักษณะและชุดดินของภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2551, จาก http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Ki.htm)

ตารางที่ 2.2

แสดงสมบัติของชุดดินกุลาร้องไห้ที่ระดับความลึกต่างๆ

ความลึก (ซม.)	อินทรีย์วัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์
0-25	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
25-50	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ

ที่มา: “ลักษณะและชุดดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ,” โดย กรมพัฒนาที่ดิน. (2551). สืบค้น
เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2551, จาก [http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/
northeast/ Ki.htm](http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Ki.htm)