

บทที่ 2

ผลงานวิจัย และงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ความสำคัญของน้ำ

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อมหรืออาจกล่าวได้ว่าทรัพยากรน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญอันจะขาดมิได้ในการดำรงชีวิตของมนุษยชาติและสิ่งมีชีวิตทั้งปวง ตลอดจนต่อความเจริญก้าวหน้าในการพัฒนาต่าง ๆ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าทรัพยากรน้ำยังมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งต่อวิวัฒนาการทางด้านวัฒนธรรมต่างๆ ของประเทศไทย และอารยะประเทศที่มีความผูกพันกับน้ำมาโดยตลอด ตั้งแต่เกิด แก่ เจ็บ และตาย นอกจากนี้น้ำยังถูกใช้ในประเพณีต่างๆ อย่างมากมายในอดีตและปัจจุบัน (ณัฐฐา หังสพฤกษ์, 2547)

ปัจจุบันแหล่งน้ำในต้นน้ำมีความสกปรกปนเปื้อนมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการนำเคมีภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นอย่างแพร่หลายในกิจกรรมต่างๆ ทั้งกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การเกษตร และกิจกรรมอื่นๆ โดยขาดความระมัดระวังทำให้มีการแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำ จากการที่น้ำเป็นตัวพาพัดพาดิน เมื่อมีฝนตกจึงทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินจากแหล่งต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำเป็นตะกอนดินที่ทำให้เกิดการทับถมและนำสิ่งต่างๆ ในดินลงสู่แหล่งน้ำ (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545)

การทำไร่บนพื้นที่สูงเป็นการทำการเกษตรที่มีมาช้านานในพื้นที่ภาคเหนือทำให้ป่าไม้ถูกทำลายลงอย่างมาก พื้นที่ลุ่มน้ำมวบ จังหวัดน่านซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำน่านและเป็นพื้นที่ต้นน้ำ ก็มีพื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกเพื่อทำการเกษตรบนพื้นที่สูงจำนวนมากโดยส่วนใหญ่ทำไร่ข้าวโพดประเภทไร่เลื่อนลอยแบบตัดหมดและ เกิดการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) รุนแรงมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และหน้าดินจะถูกแรงปะทะโดยน้ำฝนและลมโดยตรง ทำให้ดินเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วเพราะมีการสูญเสียหน้าดินมากและเร็วทำลายโครงสร้างของดินและมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งมีผลให้ศักยภาพแหล่ง พื้นที่ที่มีป่าไม้ถูกทำลายเพื่อทำการเกษตรอย่างมาก พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนเป็นเนินสูงต่ำและมีที่ราบระหว่างภูเขา จากสภาพพื้นที่เป็นป่าและภูเขาดังกล่าว ประชาชนในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เพื่อทำการเกษตร โดยจะปลูกข้าวโพด ข้าวไร่ ทำนา สวนผลไม้ เช่น ลำไย ลิ้นจี่ เป็นต้น แต่การเพาะปลูกพืชส่วนใหญ่แล้วใช้ในการปลูกข้าวโพดและสามารถทำได้เพียงฤดูฝน เนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำอย่างพอเพียง จึงอาศัยน้ำจากน้ำฝนได้เพียงอย่างเดียว และได้มีการนำเอาเทคโนโลยีทางการเกษตรที่ทันสมัยมาใช้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อต้องการเพิ่มผลผลิตให้ได้มากที่สุด ทั้งการใช้พันธุ์พืชที่มีการปรับปรุงพันธุ์ การขยายพื้นที่การเพาะปลูก โดยเฉพาะเคมีภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น สารป้องกันและกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืชรวมถึงสารประเภทพาราควอต ทำให้มีการแพร่กระจายของสารเคมีทางการเกษตรลงสู่ดินและแหล่งน้ำอย่างกว้างขวาง

ประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเทศที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ขาดประสิทธิภาพมากที่สุดประเทศหนึ่งในโลก จะเดินทางไปแห่งหนตำบลใด จะพบว่าที่ดินถูกทิ้งไว้ให้รกร้างว่างเปล่าโดยไม่ได้รับการใช้ประโยชน์อยู่ทั่วไป แต่ทุกตารางนิ้วมีผู้จับจองถือครองเป็นเจ้าของหมด ทั้งที่ถูกต้องตามกฎหมายและไม่ถูกต้องตามกฎหมายเรามักจะได้ยินอยู่เสมอว่า ราษฎรชาติที่ดินทำกินขณะเดียวกันทุกครั้งที่ถูกครอบครองเมืองแสดงรายการทรัพย์สินตามกฎหมาย แต่ละรายจะถือครองที่ดินนับร้อยนับพันไร่ เป็นประจำตลอดมา อย่างดีก็หลายสิบไร่ ซึ่งเกินปรัชญาความพอเพียงอยู่ดี ประเทศไทยมีเนื้อที่ทั้งประเทศประมาณ 32 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ ที่ปกคลุมป่าไม้อยู่เพียง 80 ล้านไร่ หรือร้อยละ 25 ของพื้นที่ประเทศ และมีพื้นที่เป็นป่าเสื่อมสภาพและถูกยึดครองโดยประชาชนทั่วไปอีกไม่ต่ำกว่า 80 ล้านไร่เช่นกัน รวมกันแล้วประเทศไทยยังมีเนื้อที่ป่าตามกฎหมายอยู่มากกว่าครึ่งหนึ่งของเนื้อที่ประเทศหรือประมาณ 160 ล้านไร่ (พ.ศ. 2504 มี 171 ล้านไร่) เพราะตามพระราชบัญญัติป่าไม้พุทธศักราช 2484 และ พ.ร.บ.ป่าสงวนแห่งชาติ 2507 กำหนดไว้อย่างชัดเจนว่า พื้นที่ใดหากไม่มีเอกสารสิทธิตาม พ.ร.บ.ประมวลกฎหมายที่ดิน พ.ศ.2497 ให้ถือว่าที่ดินนั้นยังคงเป็นที่ดินป่าไม้อยู่ถึงจะไม่มีต้นไม้และหมดสภาพป่าไปแล้วก็ตาม เพราะหากสามารถรักษาพื้นที่เอาไว้ได้ นานวันเข้า ป่าไม้ก็จะกลับฟื้นคืนสภาพตามเดิมได้ ถึงแม้กระนั้นก็ตาม ป่าก็ยังถูกทำลาย พื้นที่ป่าที่ถูกยึดครองดังที่ปรากฏให้เห็นอยู่โดยทั่วไปในขณะนี้ และเป็นการยึดครองพื้นที่อย่างไม่ถูกต้องตามกฎหมาย ได้ออกโฉนดที่ดิน น.ส. 3 และเอกสารสิทธิอื่นๆ ตามกฎหมายไปแล้ว จำนวนเท่าใด เมื่อรวมกับที่ราชพัสดุและที่เฉพาะพิเศษอื่นๆ แล้วนำมาหักออกจากเนื้อที่ประเทศ 32 ล้านไร่ ที่เหลือก็เป็นเนื้อที่ป่าไม้ตามกฎหมายนั่นเอง กรมที่ดินเองก็ไม่สามารถนำที่ดินป่าไม้ไปออกเอกสารสิทธิได้ ผู้คนที่อาศัยอยู่ในที่ดินป่าไม้ประมาณ 10 ล้านคน ถึงจะยากดีมีจนก็อยากให้ถือครองที่ดินอย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยอาศัยกฎหมายการปฏิรูปที่ดิน แต่ไม่ได้เน้นที่การปฏิรูปที่ดิน เพียงต้องการให้ถือครองที่ดินอย่างถูกต้องตามกฎหมายเท่านั้น เป็นการถ่ายโอนที่ดินจากกรมป่าไม้ให้ส.ป.ก.แจกจ่ายให้แก่เกษตรกรที่ยากจนแบบให้เปล่ารวมรายละไม่เกิน 100

ไร่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกินความสามารถ และศักยภาพที่เกษตรกรจะใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพได้ เนื่องจากคนยากจนย่อมไม่มีทุน ขาดแรงงาน ขาดน้ำ ขาดปัจจัยในการผลิตอื่นๆ ทางที่ดีที่สุดที่เกษตรกรทำได้คือขายสิทธิในที่ดินนั้นอย่างที่ถูกบังคับอยู่ (นิวัติ เรืองพานิช, 2550)

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่สุดในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อมหรืออาจกล่าวได้ว่าทรัพยากรน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญอันจะขาดมิได้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งปวง และปัจจุบันแหล่งน้ำในต้นน้ำมีความสกปรกปนเปื้อนมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการนำเคมีภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นอย่างแพร่หลายในกิจกรรมต่างๆ ทั้งกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การเกษตร และกิจกรรมอื่น ๆ โดยขาดความระมัดระวังทำให้มีการแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำ จากการที่น้ำเป็นตัวพัดพาดิน เมื่อมีฝนตกจึงทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินจากแหล่งต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำเป็นตะกอนดินที่ทำให้เกิดการทับถมและนำสิ่งต่าง ๆ ในดินลงสู่แหล่งน้ำด้วย (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545)

อนุภาคของดินที่มีสารพิษและแขวนลอยไหลบ่าไปกับกระแสน้ำจะสามารถตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำได้เมื่อมีการรวมตัวของอนุภาคดินใหญ่ขึ้น และตกตะกอนได้ดีเมื่อน้ำนิ่ง ดังนั้นสารพิษส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะตกค้างสะสมอยู่ในตะกอนหรือโคลนในท้องน้ำ ซึ่งสามารถตรวจพบสารพิษได้ในปริมาณที่สูงกว่าในตัวอย่งน้ำ 10-100 เท่า หรืออาจมากกว่านั้น สารพิษที่สะสมในตะกอนนี้บางส่วนจะสลายตัวโดยจุลินทรีย์หรือสะสมในพืชหรือสัตว์ที่ดำรงชีวิตอยู่บนท้องน้ำ (benthos) แต่ส่วนใหญ่ยังคงตกค้างสะสมบนท้องน้ำต่อไปเป็นเวลานานจนกว่าสารพิษนั้นจะสลายตัวไปหมด โดยอาจจะกินเวลาตั้งแต่ 3 เดือน จนถึง 30 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารพิษเป็นสำคัญ (ประภัสสรา พิมพ์พันธุ์, 2532, น. 130-137)

ตะกอนดินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ตะกอนแขวนลอย (suspended solid) ซึ่งเป็นตะกอนดินที่มีขนาดเล็กมีทั้งเป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยแขวนลอยอยู่ในน้ำ และสามารถถูกพัดพาไปได้ไกล และตะกอนหนักท้องลำธาร (bed load sediment) เป็นตะกอนดินที่มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก จะถูกพัดพาไปตามท้องน้ำ เช่น กรวด หวาย หรือทรายแป้ง โดยพอกทรายจะตกตะกอนก่อนตามด้วยทรายแป้งหยาบและละเอียด ส่วนตะกอนดินเหนียวจะตกทีหลังตะกอนส่วนใหญ่มีกำเนิดจากดิน ดังนั้นจึงเรียกตะกอนเหล่านี้ว่า ตะกอนดิน (เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม, 2517) ซึ่งโดยความเร็วของกระแสน้ำจะเป็นตัวกำหนดเวลาที่แตกต่างกันในการตกตะกอนขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณตะกอนดินในลำน้ำ ได้แก่ ชนิดของดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะภูมิอากาศ และฝน นอกจากนี้ มนุษย์ยังมีส่วนทำให้ปริมาณตะกอนดินมากขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งพื้นที่ที่ขาดพืชปกคลุมจะเกิดการกร่อนดินได้ง่าย ส่งผลให้ปริมาณตะกอนดินสะสมในท้องน้ำมากขึ้นกว่าที่เกิดตามธรรมชาติ ซึ่งนิพนธ์ ตั้งธรรม (2545) กล่าวว่า ตะกอนดินเป็นตัวการทำให้เกิดมลพิษทางน้ำเมื่อทับถมในแหล่งน้ำ ทำให้ตื้นเขิน ทำลายดินที่ใช้ในการเกษตรกรรม ทำลายสภาพความเป็นอยู่ของสัตว์น้ำ ทำให้น้ำขุ่นและสกปรก ไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ตะกอนดินยังสามารถดูดซับเอาสารมลพิษอื่น ๆ เช่น ธาตุอาหารพืช สารกำจัดศัตรูพืช วัตถุมีพิษ แบคทีเรีย และไวรัสได้อีกด้วย ซึ่งสมบัติของตะกอนดินไม่ว่าจะเป็นทางด้านฟิสิกส์ เคมี และชีววะ ล้วนแต่มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมทั้งนั้น สมบัติทางกายภาพ เช่น ขนาด ความหนาแน่น และรูปร่าง มีผลต่อการพังทลายของดิน การเคลื่อนย้าย และการตกทับถมแตกต่างกันไป ตะกอนดินละเอียดประเภทซิลท์ และดินเหนียวนั้นจะมีสมบัติทางเคมีที่สามารถดูดซับหรือดูดยิด และปลดปล่อยไอออนของสารต่าง ๆ จากน้ำและลุ่มน้ำ (McDowell and Grissinger, 1976 : อ้างใน นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) โดยขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีของสภาวะแวดล้อมของน้ำด้วย และเป็นตัวการกำหนดความเข้มข้นของมลพิษในน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วตะกอนดินขนาดหยาบจะเป็นตัวการทำให้พลังงานในการกัดเซาะและพัดพาไปลดน้อยลงในขณะที่ตะกอนดินขนาดละเอียดก็เป็นตัวลดสารแขวนลอยที่มีมลพิษอื่น ๆ ในน้ำได้บ้างตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายในน้ำและลงสู่แหล่งน้ำนั้น มีผลทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ในหลายลักษณะด้วยกัน ความมากน้อยหรือลักษณะของน้ำในลำราง ลำธาร แม่น้ำ ขนาดของตะกอนดิน และความขรุขระของท้องน้ำ รวมทั้งสิ่งกีดขวางบริเวณขอบฝั่ง มีผลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำหลาก ซึ่งการไหลของน้ำจะเป็นไปในลักษณะปั่นป่วนปริมาณของตะกอนดินในลำน้ำ ไม่ว่าจะมาจากพื้นที่ทำการเกษตร ที่อยู่อาศัย ป่าไม้ ไร่ถ่าน ล้วนก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำทั้งสิ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแนวทางที่จะบอกให้รู้ว่ามีปริมาณการกร่อนดิน และความเข้มข้นของตะกอนดินจะมีได้มากน้อยเพียงใด จึงจะไม่ทำให้แหล่งน้ำเกิดมลพิษ อย่างไรก็ตามปริมาณตะกอนดินทั้งหมดไม่ได้เป็นสิ่งเลวร้ายเสมอไปบางครั้งอาจมีส่วนช่วยทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพดีขึ้น

หน่วยชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยน้ำมวบ

จากการสำรวจโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยน้ำมวบมีชุดดินในพื้นที่ส่วนใหญ่ 4 หน่วยที่ดินคือ ดินหน่วยพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ชุดดินบ้านจ้อง ชุดดินหางดง และชุดดินแมริม โดยมีรายละเอียดดังนี้

หน่วยพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (SC)

ลักษณะโดยทั่วไป ดินนี้ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขา ซึ่งมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 ดินที่พบในบริเวณดังกล่าวนี้มีทั้งดินลึกและดินตื้น ลักษณะของเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น มักมีเศษหิน ก้อนหิน หรือหินพื้นผิว กระจายอยู่ทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าดิบชื้น หลายแห่งมีการทำไร่เลื่อนลอย โดยปราศจากมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน จนบางแห่งเหลือแต่หินพื้นผิว ได้แก่ดินหน่วยพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (SC) หน่วยพื้นที่ดินนี้ไม่ควรนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เนื่องจากมีปัญหาหลายประการที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ควรสงวนไว้เป็นป่าตามธรรมชาติเพื่อรักษาแหล่งต้นน้ำลำธารปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดิน : พื้นที่ภูเขาลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 มีการกัดกร่อนของดินได้ง่าย ความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืช มีศักยภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืช เนื่องจากเป็นดินตื้น มีหินผิวที่ผิวดินเป็นส่วนใหญ่ และพื้นที่เป็นภูเขาสูงชัน มีความลาดชันเฉลี่ยเกินร้อยละ 35 ยากต่อการชะล้างพังทลายของดิน จึงเหมาะสมที่จะรักษาไว้เป็นพื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

ชุดดินบ้านจ้อง (Ban Chong series: Bg)

จำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Fine, kaolinitic; isohyperthermic Typic (Kandic) Paleustults การกำเนิด เกิดจากการผุพังของหินตะกอนเนื้อละเอียดและหินที่แปรสภาพ เช่น หินดินดาน หินทรายแป้ง หินโคลน หินชนวน หินฟิลไลต์ เป็นต้น บริเวณพื้นที่ภูเขา และรวมถึงที่เกิดจากวัสดุหินหรือหินที่เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกลๆ โดยแรงโน้มถ่วง บริเวณเชิงเขา หรือเกิดจากตะกอนดินที่ถูกน้ำพาบริเวณเนินตะกอนรูปพัดสภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นเนินเขา ความลาดชันร้อยละ 3-35 การระบายน้ำ ดีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้าถึงเร็วการ

ซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลางพืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ป่าเบญจพรรณ พืชไร่ เช่น ข้าวโพด อ้อย ยาสูบ ข้าวไร่ สับปะรด และสวนผลไม้ เช่น มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย การแพร่กระจาย พบมากบริเวณภาคเหนือตอนบนและที่สูงตอนกลางของประเทศการจัดเรียงชั้นหน้าตัดดินเป็นแบบ Ap(A)-Bt ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกลับมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีนํ้าตาล เข้มถึงสีนํ้าตาลปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่างเป็นดินเหนียว สีแดงปนเหลือง ถึงสีแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน คือ ชุดดินเชียงแสน ชุดดินเลย และชุดดินเชียงของ ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำและเป็นกรด สภาพพื้นที่มีความลาดชัน ดินเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ ปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้อินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี และใช้วัสดุปูนปรับแก้ความเป็นกรดของดิน จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำให้เหมาะสม

ชุดดินหางดง (Hang Dong series: Hd)

ชุดดินหางดง (Hang Dong series; Hd จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Endoaqualfs) เกิดจากตะกอนน้ำพาบริเวณตะพัก ลำน้ำหรือที่ราบระหว่างเขา สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชันร้อยละ 0-2 การระบายน้ำ เลว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ชั่ว การซึมผ่านได้ของน้ำช้า พืชพรรณธรรมชาติ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน นาข้าว อาจใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่ว หรือพืชผัก ก่อนหรือหลังปลูก ข้าวการแพร่กระจาย พบมากในภาคเหนือ มีการจัดเรียงชั้นหน้าตัดดินเป็นแบบ Apg-Btg ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกลับมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีเทาถึงสีเทาเข้ม มีจุดประสีนํ้าตาลปนเหลืองหรือสีนํ้าตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีเทา มีจุดประสีนํ้าตาลปนเหลืองหรือสีนํ้าตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน คือ ชุดดินพาน ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ ไม่มีข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ ปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มผลผลิตโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ในพื้นที่ชลประทาน นอกฤดูทำนาอาจปลูกพืชไร่หรือพืชผัก ซึ่งจะต้องยกทรงและปรับสภาพดินให้ร่วนซุยและระบายน้ำดีขึ้น โดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ

ชุดดินแมร์ิม (Mae Rim series: Mr)

ชุดดินแมร์ิม (Mae Rim series: Mr) จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic Typic (Kandic) Paleustults เกิดจากตะกอนน้ำพา ส่วนใหญ่เป็นพวกกรวดและหินมนเล็กบริเวณเนินตะกอนรูปพัด หรือตะพักลำน้ำสภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นเนินเขา ความลาดชันร้อยละ 3-35 การระบายน้ำดีการไหลพาของน้ำบนผิวดิน ช้ำถึงเร็วการซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลางพืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ป่าเต็งรัง พืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่ว และใช้เป็นวัสดุทำถนนการแพร่กระจาย พบมากบริเวณภาคเหนือตอนบนและที่สูงตอนกลางของประเทศ มีการจัดเรียงชั้นหน้าตัดดินเป็นแบบ Ap(A)-Bt ลักษณะและสมบัติดินเป็นดินตื้นหรือตื้นมากถึงชั้นก้นกรวดและหินมนเล็กหนาแน่นตั้งแต่ภายใน 50 ซม. จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน อาจมีกรวดและ หินมนเล็กปะปน สีนํ้าตาลถึง สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทา ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรด เล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทราย มีกรวดและหินมนเล็กปะปนอยู่หนาแน่นมากมากกว่าร้อยละ 35 โดยปริมาตร ดินล่างลึกๆ อาจเป็นดินเหนียว สีนํ้าตาลปนเหลืองถึงสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน คือ ชุดดินน้ำซุน ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ เป็นดินตื้นถึงชั้นกรวดและหินมนเล็ก ความอุดมสมบูรณ์ต่ำพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ดินจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่ายข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ บริเวณที่มีความลาดชันไม่มากนัก (ไม่เกินร้อยละ 12) และดินไม่ตื้นมาก อาจใช้ปลูกพืชไร่ได้ แต่ต้องรบกวนดินน้อยที่สุด พร้อมทั้งจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมโดยใช้วิธีพืช เพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินและเพิ่มผลผลิตพืช โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีพื้นที่ลาดชันสูงไม่ควรนำมาใช้เพาะปลูกควรให้คงสภาพป่าหรือฟื้นฟูสภาพป่า

จาก [http:// www.mcc.cmu.ac.th/software/desc_soil/desc_soil.html/](http://www.mcc.cmu.ac.th/software/desc_soil/desc_soil.html/)

สารพาราควอต (Paraquat)

สารพาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมใช้ในพื้นที่ศึกษา เริ่มนำมาใช้และจดสิทธิบัตรในปี ค.ศ. 1958 (Smith, 1995) ชื่อทางเคมี คือ 1,1' - dimethyl - 4,4' - bipyridiniumdichloride เป็นสารประกอบประเภท quaternary ammonium herbicide (Khan, 1980; Pesticide Action Network Asia and the Pacific [PANAP], 2003) มีชื่อทางการค้าคือ Grumoxone, Karazone, Topzone, Noxone ฯลฯ มีน้ำหนักโมเลกุลในรูป dichloride salt 257.16 ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีตามที่ พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ (2531) รายงานไว้ดังนี้

พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มไบไพริดีเลียม (bipyridiliums) ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก จัดเป็นสารประเภทสัมผัสตายและไม่เลือกทำลาย (ธวัชชัย รัตนชเลศ, 2540) มีจุดหลอมเหลว 340 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 1.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้ 700 กรัมต่อลิตร ที่ 20 องศาเซลเซียส ละลายได้น้อยในแอลกอฮอล์ และไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ใช้ควบคุมวัชพืชในวงศ์หญ้าเป็นส่วนใหญ่ (ทศพล พรพรหม, 2545) เป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีสถิติการนำเข้าในประเทศมากในระดับต้นๆ มี pH 6.5 – 7.5 (จิราพร ศรีพลากิจ และ ญัญญา ลือตระกูล, 2532) โดยที่ปัจจุบันสารสำเร็จรูปที่นำเข้ามาปริมาณลดลง เนื่องจากมีโรงงานปรุงแต่งในประเทศ (ธวัชชัย รัตนชเลศ, 2540) คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารพาราควอตแสดงในตารางที่ 2.1

ความเป็นพิษของสารพาราควอต

พิษของสารพาราควอตมีความรุนแรงต่อสัตว์เมื่อเข้าทางปาก (acute oral) โดยมีค่า LD₅₀ ต่ำมาก กล่าวคือ สารในรูป paraquat dichloride salt technical กับหนูตัวผู้ มีค่า LD₅₀ 112 - 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Ahrens, 1994) มีค่า LC₅₀ ต่อปลา rainbow trout 32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเวลา 96 ชั่วโมง และไม่เป็นพิษต่อผึ้ง (ทศพล พรพรหม, 2545. อ้างจาก Hamishkidd and David, 1991) แต่จากรายงานของ Panap (2003) ได้กล่าวไว้ว่าสารพาราควอตเพียง 17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็สามารถฆ่าชีวิตมนุษย์ได้ โดยจะทำลายตับ หัวใจ ไต ปอด ระบบประสาทต่อมหมวกไต ม้าม กล้ามเนื้อ และทุกระบบในร่างกายให้ล้มเหลว ซึ่งสารพาราควอตนี้เป็นสารหนึ่งในไม่กี่ชนิดที่จัดว่าเป็นสารที่มีพิษอยู่ในระดับปานกลางของกลุ่มความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ต่อมนุษย์ ซึ่งในประเทศได้หวั่นิยมใช้สารพาราควอตกันอย่างกว้างขวาง จึงมีการ

พัฒนาแนวทางเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารนี้ลงในแหล่งน้ำดื่มและแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดย
ทางการได้หวั่นได้กำหนดมาตรฐานน้ำดื่มให้มีปริมาณสารพาราควอตได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม
ต่อลิตร (Tsai and Hsein, 2003. อ้างใน แกรวม พลจันทร์, 2549.)

ตารางที่ 2.1

คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารพาราควอต

ชื่อสามัญ (ISO)	Paraquat
ชื่อทางเคมี (IUPAC and CA)	1,1'-dimethyl-4,4'bipyridilium
สูตรโมเลกุล	$C_{12}H_{14}Cl_2N_2$
มวลโมเลกุล	Paraquat ion 186.25 g Paraquat dichloride 257.2 g Paraquat dimethylsulfate 408.4 g
ลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะเป็นแป้งผลึก สีขาว ไม่มีกลิ่น
ความหนาแน่นสัมพัทธ์	$1.24 - 1.26 \text{ g cm}^{-3}$ ที่ 20°C
ความหนาแน่นของก๊าซ	8.88
ความดันไอ	ต่ำมาก ($10^{-8} - 10^{-3} \text{ Pa}$ ที่ 20°C)

ที่มา: Wapakorn Amondham, (2005), อ้างถึง European Commission (2003), Extension Toxicology Network (2001); The Royal Society of Chemistry (1991) and World Health Organization(1984).

พฤติกรรมของสารพาราควอตในสิ่งแวดล้อม

พฤติกรรมของสารพาราควอตในสิ่งแวดล้อมสารพาราควอตมีความสามารถเคลื่อนย้ายในดินได้อย่างจำกัดเพราะถูกอนุภาคดินและอินทรีย์วัตถุจับยึดไว้ เนื่องจากตัวสารมีสมบัติเป็นประจุบวก จึงสามารถดูดซับกับดินซึ่งมีประจุลบอย่างแข็งแรง โดยเฉพาะดินเหนียวหรือแร่ดินเหนียว (clay mineral) และอินทรีย์วัตถุ (ทศพล พรพรหม, 2545; อ้างจาก PANAP, 2003; และ Spark, 2002) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (sorption coefficient; Koc) เท่ากับ 106 ซึ่งการติดแน่นอยู่กับดินนี้เป็นขีดจำกัดความเป็นประโยชน์ของสารพาราควอตต่อการทำลายวัชพืช

โดยที่สารพาราควอตนี้มีการสลายตัวทางชีวภาพ (biodegrade) ได้ช้ามาก และมีครึ่งชีวิต (half-life) ในดิน 1,000 วันหรือมากกว่านั้นขึ้นกับชนิดดิน (Vougue *et al.*, 1994) และในบางกรณีอาจใช้เวลาถึง 13 ปี (Extoxnet, 1996) โดยสารนี้จะไม่ออกฤทธิ์ในดินและไม่เกิดการชะล้างลงสู่ด้านล่าง (leaching) หรือเกิดน้อยมาก จึงไม่เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน (Hazardous Substances Data Bank, 2000) การดูดซับของสารพาราควอตในดินไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นดินไม่แสดงความเป็นพิษและไม่มีการเคลื่อนย้ายในพืช มีการทดลองหาอัตราการดูดซับของสารพาราควอตกับชนิดแร่ดินเหนียวพบว่าแร่ดินเหนียวในกลุ่ม montmorillonite จะมีการดูดซับสารได้สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิดอื่นๆ ซึ่ง Tsai and Hsein (2003) ได้ทดสอบขนาดของอนุภาคดินที่มีแร่ดินเหนียว montmorillonite ต่อการดูดซับสารพาราควอตพบว่าเมื่ออนุภาคดินมีขนาดใหญ่ขึ้นการดูดซับสารจะลดลง การตกค้างของสารพาราควอตในแหล่งน้ำนั้นตัวสารจะถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคแขวนลอย (suspended matter) และตะกอนดิน (sediment) ในน้ำ โดยมีรายงานว่าครึ่งชีวิต (half-life) ในน้ำจะมีค่าตั้งแต่ 1.5 วัน จนถึง 23 สัปดาห์ (Hazardous Substances DataBank, 2000) ซึ่งสารนี้จะสลายตัวเองภายใน 35 สัปดาห์ จนไม่สามารถตรวจพบในน้ำที่ปราศจากตะกอนดินหรือพืชน้ำภายใน 6 – 8 สัปดาห์ ในแหล่งน้ำที่มีตะกอนดิน และ 3 – 4 สัปดาห์ในแหล่งน้ำที่มีทั้งตะกอนดินและพืชน้ำ (Arnold and Kevin, 1990, Eisler, 1990 อ้างใน แกรวม พลจันทร์, 2549)

พฤติกรรมและความคงทนของสารกำจัดวัชพืชในดิน

เมื่อมีการใช้สารกำจัดวัชพืชโดยเฉพาะสารที่ใช้ทางดินนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับดินแต่สารที่ใช้ทางใบก็จะมีบางส่วนที่สัมผัสกับดินได้เช่นกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชได้แก่ อุณหภูมิ การเคลื่อนย้ายของน้ำขึ้นลงตามหน้าตัดดิน สารละลายที่มีอยู่ในน้ำ การเคลื่อนย้ายของอากาศ และการดูดซับสารโดยอนุภาคดิน กระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช (ทศพล พรพรม, 2545) มีดังนี้

1. กระบวนการทางฟิสิกส์ ได้แก่

การระเหิด (volatility) โดยจะเกิดมากในสภาพอากาศที่ร้อน แสงแดดจัด และลมแรง การชะล้างน้ำพาโมเลกุลของสาร โดยได้รับอิทธิพลจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทั้งในแนวตั้งและแนวข้าง ซึ่งอาจมีการสะสมโมเลกุลของสารในดินชั้นล่างและน้ำใต้ดิน ปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้าง

ได้แก่โครงสร้างดิน ความสามารถในการซึมน้ำ ปริมาณน้ำไหลผ่านดินความสามารถในการดูดซับของอนุภาคดินและความสามารถในการละลายของสาร

2. กระบวนการทางเคมี ได้แก่

การสลายตัวโดยแสงแดด ในสภาพที่มีแสงแดดจัด สารจะทำปฏิกิริยากับแสงซึ่งสามารถป้องกันการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชได้โดยการคลุกดิน การดูดซับประจุไอออนหรือโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งความเป็นกรด-เบสของดิน เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดูดซับสารกำจัดวัชพืช และมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินและพืช การดูดซับสารในสภาพดินแห้งจะมากกว่าในดินชื้น และสารที่มีประจุบวกจะดูดซับกับดินเหนียวได้ดีกว่าฮิวมัสโดยเฉพาะแร่ดินเหนียวพวกมอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) ดูดซับสารได้มากกว่าแร่ดินเหนียวพวกเคโอลินไนต์ (kaolinite) ปฏิกิริยาทางเคมีในดินต่างๆ เช่น ออกซิเดชัน (oxidation) รีดักชัน (reduction) ไฮโดรไลซิส (hydrolysis) หรือไฮเดรชัน (hydration) ทำให้เกิดสารเคมีที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งปฏิกิริยาต่างๆ นี้จะขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดต่างของดิน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540)

3. กระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่

พวกแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยสิต ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้พลังงานจากโมเลกุลของสารเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ การสร้างโปรตีน และการขยายพันธุ์ แล้วปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชในดินโดยจุลินทรีย์มากกว่าหนึ่งชนิดทำการย่อยสลายสาร เช่น พวกย่อยสลายสารโดยกระบวนการ dealkylation ส่วนพวกแบคทีเรียจะย่อยสลายสารโดยกระบวนการ hydrolysis และ dehalogenation รวมกระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การสลายตัวร่วม (cometabolism) (รังสิต สุวรรณเขตนินคม, 2547)

ระยะเวลาที่สารกำจัดวัชพืชมีฤทธิ์อยู่ในดินเรียกว่า ความคงทนของสารในดิน (soil persistence) ส่วนอายุของสารที่ตกค้างในดิน เรียกว่า ผลตกค้างของสารในดิน (soil residue) ซึ่งสมบัติที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมสารกำจัดศัตรูพืชในดิน คือ สภาพการละลายได้ ความดันไอ สภาพการมีประจุไฟฟ้า และความเป็นกรดต่างของสารละลาย โดยที่ความคงทนของสารในดินเป็นส่วนที่เหลือจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชไป (ทศพล พรพรม, 2545)

ตะกอนดิน

ตะกอนดิน (sediment) คือ สิ่งที่เกิดจากการพังทลาย และการย่อยสลายทั้งหมดของอนุภาคอินทรีย์สารและอนุภาคอนินทรีย์สารซึ่งจะตกตะกอนอยู่ใต้ผิวน้ำ โดยดินตะกอนมีลักษณะแตกต่างกันทางด้านฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา (Horowitz, 1991)

องค์ประกอบของตะกอนดินประกอบด้วย 3 ส่วน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1. น้ำ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 50 ขององค์ประกอบทั้งหมดเป็นส่วนที่พบในช่องดิน(soil pore) ซึ่งอาจพบในเม็ดดินหรือระหว่างเม็ดดิน น้ำที่พบไม่ใช่ น้ำบริสุทธิ์แต่มีไอออนของธาตุต่างๆปนอยู่ด้วยจึงนิยมเรียกว่าสารละลายดิน (soil solution)
2. อนินทรีย์สาร (inorganic matter) จะรวมถึงเศษหิน เศษเปลือกหอย อนุภาคแร่ซึ่งเกิดจากการชะล้างของผิวดินในระบบนิเวศ และการสลายตัวของพืชของหินและแร่
3. อินทรีย์สาร (organic matter) มีปริมาณน้อยที่สุดแต่เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นตัวควบคุมการดูดซับซึ่งเป็นส่วนที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต โดยเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชของเศษเหลือพืชและสัตว์ที่ทับถมกัน

ขนาดอนุภาคดินตะกอน ลักษณะทางกายภาพของดินตะกอน หรือกระบวนการทางฟิสิกส์จะรวมถึงความพรุนและการซึมผ่านของน้ำ โดยที่กรวดและทรายจะมีค่าการซึมน้ำสูงแต่เลนจะมีค่าการซึมน้ำต่ำ อนุภาคของดินตะกอนจะขึ้นอยู่กับพื้นที่และแหล่งนั้นๆ เช่น การพังทลายของดินและหินบริเวณนั้น อนุภาคของมลพิษและบรรยากาศ ดินตะกอนจะมีส่วนประกอบมากมาย เช่น clay mineral, carbonate, quartz, feldspar และ organic solid ซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะถูกห่อหุ้มด้วย hydrous manganese, iron oxide และ organic substance โดย iron และ manganese oxide จะพบในบริเวณทะเลสาบและปากอ่าว และบริเวณระหว่างผิวดินตะกอนกับน้ำทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเลภายใต้ toxic condition และ organic surface จะถูกเรียกว่า biofilm ของดินตะกอนได้น้ำจากการกระทำของแบคทีเรียและสาหร่าย (ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540)

โดยทั่วไปแล้วดินตะกอนจะถูกแบ่งตามขนาดของอนุภาคซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ แบบหยาบ และแบบละเอียด โดยแบบหยาบจะมีขนาดใหญ่กว่า 63 ไมโครเมตร และแบบละเอียดจะมีขนาดเล็กกว่า 63 ไมโครเมตร อนุภาคของดินแบบหยาบจะประกอบไปด้วยอนุภาคที่เสถียรจำพวก inorganic silicate ซึ่งทำให้ไม่มีการดึงดูดระหว่างมลสารกับมลพิษที่อนุภาคของแบบละเอียดจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรและมีความละเอียดสูง และจะมีประจุอยู่บริเวณผิวของ

อนุภาค ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและชีววิทยามากกว่าแบบหยาบ ทำให้การ sorption และ desorption ของมลสารน่าจะสูงกว่าแบบหยาบ ปัญหาการปนเปื้อนของมลพิษจะพบมากใน อนุภาคของแบบละเอียดซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่นั้นๆ คุณภาพของดินตะกอนจะขึ้นอยู่กับ การได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพ เช่น การศึกษาดินตะกอนในน้ำจืดและ น้ำทะเล (ประสิทธิ์ อ่อนจันทร์, 2551)

การดูดซับ

นิยามของการดูดซับ

การดูดซับเป็นการสะสมสารหรือวัสดุที่พื้นผิวระหว่างของแข็งและของเหลว รวมถึง การเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกละลายออกจากสารละลายไปอยู่บนผิวของของแข็ง แต่ไม่รวมถึง ขบวนการตกตะกอนที่พื้นผิว (surface precipitation process) หรือกระบวนการโพลิเมอไรซ์ เซชัน (polymerization process) ซึ่งหากไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่ากลไกที่ทำให้ความเข้มข้นของ สารหรือวัสดุในสารละลาย ตัวทำละลาย หรือพื้นผิวของของแข็งลดลงไปนั้นเกิดจากการดูดซับ หรือการตกตะกอนที่พื้นผิว หรือขบวนการโพลิเมอไรซ์เซชัน หรือกระบวนการอื่นๆ ที่เกิดขึ้นที่ผิว แล้วโดยทั่วไปจะใช้คำว่า sorption (Danal, 1995)

การดูดซับเป็นกระบวนการถ่ายเทมวลของตัวถูกละลาย (adsorbate) จากสถานะที่เป็นของเหลวไปยังสถานะที่เป็นของแข็งคือตัวดูดซับ (adsorbent) ทำให้เกิดการสะสมของตัวถูกละลายบนผิวของตัวดูดซับ การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงผลักดัน (driving force) หลัก 2 ชนิด คือ ความสามารถในการละลายของตัวถูกละลาย และความชอบหรือความ ดึงดูด (affinity) ของตัวถูกละลายที่มีต่อตัวดูดซับ (วินัย สมบูรณ์, 2541)

พื้นผิวของของแข็งที่สัมผัสกับสารละลายและมีแนวโน้มที่จะเกิดการสะสมโมเลกุล ของตัวถูกละลายในสารละลายที่ผิว เนื่องมาจากความไม่สมดุลของแรงที่ผิว (surface force) เรียกว่า การดูดซับ (Eckenfelder, 1996)

การขับเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้แยกองค์ประกอบที่ต้องการออกจากสารละลายของเหลว หรือก๊าซ โดยใช้สารละลายหรือก๊าซดังกล่าวสัมผัสกับตัวดูดซับ ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็ง

ตัวดูดซับชนิดหนึ่งๆ มีความสามารถดูดซับองค์ประกอบต่างๆ ในสารละลายได้แตกต่างกัน จึงสามารถแยกองค์ประกอบต่างๆ ออกจากกันได้ การจะแยกองค์ประกอบใดออกจากสารละลายนั้น ต้องเลือกชนิดตัวดูดซับให้เหมาะสม เมื่อพิจารณาถึงสถานะของสารละลายและสถานะของตัวดูดซับที่สัมผัสกันแล้วสามารถจำแนกการดูดซับเป็น การดูดซับของเหลวโดยของเหลว (liquid-liquid adsorption) การดูดซับก๊าซโดยของเหลว (gas-liquid adsorption) การดูดซับของเหลวโดยของแข็ง (liquid-solid adsorption) (บุญชัย โชติวิริยาวิชย์, 2533)

ตัวดูดซับ

ตัวดูดซับ คือ สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 5 ประเภท

1. สารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ ซิลิกาแกมมันต์ อะลูมิเนียมแกมมันต์ ถ่านกระดูก สินแร่จำพวกอะลูมิเนียมซิลิเกต เช่น kaolinite เป็นต้น ตัวดูดซับสารอนินทรีย์จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50 - 200 ตารางเมตรต่อกรัม และดูดซับโมเลกุลสารเพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับสารอนินทรีย์มีขีดจำกัด

2. ถ่านแกมมันต์ มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 500 – 1,400 ตารางเมตรต่อกรัม เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพ และมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ เช่น ฟอกสี ใช้ในการกำจัดกลิ่นและรส ใช้ในการกำจัดตะกอนในโรงงานเบียร์ เป็นต้น

3. สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (เรซิน) ชนิดพิเศษ ที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300 – 500 ตารางเมตรต่อกรัม

4. วัสดุชีวภาพ (biomaterials) ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย ใคโตซาน กากกาแฟ กากชา กากถั่วเหลือง ฟางข้าวเปลือกไม้ แถ้าแกลบดำ เป็นต้น

5. สารดูดซับชีวภาพ (biosorbent) ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ เช่น เซลล์ของแบคทีเรีย อาจกล่าวโดยสรุป การดูดซับเป็นการแยกสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งเจือปน (adsorbate) ออกจากของเหลวหรือก๊าซโดยการใช้ของเหลว หรือของแข็งเป็นตัวดูดซับ (adsorbent)

กลไกการดูดซับ (Adsorption Mechanism) การดูดซับเกิดขึ้นเป็น 3 ระยะติดต่อกัน
(กรองกาญจน์ ภูวรรตน์, 2530)

ระยะที่ 1 โมเลกุลของสิ่งสกปรกในสารละลายจะเคลื่อนที่ไปเกาะอยู่รอบนอกของ
สารดูดซับ

ระยะที่ 2 โมเลกุลของสิ่งสกปรกจะแพร่กระจาย (diffusion) เข้าไปในรูพรุนของสาร
ดูดซับ

ระยะที่ 3 เกิดการดูดติดผิวในรูพรุน ระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นผิวของสารดูดซับ ซึ่ง
อาจจะดูดติดผิวด้วยแรงกายภาพหรือทางเคมี หรือทั้ง 2 แรงพร้อมกัน

อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ

อัตราการดูดซับมีความสำคัญมาก อัตราการดูดซับที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้
ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็ว อัตราการดูดซับจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีการต้านทานมากที่สุด
ในการเคลื่อนย้ายโมเลกุลซึ่งขั้นตอนที่ช้าที่สุดจะเป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการดูดซับ ขั้นตอนใน
การดูดซับแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อยดังนี้

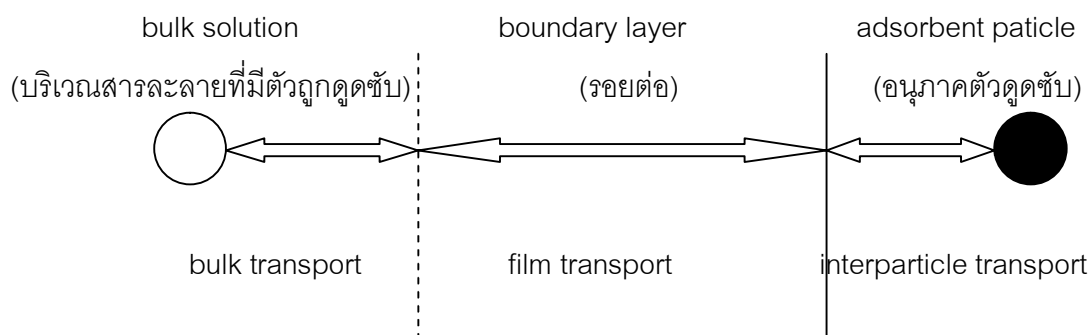
1. การขนส่งอนุภาค (bulk transport) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัว
ถูกดูดซับในของเหลวจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของของเหลวบางๆ หรือผิวสัมผัสน้ำที่ห่อหุ้มตัว
ดูดซับ

2. การขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้น
ของเหลวบางๆแทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้นฟิล์มเป็นกระบวนการที่ตัวถูกดูด
ซับแพร่ผ่านฟิล์มน้ำไปยังผิวของตัวดูดซับ จัดเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการดูดติดผิวขั้นตอนหนึ่ง

3. การขนส่งภายในอนุภาค (interparticle transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูก
ละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับ เรียกว่าการแพร่เข้าสู่โพรง (pore diffusion) และทำให้เกิดการ
ดูดซับขึ้นภายใน ขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการดูดซับเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 2.1

ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกละลายไปยังตัวดูดซับ



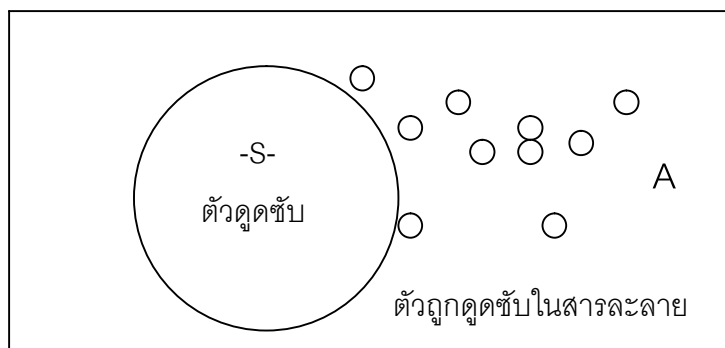
ที่มา: นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์, 2550

การยึดติดของตัวดูดซับบนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับจะมีแรงยึดเหนี่ยวเกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพหรือทางเคมีหรือทั้งสองแบบ

สมดุลการดูดซับ (adsorption equilibrium)

เมื่อเติมตัวดูดซับปริมาณหนึ่งลงไปในสารละลายที่มีโมเลกุลตัวถูกละลายเข้มข้น C_0 ในช่วงเริ่มต้นโมเลกุลตัวถูกละลายบางส่วนไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับ เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวถูกละลายไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันโมเลกุลตัวถูกละลายบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวจะคายออกมา อัตราการคายจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคาย ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ณ สภาวะสมดุลการดูดซับ จำนวนโมเลกุลของตัวถูกละลายและจำนวนโมเลกุลของตัวถูกละลายที่คายออกมามีปริมาณคงที่

ภาพที่ 2.2
สภาวะสมดุลการดูดซับ



เมื่อ A = โมเลกุลของตัวถูกดูดซับ มีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น C_0 mol/l ในสารละลาย
 $-S-$ = โมเลกุลของตัวดูดซับ
 q = สัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ
 $(1-q)$ = เป็นสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ไม่ถูกดูดซับ



เมื่อ r_1 = อัตราการดูดซับ ซึ่งจะแปรตามความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลาย หรือ ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลายให้เท่ากับ C และยังแปรตามสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ไม่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ $-k_2$
 k_1 = ค่าคงที่อัตราการดูดซับ

$$r_1 = k_1[C](1-q)$$

กระบวนการคาย



เมื่อ r_2 = อัตราการคาย ซึ่งจะแปรตามสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับ ที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเท่านั้น

K_2 = แทนค่าคงที่อัตราการคาย

$$r_2 = k_2(q)$$

ณ สภาวะสมดุล

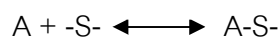
$$r_1 = r_2$$

$$K_1[C](1-q) = k_2(q)$$

$$q/(1-q) = k_1/k_2 [C] = K[C]$$

$$q = K[C]/1+K[C]$$

เมื่อ k เป็นค่าคงที่สมดุลการดูดซับ



ณ สภาวะสมดุล

$$K = -$$

เมื่อ q = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ
หน่วยเป็น ปริมาณตัวถูกดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ เช่น mol/kg, mol/g, mg/kg

W = มวลของตัวดูดซับที่ใช้ หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น kg

V = ปริมาตรของสารละลายที่มีตัวถูกดูดซับละลายอยู่ หน่วยเป็น ลบ.ซม. หรือ ลิตร

C = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลือนอยู่ในสารละลาย หน่วยเป็นความเข้มข้น
เช่น mol/l

q อาจเรียกว่า ความจุของการดูดซับ (adsorption capacity)

ณ สภาวะสมดุลของการดูดซับจะได้ว่า ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ
เท่ากับ ปริมาณตัวถูกดูดซับที่หลุดออกมาจากตัวดูดซับ ดังสมการ

$$qW = V(C_0 - C)$$

การวิเคราะห์การดูดซับ

โดยการดูดซับเป็นกระบวนการที่สารถูกดูดซับเคลื่อนที่จากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่งของเฟสอื่นๆ โดยมีเหตุจากปฏิกิริยาระหว่างสามโมเลกุลที่แตกต่างกันได้แก่ สารดูดซับ สารถูกดูดซับ และสารละลาย โดยมีแรงขับเคลื่อนหลังการดูดซับซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างสารดูดซับ และสารถูกดูดซับได้แก่ Electrical attraction, Van der Waal forces, Covalent bonds, Hydrogen bonds (Michael D, 2001)

ในการวิเคราะห์การดูดซับที่นิยมใช้กันมากคือวิธีของ Freundlich isotherm และ Langmiur isotherm ซึ่งทั้งสองวิธีนี้สามารถใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้

วิธี Freundlich isotherm

ลักษณะของไอโซเทอมนี้ก็คือ การดูดซับจะยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารดูดซับ

สมการของ Freundlich เขียนได้ดังนี้

$$C_s = \frac{x}{m} = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

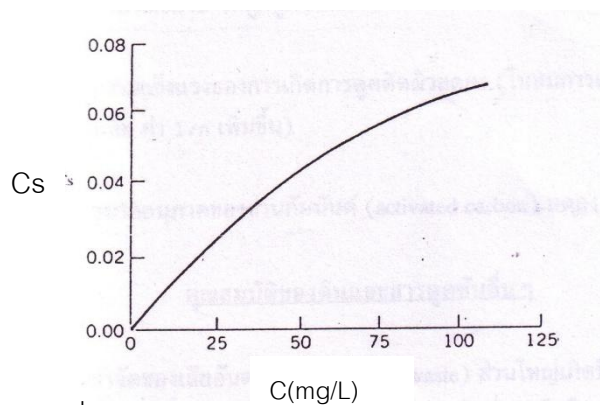
เมื่อ K_F = สัมประสิทธิ์การดูดซับของ Freundlich

n = ค่าสัมประสิทธิ์จากการทดลอง

ภาพที่ 2.3 จากรูปจะเห็นได้ว่ามวลของสารที่ถูกดูดซับเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นเฟสของน้ำ (aqueous phase) ที่ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) ต่ำๆ และลดลงเมื่อสารถูกดูดซับ (sorbate) สะสมบนผิวของสารดูดซับ (sorbent) การดูดซับยังคงดำเนินต่อไปเมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) ในเฟสของน้ำ (aqueous phase) เพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มในสัดส่วนที่น้อยลง

ภาพที่ 2.3

กราฟของ Freundlich isotherm



ที่มา: Watt., 1997

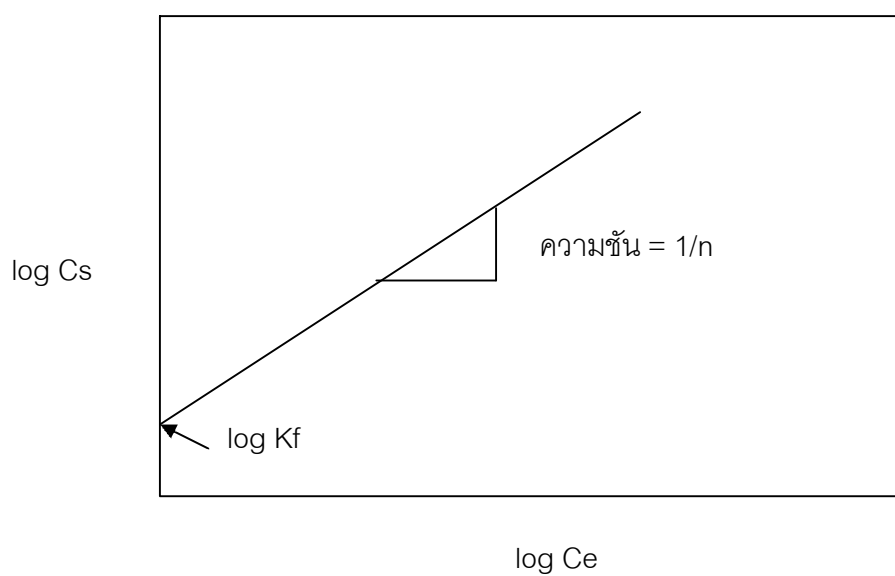
จากสมการสามารถเขียนในรูปลอการิทึมได้ดังนี้

$$\log C_s = \log K_F + 1/n \log C_e$$

เมื่อนำมาพล็อตกราฟระหว่าง C_s และ C_e จะได้กราฟเส้นตรง โดยหาค่า K_F ได้จาก $K_F = 10^{\text{y-intercept}}$ และ $1/n = \text{ความชัน}$

ภาพที่ 2.4

กราฟเชิงเส้นของ Freundlich isotherm

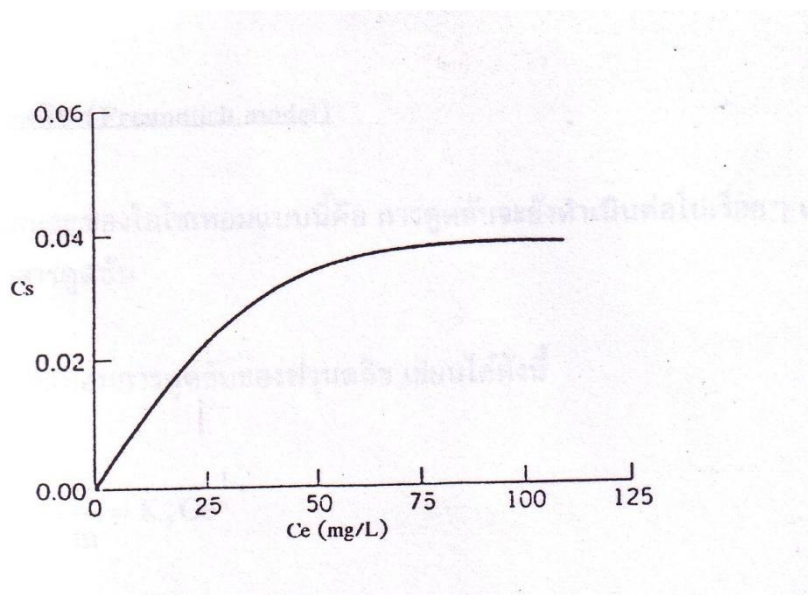


วิธี Langmuir isotherm

แบบจำลองนี้ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่า ที่ผิวของของแข็งมีสารถูกดูดซับสะสมอยู่เพียงชั้นเดียวโดยกราฟของแบบจำลองนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2.5 จากกราฟที่เฟสของเหลว (liquid phase) เมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) เพิ่มขึ้น แสดงว่าผิวของสารดูดซับ (sorbent) ถูกปกคลุมด้วยสารถูกดูดซับในสัดส่วนที่มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารในเฟสของสารละลาย (solution phase) สูงขึ้น สารดูดซับจะอิ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จุดที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้จะไม่เกิดการดูดซับสารใดๆ อีกดังภาพที่ แสดงถึงความเข้มข้นของสารถูกดูดซับในเฟสของน้ำ (aqueous phase) สูงกว่า 75 มิลลิกรัม จะไม่มีการดูดซับเกิดขึ้นอีก

ภาพที่ 2.5

กราฟของ Langmuir isotherm



ที่มา: Watt., 1997

ใช้สมการของ Langmuir isotherm ดังแสดงในภาพที่ 2.5

$$C_s = \frac{x}{m} = \frac{abCe}{1 + bCe}$$

เมื่อ C_s = มวลของสารปนเปื้อนที่ถูกจับต่อมวลของตัวจับ, กรัม/กรัม

C_e = ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล, กรัมต่อ
ลูกบาศก์เมตร

a = ค่าคงที่

b = ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล, ลูกบาศก์เมตรต่อกรัม

x = มวลของสารปนเปื้อนที่จับบนผิวของแข็ง, กรัม

m = มวลของของแข็งที่ใช้จับ, กรัม

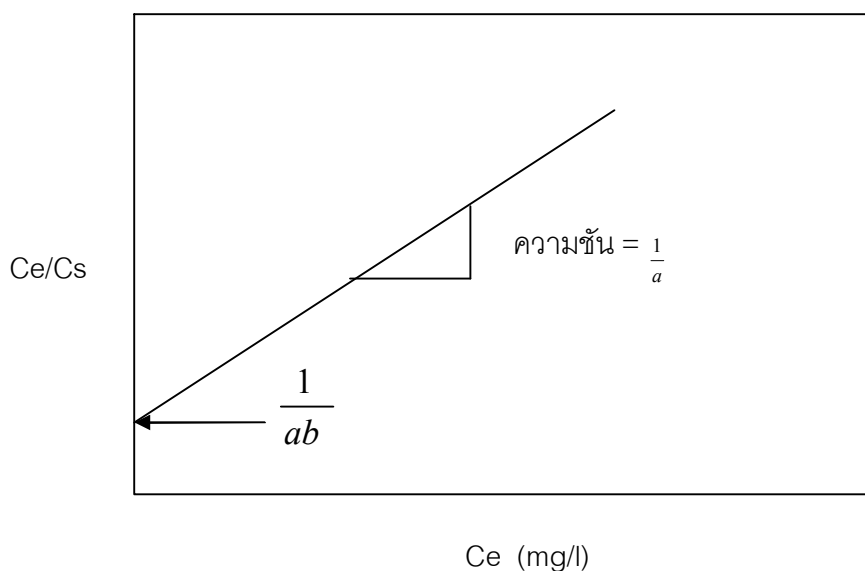
สามารถเขียนสมการของ Langmuir ในรูปเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\frac{C_e}{C_s} = \frac{1}{ab} + \frac{C_e}{a}$$

เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $\frac{C_e}{C_s}$ กับ C_e จะได้ความชันของกราฟ = $\frac{1}{a}$ และค่าตัดแกน

$$y = \frac{1}{ab} \text{ (ดังภาพที่ 2.6)}$$

ภาพที่ 2.6
กราฟเชิงเส้นของ Langmiur isotherm



ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ (Factors influencing adsorption)

1. ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ (size and surface area) เนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของพื้นที่ผิว ความสามารถในการดูดซับของสารดูดซับจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ และอัตราการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดสารดูดซับ เมื่อสารดูดซับนั้นไม่มีรูพรุนอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ แต่สำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุนอัตราการเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นที่ผิวภายในรูพรุนถูกควบคุมโดยขั้นตอน การขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) ดังนั้นอัตราการดูดซับจึงเป็นอัตราส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ และในทางตรงข้ามถ้าการเคลื่อนที่ภายในอนุภาคเป็นตัวควบคุมอัตราการดูดซับ การดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ

2. ลักษณะของสารถูกดูดซับ (nature of adsorbate) การดูดซับจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลงเนื่องจากในกระบวนการดูดซับตัวถูกละลายหรือตัวถูกละลายจะถูกดึงออกจากตัวทำละลายนอกจากนี้ถ้าอัตราการดูดซับถูกควบคุมด้วยอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรง ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับอีกด้วย และขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

3. ความเป็นกรด - เบส (pH) มีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออนและการละลายน้ำของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลต่อการดูดซับด้วย นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออนก็เป็นไอออนที่สามารถดูดซับได้ดี โดยทั่วไปแล้วการดูดซับของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชลดลง

4. อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการดูดซับ กล่าวคือ อัตราเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และลดลงตามการลดของอุณหภูมิ แต่ขีดความสามารถในการดูดซับจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูง และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำทั้งนี้เพราะการดูดซับเป็นแบบปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic)

5. ความปั่นป่วน (mixing speed) อัตราดูดซับอาจขึ้นอยู่กับขั้นตอนการขนส่งผ่านฟิล์ม (film transport) และการแพร่เข้าสู่โพรง (pore diffusion) ซึ่งในระบบที่มีความปั่นป่วนตาฟิล์มของของเหลวที่อยู่ล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามาก และก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับทำให้ film transport เป็นตัวควบคุมการดูดซับ ในทางตรงข้ามถ้ามีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนเข้าสู่สารดูดซับได้เร็วขึ้น ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการดูดซับ (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2538)

6. เวลาสัมผัส (contact time) เวลาสัมผัสในกระบวนการดูดซับเป็นพารามิเตอร์สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ และอายุการใช้งานของการดูดซับแบบต่อเนื่อง (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2538)

ประเภทของสารดูดซับสาร

สารดูดซับที่มีอำนาจดูดโมเลกุลต่างๆ มาติดผิวได้มีหลายชนิดโดยอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทสารอินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ ถ่านกระดูก (bone char) แอ็คติเวตเต็ดซิลิกา (activated silica) เป็นต้น โดยสารดูดซับประเภทนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตร/กรัม มีข้อเสียคือสามารถจับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด การใช้ประโยชน์จึงมีข้อจำกัด

2. แอคติเวตเต็ดคาร์บอน (activated carbon) เป็นสารดูดซับที่ดีกว่าสารอินทรีย์ชนิดอื่น เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600-1000 ตารางเมตร/กรัม แอคติเวตเต็ดคาร์บอนที่ใช้และเสื่อมแล้วสามารถนำไปทำรีเจนเนอเรชั่นและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การทำรีเจนเนอเรตคาร์บอนต้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมาก ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและต้องมีคาร์บอนบางส่วนสูญเสียไป เนื่องจากขณะเผาไหม้ปนกลายเป็นผงละเอียดจนใช้การไม่ได้

3. ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ที่มีประจุบนพื้นผิว สามารถดูดซับกับวัตถุอื่นๆ ที่มีประจุตรงกันข้าม ทำให้เกิดการเกาะติดกันได้ ได้แก่ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ เป็นประเภทที่เรียกว่า Macroporous resin หรือ Adsorbent resin เช่น Styrene divinylbenzene (SDVB) Resin, phenolformaldehyde (PF) Resin เป็นต้น มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตร/กรัม ซึ่งต่ำกว่าของ Activated carbon แต่มีข้อดีกว่า คือ สามารถฟื้นฟูได้ง่ายและรีเจนเนอเรตมักเป็นสารราคาถูกลง เช่น แก๊สเหลว สำหรับในประเทศไทยความเหมาะสมในการใช้เรซินดูดซับมากกว่า แอคติเวตเต็ดคาร์บอนเมื่อคำนึงถึงข้อจำกัดในการรีเจนเนอเรชั่น (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540)

ความเป็นกรด – เบส

ปฏิกิริยาของดิน หมายถึง ความเป็นกรด (acidity) หรือความเป็นด่าง (alkalinity) ของดิน การที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่าง เป็นเพราะ hydrogen ion (H^+) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดินมี $H^+ > OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด ถ้า $H^+ < OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง และถ้า $H^+ = OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง

ความเป็นกรด-เบสมีผลต่อปฏิกิริยาในดิน ต่อสมบัติการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของตัวดูดซับ และต่อสภาพละลายน้ำได้ของธาตุหลายชนิดในดิน จนอาจกล่าวได้ว่าค่าความเป็นกรด-เบสของดินมีอิทธิพลต่อกระบวนการดูดซับ ทั้งต่อสมบัติของตัวดูดซับและสมบัติของตัวถูกดูดซับ (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540.)

พระจำนง อุดเต็น, บัณฑิต อนุรักษ์ และณัฐฐา หังสพฤษ (2552, น.79) ศึกษาผลของการใช้เกลือสินเธาว์ควบคุมวัชพืชต่อข้าวไร่และสมบัติของดิน พบว่า สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงข้าวไร่ และการใช้ความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินเพิ่มขึ้น

อินทรีย์วัตถุในดิน

เกิดจากการสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์ สิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์และสารที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นมาด้วย อินทรีย์วัตถุในดินมีบทบาทอย่างมากในการควบคุมสมบัติทางกายภาพ เคมีและทางชีววิทยาของดิน ได้แก่ สมบัติทางกายภาพทำให้ดินโปร่ง ไถพรวนได้ง่าย อากาศถ่ายเทได้ดี ช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้น ทางด้านเคมีของดินทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงขึ้น ทำให้ดูดซับธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวกไว้ในดินเพื่อให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีมากขึ้น ซึ่งแปรผันไปตามชนิดและปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดิน นอกจากนี้ อินทรีย์วัตถุในดินยังเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์เกิดขึ้นอย่างมาก เช่นการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของแอมโมเนียหรือไนเตรตที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ สลายตัวทับถมอยู่ในดิน รวมถึงอินทรีย์สารที่รากพืชปลดปล่อยออกมา และที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ อินทรีย์วัตถุในดินประกอบด้วยอินทรีย์สารหลายชนิด คือ พวงสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส สารประกอบอินทรีย์กำมะถันเป็นต้น โดยอินทรีย์วัตถุสามารถบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ อินทรีย์วัตถุในดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของดินที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่างๆ ของดิน ทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ อันส่งผลกระทบต่อเนืองไปยังระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน รวมทั้งการพัฒนาระบบนิเวศ (ecosystem) ของแต่ละสภาพแวดล้อมโดยตรง

คำว่าอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฮิวมัส (humus) นั้น มีความหมายครอบคลุมตั้งแต่ส่วนของรากพืชหรือสัตว์ที่กำลังสลายตัว เซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว ตลอดจนสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลาย หรือส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ แต่ไม่รวมถึงรากพืชหรือเศษซากพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่ย่อยสลาย ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่าอินทรีย์วัตถุในดินประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แทบทุกชนิดที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ จากการวิเคราะห์สารประกอบส่วนที่เป็นคาร์บอนพบว่าโดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุประกอบด้วย

1. สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 10 – 20
2. สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเช่น กรดอะมิโน และน้ำตาลอะมิโน ประมาณร้อยละ 20
3. สารประกอบ aliphatic fatty acid, alkane ประมาณร้อยละ 10-20
4. ที่เหลือก็เป็นสารประกอบพวก aromatic compound

ความสามารถในการดูดซับไอออนของอินทรีย์วัตถุในดินนั้นสูงมาก โดยทั่วไปการดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุจะสูงกว่าคอลลอยด์อื่นๆ ตั้งแต่ 2-30 เท่า ในดินโดยทั่วไปปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุในดินจะอยู่ในช่วงประมาณ 30-90% ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544)

ความสามารถในการดูดซับนี้มาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งส่วนใหญ่ก็เกิดจาก dissociation ของสารประกอบบางกลุ่มโดยเฉพาะอย่างยิ่ง carboxylic group และ phenolic OH group ดังนี้

carboxylic group



นอกจากความสามารถในการดูดซับแคตไอออนแล้ว โมเลกุลของอินทรีย์วัตถุในดินยังมีประจุบวกอยู่บางส่วน ทำให้มีความสามารถในการดูดซับแอนไอออนด้วย ส่วนที่เป็นประจุบวกดังกล่าวมักเกิดขึ้นจากกระบวนการเติมโปรตอน (protonation) ของ amine group บนอนุภาคอินทรีย์วัตถุดังนี้



ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหรือคอลลอยด์นั้นหมายถึง “ปริมาณแคตไอออนทั้งหมดที่ดินหรือคอลลอยด์นั้นสามารถจะดูดซับไว้ได้” การที่จะรู้ได้ว่าคอลลอยด์หรือดินมี

C.E.C. เท่าได้นั้นจะต้องทำการวิเคราะห์ทางเคมีโดยการไล่ที่แคตไอออนเดิมที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของดินเหนียวด้วย NH_4^+ หรือ Ba^{++} แล้วให้แคตไอออนดังกล่าวเข้าไปแทนที่จนหมด จากนั้นก็ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ adsorbed NH_4^+ หรือ Ba^{++} นั้นว่ามีอยู่เท่าใด โดยการบอกเป็นจำนวน milliequivalents ต่อดินเหนียว 100 กรัม ดังนั้นค่าของ CEC ของดินเหนียวหรือดินจึงบอกกันเป็นค่าของ me/100 กรัมของดินหรือดินเหนียวนั้นๆ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ ผลรวมของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งดินหรือดินเหนียวหรือวัสดุอื่นๆ ดูดซับไว้ได้ (ปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ปัจจุบันนี้ใช้หน่วย เซนติโมลต่อกิโลกรัม (cmol/kg) ของดิน สารคอลลอยด์ในดินมีทั้งประจุลบและประจุบวก แต่ปกติแล้วจะมีประจุลบมากกว่าประจุบวก ดังนั้นดินทั่ว ๆ ไปคอลลอยด์ในดินจึงเป็นประจุลบ และสามารถดูดประจุบวกได้มากกว่า ประจุบวกที่ถูกยึดเกาะไว้นั้นถูกดูดยึดไม่แข็งแรงนักจะเคลื่อนไหวยตลอดเวลา และสามารถแลกเปลี่ยนกับประจุที่อยู่ในสารละลายชั้นนอกได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544)

ตารางที่ 2.2

การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามมาตรฐาน

ลักษณะทางเคมีดิน	ระดับเกณฑ์มาตรฐาน						
	ต่ำมาก	ต่ำ	ต่ำปานกลาง	ปานกลาง	สูงปานกลาง	สูง	สูงมาก
อินทรีย์วัตถุ (%)	< 0.5	0.5 - 1	1-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4.5	> 4.5
ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (%)	-	<35	-	35-75	-	>75	-
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	<3	3-<6	6-<10	10-<15	15-<25	25-45	>45
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ppm)	< 30	30-<60	-	60-<90	-	90-120	>120
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (me/100g.soil)	<3	3-<5	5-<10	10-<15	15-<20	20-30	>30

ที่มา; กรมพัฒนาที่ดิน, 2544