

บทที่ 9

สมบัติและปฏิกิริยาเคมีของดิน

ดินมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลก เนื่องจากสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นต้นว่า การรวมตัวหรือเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารหรือธาตุในดิน และโครงสร้างดินที่เป็นที่ยึดเกาะของต้นไม้ ในบทนี้จะกล่าวถึงสมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญของดินเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงสมบัติของดินอันเกี่ยวข้องกับ การเกิดหรือสะสมมลพิษทางดินในบทต่อไป

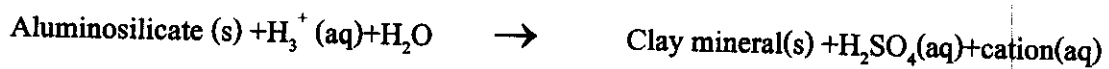
9.1 ธรรมชาติของดิน

ดินเกิดจากหินและแร่ที่เกิดการย่อยสลายผุพังแล้วปกคลุมพื้นผิวของโลกเป็นชั้น ๆ โดยกระบวนการผุพังของการสร้างดินที่สำคัญมี 2 แบบคือ

ก. การผุพังโดยทางกายภาพ การผุพังแบบนี้ทำให้หินเกิดการแตกกลายเป็นชิ้นเล็ก ๆ และรวมกันเป็นดิน โดยวิธีการเกิดอาจเป็นเนื่องจากอุณหภูมิที่ต่างกัน หรือเกลือที่มีอยู่ในหินเกิดการขยายตัวมากกว่าหินที่อยู่รอบๆทำให้เกิดการแตกหัก หรือจากการพัดพาของลม น้ำ หรือน้ำแข็ง ตลอดจนถึงรากต้นไม้ที่เข้าไปในเนื้อหินแล้วทำให้หินแตกแยกออกจากกัน

ข. การผุพังโดยทางเคมี ปกติมักจะเกิดร่วมกับกระบวนการทางกายภาพ พบว่ากระบวนการทางเคมีที่เกิดแล้วทำให้เกิดดินมีหลายแบบได้แก่

1. ไฮโดรไลซิส Hydrolysis โดยเป็นกระบวนการที่มีน้ำมาเกี่ยวข้องมักจะเป็นปฏิกิริยาหลักในการผุพังของหินของแร่ธาตุ ตัวอย่างเช่น แร่ อลูมิโนซิลิเกต(aluminosilicate) ที่เกิดการผุพังโดยปฏิกิริยานี้



CM 482

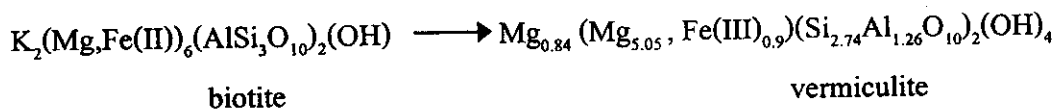
471

CM 482

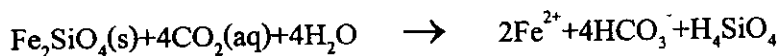
471

พบว่าปฏิกิริยานี้จะให้ alkaline earth cation ได้แก่ Na^+ , K^+ และ Ca^{2+} และให้ดินเหนียวที่มีค่าพีเอชต่ำกว่าสารตั้งต้นด้วย

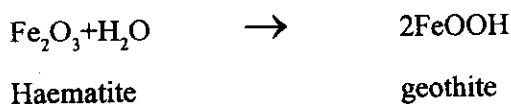
2. ออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation และ Reduction) ตัวอย่างออกซิเดชันในดิน เช่น ปฏิกิริยาการออกซิไดส์ของไบโอไทท์ (biotite) ทำให้เกิดเป็นชั้นแบบ 2 : 1 ของดินเหนียวประเภท vermiculite ดังสมการ



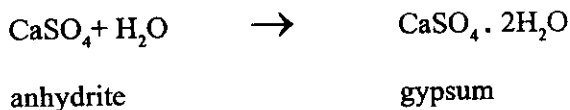
ซึ่งบางครั้งออกซิเดชันและรีดักชันจะเกิดด้วยกันดังนี้



3. ไฮเดรชัน (Hydration) เป็นกระบวนการที่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวอย่างที่เกิดได้แก่



หรือ

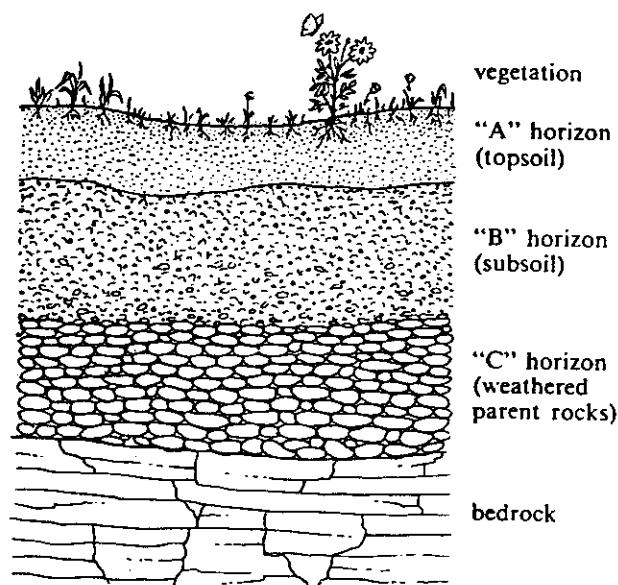


ปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เกิดได้แก่ การเกิด chelation , dissolution

คำถามท้ายบท

1. กระบวนการทางเคมีใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการสร้างดิน
2. เหตุใดดินชั้นบนสุด (top soil) จึงมีความสำคัญต่อพืชมาก
3. ค่าความหนาแน่นของดินมีความสัมพันธ์กับช่องว่างในดินอย่างไร
4. สารอนินทรีย์ประเภทใดในดินที่มีบทบาทต่อคุณค่าของดินมาก
5. ค่า CEC หมายถึงอะไร
6. อธิบายการแลกเปลี่ยนประจุที่เกิดในดินประเภทดินเหนียว
7. โรค methemoglobinemia เกิดจากสารเคมีใดในดิน
8. สารเคมีใดที่ใช้ในการปรับพีเอชของดินกรณีที่ดินเป็นกรดและค่างอธิบายพร้อมสมการ
9. ไนโตรเจนในดินรูปใดที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้และเกิดได้อย่างไร
10. รูปของฟอสฟอรัสในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คืออะไร

สารประกอบที่สำคัญของดินมี 4 อย่างด้วยกัน คือ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ น้ำและอากาศ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของหินทำให้เกิดดินซึ่งอาจเป็นปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ เคมี หรือทางชีววิทยา ทำให้องค์ประกอบมีสัดส่วนของสารที่ไม่เท่ากัน โดยทั่ว ๆ ไปพบว่าในส่วนของดินที่เป็นของแข็งจะมีสารอินทรีย์อยู่ 5 % และอีก 95 % จะเป็นสารอนินทรีย์ ดินที่ปกคลุมโลกจะอยู่กันเป็นชั้นๆ ลงถึงใต้ดินซึ่งเรียกว่า ชั้นของดิน (horizons) ซึ่งอาจแบ่งแบบทั่วไปเป็น 3 ชั้น ดังแสดงในรูป 9.1



รูปที่ 9.1 แสดงชั้นของดิน

ชั้น A จะประกอบด้วยอินทรีย์สารมากมาย ชั้น B จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ เกลือ และอนุภาคของดินที่ถูกชะละลาย (leaching) จากชั้น A ส่วนชั้น C จะเป็นชั้นหินที่เป็นแหล่งกำเนิดของดิน น้ำในดินจะอยู่รอบๆ อนุภาคของดินเป็นช่องท่อน้ำเล็ก ๆ ดังรูป 9.2

9.3.6 สารอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อยในดิน (Micronutrient in soil) สารพวกนี้พืชจะต้องการเพียงปริมาณน้อย ถ้ามีมากไปในดินก็จะก่อให้เกิดพิษ ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม โซเดียม แวนเดียม และสังกะสี โดยธาตุเหล่านี้จะเป็นธาตุสำคัญของเอนไซม์ นอกจากนี้บางชนิดยังอาจมีผลเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง ได้แก่ แมงกานีส เหล็ก คลอรีน สังกะสี และแวนเดียม

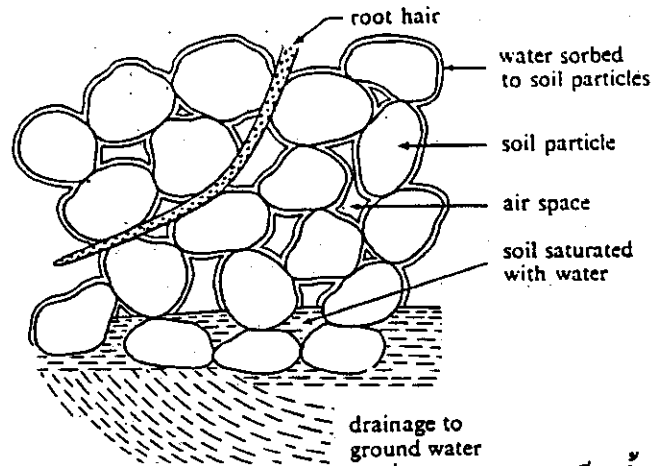
9.3.7 การกัดเซาะของดิน (Soil erosion) เป็นกระบวนการในธรรมชาติที่เกิดโดยน้ำและลมที่มีการพัดพาน้ำดินซึ่งประกอบด้วยสารอาหารและสารเคมีที่พืชต้องการในดิน สารอาหารและสารเคมีเหล่านี้เค็มเคยถูกจับในดินเมื่อถูกพัดพาลงสู่น้ำก็จะอยู่ในรูปสารละลาย ตัวอย่างการศึกษาดังตารางที่ 9.6

ตารางที่ 9.6 ความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำที่เกิดจากอิทธิพลการไหลของน้ำในป่าของประเทศไนจีเรีย

Slope	Soluble metal/ $\mu\text{g L}^{-1}$		Particle-bound metal/ $\mu\text{g L}^{-1}$	
	Calcium	Phosphorus	Calcium	Phosphorus
1	2.7	0.1	475	3.9
5	2.6	0.1	725	5.5
10	1.6	0.4	790	8.2
15	1.4	0.6	1135	14.7

From Lal, R., Soil Erosion Problems on an Alfisol in Western Nigeria and their Control, Monograph No. 1., IITA, Ibadan, Nigeria ; 1976

วิธีการแก้ปัญหานี้อาจทำได้โดยการปลูกพืชคลุมดินเพื่อจะลดปัญหาการกัดเซาะของดิน

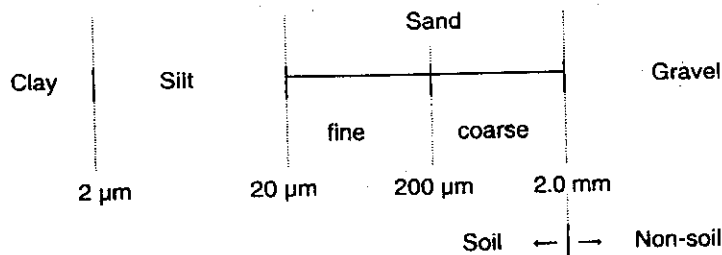


รูปที่ 9.2 แสดงโครงสร้างของดินในส่วนที่มีสถานะของแข็ง น้ำและอากาศ

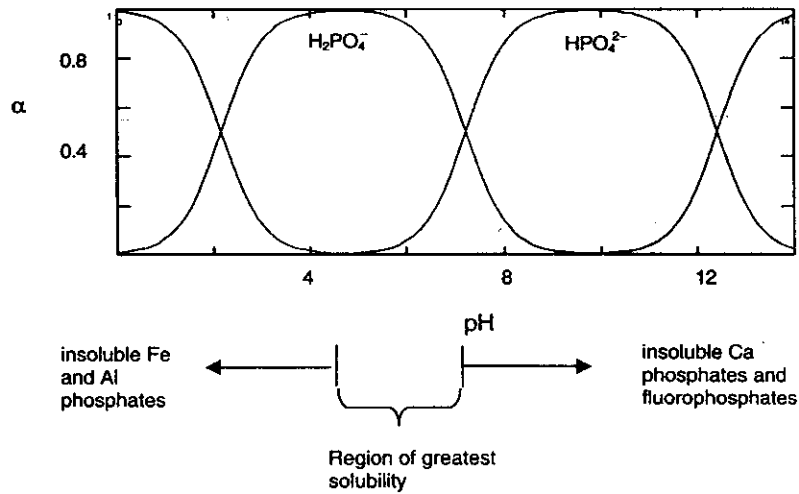
ภายในน้ำนี้จะมีสารอาหารของพืชละลายอยู่ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของดิน หรือกระบวนการชีวเคมีของสิ่งมีชีวิตในดิน ทำให้เกิดประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนสารอาหารในดินสู่รากของต้นไม้ ช่องที่เกิดในดินจะเป็นช่องอากาศที่ติดกับน้ำซึ่งทำให้เม็ดดินแยกจากกัน ในช่องอากาศนี้จะมีชนิดของอากาศและปริมาณอากาศเหมือนในอากาศเหนือดินทุกประการ ยกเว้นความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งพบว่าจะมีมากเป็น 8 เท่า ของอากาศที่อยู่เหนือดิน

9.2 สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

9.2.1 ขนาดของอนุภาค ขนาดของอนุภาคเป็นสมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญที่ใช้แบ่งประเภทของดินและสารอื่นๆ ดังแสดงในรูป 9.3



รูปที่ 9.3 การแบ่งขนาดอนุภาคของดินตาม the International Society of Soil Science

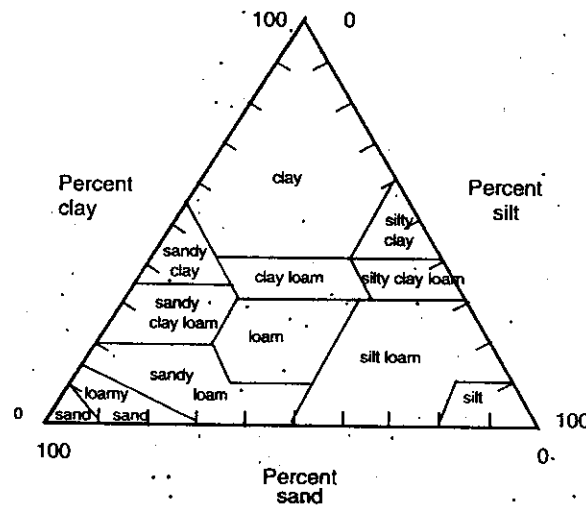


รูปที่ 9.13 สปีชีส์ของฟอสฟอรัสในดินและดินตกตะกอนที่สัมพันธ์กับค่าพีเอช

โปตัสเซียมในดิน (Potassium in soil) พืชต้องการโปตัสเซียมมากเพื่อใช้กระตุ้น เอนไซม์และยังมีหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำในต้นไม้ อีกทั้งยังเป็นสารสำคัญที่ใช้ในการ เปลี่ยนรูปคาร์โบไฮเดรต พบว่าถ้ามีการเติมปุ๋ยที่มีไนโตรเจนมากจะทำให้ได้ผลผลิตมาก แต่ก็ทำให้โปตัสเซียมในดินก็จะลดลงด้วย นั่นคือโปตัสเซียมจัดเป็นธาตุสำคัญที่ต้องมี ปริมาณพอเหมาะถ้ามีการเติมหรือใช้ปุ๋ยในดิน แหล่งใหญ่ของโปตัสเซียมคือการแทนที่ โปตัสเซียมบนผิวของดินเหนียวส่วนแร่ธาตุซิลิเกตอื่น ๆ เช่น luccite ($K_2O \cdot AlO_3 \cdot 4SiO_2$) ซึ่งมีโปตัสเซียมแต่เนื่องจากมีพันธะแข็งแรงมากจนพืชดึงมาใช้ไม่ได้

ซึ่งแสดงว่าดินเป็นอนุภาคที่เล็กกว่า 2.0 มิลลิเมตร และประเภทของดินแบ่งจากขนาดใหญ่ไปหาเล็กคือ ทราย , ซิลท์ (silt) และ ดินเหนียว (clay) แต่เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจะถูกจัดเป็นพวกคอลลอยด์ (colloids) ดังนั้น ซิลท์ และดินเหนียวจึงถูกจัดอยู่ในพวกนี้ด้วย ทรายมีองค์ประกอบสำคัญคือ quartz และ feldspar ซึ่งจะให้สารอาหารกับพืชได้น้อยและไม่เก็บน้ำ ส่วนดินเหนียวนั้นถึงแม้จะมีผลทำให้การถ่ายเทน้ำและอากาศในดินเกิดได้ยาก แต่พบว่ามีสมบัติที่ทำให้ดินเกิดการยึดและการหดตัวที่ต่างกับอนุภาคของดินอื่นเนื่องจากประจุลบของคอลลอยด์ที่เกิดซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง

9.2.2 ประเภทของดิน (Texture) เนื่องจากดินจะประกอบด้วยอนุภาคของดินที่แตกต่างกันไปโดยจะประกอบด้วยอนุภาคหลัก 3 ชนิด คือ ดินเหนียว(clay) ซิลท์ (silt) และทราย (sand) ผลรวมกันในเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันไป การหาประเภทของดินจะทำได้โดยใช้ไคอะแกรมเป็นรูปสามเหลี่ยม (triangular diagrams) ดังแสดงในรูปที่ 9.4



รูปที่ 9.4 Soil texture triangle

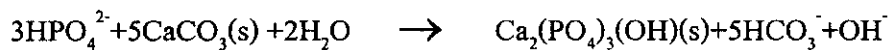
วิธีการหาประเภทของดินจะลากเส้นจากตัวเลขของเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวให้ขนานกับเส้นเปอร์เซ็นต์ทราย ลากเส้นตัวเลขเปอร์เซ็นต์ทรายให้ขนานกับเส้นเปอร์เซ็นต์ซิลท์ และลากเส้นจากตัวเลขเปอร์เซ็นต์ซิลท์ให้ขนานกับเส้นเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว

ใหญ่ที่ขาดเอนไซม์เฉพาะประเภท สาเหตุการเกิดโรคนี้ในเด็กเกิดจากแบคทีเรียในขวดขงนมเด็กเปลี่ยนในเตรทเป็นไนไตรต์ดังสมการ

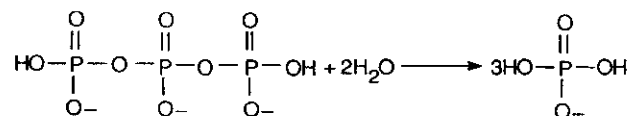


ไนไตรท์ที่เกิดขึ้นจะไปรวมกับฮีโมโกลบินในเลือดทำให้การส่งออกซิเจนในเซลล์เกิดไม่ตีส่งผลให้เด็กจะมีปัญหาทางระบบทางเดินหายใจและตัวเป็นสีเขียวคล้ำ (ปนน้ำเงิน)

ฟอสฟอรัสในดิน (phosphorus in soil) ฟอสฟอรัสในดินมีแหล่งใหญ่ที่ได้จากกระบวนการผุพังของแร่ธาตุในดิน พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้จะต้องอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่เกิดประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดคือ กลุ่มอโรฟอสเฟต ที่พบมากที่สุดในดิน คือ H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} สปีชีส์ของฟอสเฟตสัมพันธ์กับค่าพีเอชในดิน พีเอชที่อโรฟอสเฟตจะถูกนำไปใช้ได้มากที่สุดนั้นจะอยู่ในพีเอชที่เป็นกลางก่อนไปกรดเล็กน้อยซึ่งมีสปีชีส์ H_2PO_4^- มากที่สุดที่พีเอชของดินเป็นกรดอโรฟอสเฟตจะตกตะกอนด้วย Fe(III) และ Al(III) ส่วนพีเอชของดินที่เป็นด่างจะให้สารประกอบที่ไม่ละลายคือ hydroxyapatite ดังสมการ



ดังกล่าวแล้วในเรื่องมลพิษทางน้ำเกี่ยวกับฟอสฟอรัสถึงการเกิด Eutrophication (การรวมตัวของกลุ่มสาหร่ายที่ทำให้ส่งออกซิเจนในน้ำลดลง) ดังนั้นการใช้ปริมาณปุ๋ยที่มีฟอสเฟตพอเหมาะก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ปัญหา Eutrophication ลดลง ซึ่งแหล่งใหญ่นั้นเกิดจากผงซักฟอกที่มีสาร โพลีฟอสเฟตถูกไฮโดรไลซ์แล้วให้อโรฟอสเฟตดังสมการ



ตัวอย่าง ถ้าอยากทราบว่าดินที่ประกอบด้วยทราย 35 % ดินเหนียว 35 % และซิลต์ 30 % เป็นดินชนิดใด ถ้าเริ่มจาก 35 % ของดินเหนียวลากเส้นไปขนานกับเส้นเปอร์เซ็นต์ ทราย จาก 30 % ซิลต์ลากให้ขนานกับเส้นเปอร์เซ็นต์ดินเหนียว และที่จุด 35 % ทราย ลากให้ขนานกับเส้นเปอร์เซ็นต์ของซิลต์จะได้จุดตัดกันเป็นดิน clay loam ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของดิน ประเภทของดินที่จัดว่าเหมาะกับการกสิกรรมมากที่สุดจะอยู่ในประมาณจุดกึ่งกลางของไดอะแกรมนี้ เนื่องจากใช้งานได้ง่าย เก็บความชื้นและให้สมบัติทางเคมีที่เกิดประโยชน์กับพืช (ดิน clay loam)

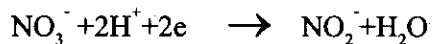
9.2.3 ความหนาแน่น (Density) ความหนาแน่นของอนุภาคในดิน (particle density) เป็นข้อมูลที่บอกให้ทราบถึงองค์ประกอบของสารอินทรีย์และแร่ธาตุที่มีว่ามีมากน้อยแค่ไหน ได้ดังนี้

- ก. ความหนาแน่นอนุภาคมีค่าน้อยกว่า 1 กรัม / มล. องค์ประกอบจะเป็นสารอินทรีย์
- ข. ความหนาแน่นอนุภาคมากกว่า 5 กรัม / มล. องค์ประกอบจะเป็นพวกออกไซด์ของโลหะ
- ค. ความหนาแน่นอนุภาคในช่วง 2.5-2.8 กรัม / มล. องค์ประกอบจะเป็นพวกแร่ธาตุ อันได้แก่ quartz , feldspars และดินเหนียว
- ง. ความหนาแน่นอนุภาค 7 กรัม / มล. จะเป็นพวกโลหะซัลไฟด์

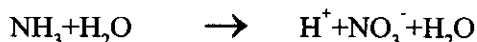
ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจวัดภาคสนาม (field) จะมีการวัดค่าความหนาแน่นดินรวม (bulk density) ซึ่งจะบอกขนาดช่องว่างได้ด้วย ตัวอย่างเช่น กรณีของดินที่มีสัดส่วนที่ดีของทรายซึ่งอยู่ลึกประมาณ 1 เมตร จากผิวบนจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.2 ถึง 1.8 กรัม / มล. ถ้าเป็นดินที่มีดินเหนียวอยู่มากจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 1.6 กรัม / มล. ดังนั้นค่าช่องว่างของอนุภาคในดินก็จะสามารถคำนวณได้ถ้าทราบค่าความหนาแน่นของอนุภาคและ bulk density จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Pore space \%} = 100 - \frac{\text{bulk density}}{\text{particle density}} \times 100$$

กระบวนการเพิ่มไนโตรเจนในดิน (nitrogen fixation) ถ้ากล่าวในรายละเอียดอาจกล่าวได้ว่า 30-40 % มาจากกิจกรรมของมนุษย์ คือ การใส่ปุ๋ย การเผาไหม้เชื้อเพลิง ที่เหลือมาจากธรรมชาติ คือ การดึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนที่พืชใช้ได้โดยจุลินทรีย์ที่รากพืชตระกูลถั่วได้แก่ legumes และ alders สปีชีส์ของจุลินทรีย์ประเภทนี้ได้แก่ Rhizobium แต่จากแหล่งไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในดินนี้พบว่าบางครั้งก็ยังทำให้ดินเกิดการขาดแคลนไนโตรเจนได้เนื่องจากการชะละลายของไนเตรทซึ่งละลายน้ำได้ออกจากดินแล้วไปปนเปื้อนกับแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งปัญหานี้มักเกิดในที่แห้งแล้งมีการใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชได้ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน โดยมักใช้ปุ๋ยในรูปแอมโมเนียและจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทที่พืชต้องการ ซึ่งถ้าใส่มากเกินไปก็จะเกิดผลเสียกับคนและสัตว์ ปัญหาในสัตว์ที่พบคือพวกวัวและควายเพราะกระเพาะในสัตว์พวกนี้เป็นสถานะที่มีแบคทีเรียที่จะเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ที่มีพิษได้ดังสมการ



มูลของสัตว์ก็จัดเป็นแหล่งที่ให้ไนเตรทในดินและน้ำเนื่องจากของเสียของสัตว์เหล่านี้โดยเฉพาะปัสสาวะซึ่งประกอบด้วยโปรตีนและยูเรีย (NH_2CONH_2) จะเกิดการย่อยสลายโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสกลายเป็นแอมโมเนียหรือแอมโมเนีย และจะถูกออกซิไดส์ต่อโดยจุลินทรีย์กลายเป็นไนเตรทในที่สุด สรุปได้ดังสมการดังนี้



ไนเตรทจะไม่ถูกจับกับดินเหมือนกรณี NH_4^+ ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาในดิน แต่ปัญหาไนเตรทจะเกิดในน้ำดื่มซึ่งพบว่าทำให้เกิดโรค methemoglobinemia ในเด็กแรกเกิดและผู้

ตัวอย่าง silt loam มีค่าความหนาแน่นอนุภาค 2.65 และ bulk density = 1.50 ดังนั้น

$$\text{Pore space \%} = 100 - \frac{1.50}{2.65} \times 100 = 43 \%$$

ปกติพบว่า ดินชั้นบนที่มีสารอินทรีย์อยู่มากจะมีขนาดช่องว่างมากกว่า 60 % และดินชั้นล่าง (subsoids) ดินจะมีสารอินทรีย์ต่ำและมีช่องว่างประมาณ 25 %

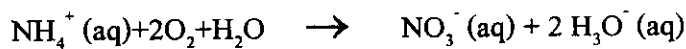
9.2.4 โครงสร้าง (Structure) เป็นสิ่งที่บอกให้ทราบถึงการยึดหรือรวมตัวกันของอนุภาคเล็ก ๆ ในดินให้เกิดเป็นเม็ดดินเพื่อให้เกิดเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้นเป็นดิน สารอินทรีย์ในดินมีส่วนสำคัญในการเชื่อมโยงให้เกิดโครงสร้างนี้ซึ่งปกติแล้วโครงสร้างของดินจะถูกทำลายเมื่อมีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างคำจำกัดความโครงสร้างของดินดังแสดงในตาราง 9.1

ตารางที่ 9.1 ตัวอย่างประเภทโครงสร้างของดิน.

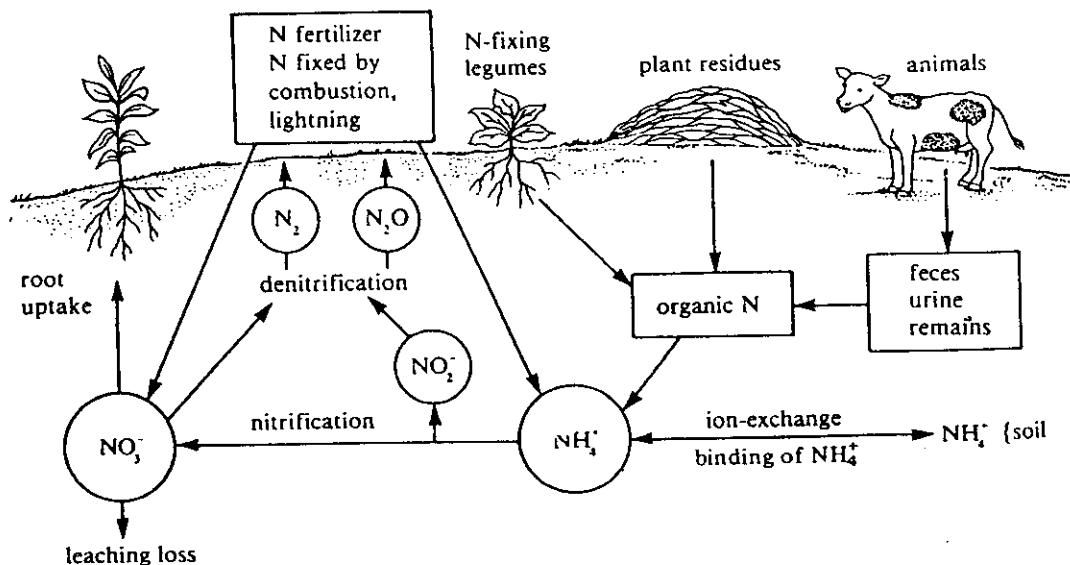
Structureless	No observable aggregation or no definite order arrangement around natural lines of weakness
Granular	Individual particles held together to form crumb-like aggregates
Block-like	Soil particles arrange around a point and bounded by flat or rounded surfaces-includes blocky to granular-spheroidal forms
Plate-like	Soil particles arranged around a horizontal plane and bounded by flat horizontal surfaces
Prism-like	Soil particles arranged around a vertical axis and bounded by relative flat vertical surfaces

ถึง 2.1 % บนเปลือกโลกแต่ก็จะมีโอกาสที่จะขาดแคลนในดินถ้ามีการแข่งขันกับธาตุโปตัสเซียมและโซเดียม สำหรับซัลเฟอร์นั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากเป็นธาตุสำคัญที่ประกอบกันเป็นกรดอะมิโนคือ thiamine และ biotin เมื่อซัลเฟตที่อยู่ในรูปเกลือซัลเฟตพบว่าจะถูกชะละลายจากดินทำให้เกิดการขาดแคลนได้

ไนโตรเจนในดิน 90 % ของไนโตรเจนในดินได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งได้แก่ ซากพืชและสัตว์ ถูกไฮโดรไลซ์เป็น NH_4^+ และบางส่วนจะรวมตัวกับดิน แต่พบว่าที่สุด NH_4^+ จะถูกออกซิไดส์ต่อกลายเป็น NO_3^- จากกระบวนการ Nitrification ดังสมการ



ไนเตรทที่เกิดขึ้นนอกจากจะได้จากปฏิกิริยาข้างต้นแล้วยังได้จากน๊ิวและจากบรรยากาศดังสรุปในรูปที่ 9.12 ซึ่งจะอยู่ทั้งรูปรวมของ NH_4^+ ด้วย



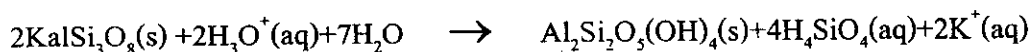
รูปที่ 9.12 แสดงวัฏจักรของสารประกอบไนโตรเจนในดิน

9.2.5 ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ (Permeability) เป็นค่าอัตราของน้ำที่เคลื่อนผ่านในชั้นดินและใต้ดิน ดินส่วนใหญ่จะมีอัตราการไหลของน้ำในช่วง 1 ถึง 5 ซม. / ชั่วโมง บางชนิดจะมีอัตราที่น้อยมากคือ น้อยกว่า 0.5 ซม. / ชั่วโมง และที่มีอัตราการซึมผ่านสูงจะมีค่าถึง 15 ซม. / ชั่วโมง ค่าการผ่านซึมของน้ำจะขึ้นกับโครงสร้างของดินด้วย ซึ่งพบว่าดินที่มีโครงสร้างที่ดีจะมีการซึมผ่านได้มากกว่าประเภทที่ไม่มีโครงสร้าง โดยเกิดจากช่องว่างที่มีในดินมากก็จะให้น้ำซึมผ่านได้มาก แต่ยกเว้นกรณีของดินเหนียวซึ่งมีช่องว่างมากแต่เมื่อเทียบกับปริมาตรรูพรุนของดินรวมแล้วพบว่ารูพรุนจะมีมากกว่า ทำให้เก็บสะสมน้ำได้มาก ดังนั้นเมื่อน้ำผ่านดินเหนียวจะผ่านไปได้อย่างช้า ๆ ทำให้ดินเหนียวเปียกชุ่มตลอดเวลา

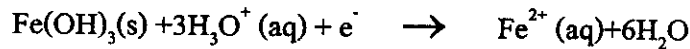
9.3 สมบัติทางเคมีของดิน

9.3.1 สารอนินทรีย์ของดิน สารอนินทรีย์ส่วนใหญ่ในทรายและซิลต์ คือ ซิลิกอนไดออกไซด์และผสมกับแร่ธาตุคาร์บอเนต ส่วนในดินเหนียวเป็นแร่ธาตุซิลิเกตซึ่งเกิดจากหินและยังมีสารอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดสีซึ่งอาจเป็นออกไซด์ของเหล็ก (Fe_2O_3) หรือแมกนีเซียมและทิตเนียม

สำหรับดินเหนียวซึ่งมีบทบาทสำคัญในการแลกเปลี่ยนประจุในดินมีโครงสร้างหลายอย่าง แต่โครงสร้างทั่วไปของหน่วยเซลล์จะประกอบด้วย 1 อะตอมของธาตุซิลิกอนล้อมรอบด้วยออกซิเจน 4 อะตอมเป็น SiO_4 tetrahedral โดยมีออกซิเจน 3 อะตอมอยู่บนระนาบเดียวกัน ซึ่งจะต่อเชื่อมกับ octahedral อันเกิดจากอลูมิเนียมล้อมรอบด้วยออกซิเจนหรือกลุ่มไฮดรอกซิล 6 ตัว แผ่น tetrahedral และ octahedral จะเชื่อมกันด้วยอัตราส่วน 1:1 ดังรูปที่ 9.5 ซึ่งเป็นโครงสร้างของดินเหนียวโดยทั่วไปโดยเฉพาะชนิดที่เรียกว่า kaolinite มีสูตรทั่วไปเป็น $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$ มักเป็นดินเหนียวประเภทที่พบในน้ำ ดินตะกอน และสารแขวนลอยของดินเกิดจากปฏิกิริยาการผุพังทางเคมีของ orthoclase feldspar ดังสมการ



ค่าพีเอชของดินยังมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ในดิน ตัวอย่างครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของเหล็ก (III) ออกไซด์



ถ้าพีเอชของดินเป็นเบสปฏิกิริยาข้างต้นก็จะไม่เกิดขึ้น

ค่าพีเอชที่ใช้บอกสภาพความเป็นกรดและด่างของดินจะใช้ชื่อเฉพาะดังนี้

ค่ากรดน้อยกว่า 4	ดินเป็นกรดแรงมาก
ค่ากรด 4-5	ดินเป็นกรดปานกลาง
ค่ากรด 5-6	ดินเป็นกรดเล็กน้อย
ค่ากรด 6-8	ดินเป็นกลาง
ค่ากรด 8-9	ดินเป็นด่างเล็กน้อย
ค่ากรด 9-10	ดินเป็นด่างปานกลาง
ค่ากรดมากกว่า 10	ดินเป็นด่างมาก

9.3.5 สารอาหารหลักในดิน (Macronutrient in soil)

สารอาหารหลักหมายถึง กลุ่มธาตุที่พืชต้องการใช้มากหรือมีปริมาณมากในน้ำที่หล่อเลี้ยงพืชได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ โดยสามชนิดแรกจะได้จากอากาศและน้ำ ไนโตรเจนอาจดึงจากอากาศมาใช้ได้ในพืชบางชนิด ธาตุอื่นๆ ที่เหลือจะต้องดึงจากดินเท่านั้น แต่พบว่าในดินมักจะไม่ค่อยมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จึงต้องมีการเติมลงในดินเป็นรูปของปุ๋ย เนื่องจากทั้งสามธาตุนี้เป็นธาตุสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชจึงจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

แคลเซียมในดินมักไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนเนื่องจากการเติมปูนขาว (CaCO_3) ในการปรับพีเอชของดินกรดให้เป็นกลาง สิ่งที่ต้องพึงระวังคือการขาดแคลเซียมเนื่องจากการชะละลายแคลเซียมในดินเป็นกรดคาร์บอนิก และสภาพดินที่เป็นด่างซึ่งพบว่าแคลเซียมจะถูกแทนที่โดยโซเดียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ส่วนแมกนีเซียมในดินนั้นถึงแม้จะมี

ดินเหนียวประเภทนี้จะมีความสามารถในการดูดซับประจุเนื่องจากประจุลบของมันซึ่งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ 2 อย่างคือ

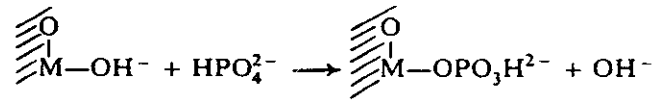
1. ประจุลบที่ด้านข้างของหน่วยเซลล์ เกิดจากการหลุดออกไปของออกซิเจนจะทำให้เกิดประจุลบ ซึ่งจะมากขึ้นกับขนาดอนุภาคของดินเหนียว
2. ประจุลบที่เกิดจากการแตกตัวของกลุ่ม OH ที่ชั้นออกตราฮีดรอลซึ่งขึ้นกับค่าพีเอช ประจุลบที่เกิดขึ้นจะไปจับกับแคทไอออนภายนอกซึ่งจะวัดค่าในรูปของ total cation exchange capacity (CEC). สำหรับ kaolinite จะมีค่านี้อยู่ในช่วง 3 ถึง 15 cmol (+) kg

ดินเหนียวสำคัญประเภทที่สองเรียกว่า montmorillonite ซึ่งเป็นชนิดหนึ่งของพวก 2 : 1 phyllosilicate โดยมีชั้นที่ประกอบด้วย aluminium octahedral เชื่อมโยงระหว่าง Silica tetrahedral 2 แผ่น บนและล่าง ดังในรูป 9.10 และให้ประจุลบเหมือนกรณี kaolinite แต่พบว่าการมีประจุลบยังเกิดจากเหตุผลที่มี aluminium แทนที่ silicon ในชั้น octahedral จากเหตุผลนี้ทำให้เกิดการลดประจุบวกจาก +4 เป็น +3 เป็น +2 ตามลำดับ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ มีประจุลบมากเกินไป ดังนั้นค่า CEC จึงมีค่ามากอยู่ในช่วงระหว่าง 80 ถึง 150 cmol (+) kg⁻¹ สูตรทั่วไปของ montmorillonite คือ $[Na_x(Al_{2-x}Mg_x)Si_4O_{10}(OH)_2]$ สำหรับดินเหนียวที่มีโครงสร้างแบบเดียวกันนี้ชนิดอื่นได้แก่ illite ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น $(OH)_4Ky(Al_4Fe_4Mg_6(Si_{8-y}Al_y)O_{20})$

สารอนินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นคอลลอยด์เหมือนดินเหนียวคือ ไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียม ซึ่งสามารถดูดซับแคทและแอนไอออนได้เช่นกัน

ถ้าพิจารณาในรูปของธาตุในดินจะสรุปชนิดของธาตุหลักและธาตุรองที่พบมากน้อยในตารางที่ 9.2 ส่วนธาตุที่ปริมาณน้อยที่พบในดินสรุปในตารางที่ 9.3

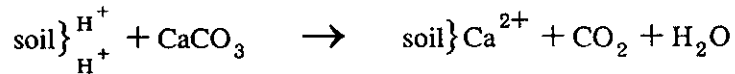
ซึ่งพบว่าทำให้เกิดโอกาสที่แอนไอออนอื่น เช่น HPO_4^{2-} เข้าไปแทนที่ OH^- และเกิดพันธะกับผิวออกไซด์ของโลหะได้ดังนี้



9.3.4 ค่าพีเอชของดิน

ค่าพีเอชของดินนั้นจะขึ้นกับธรรมชาติและประวัติของดิน โดยพบว่าดินที่มีสถานะเป็นด่างมากมักจะเป็นดินที่มีแร่ธาตุคาร์บอเนตอยู่มาก ในขณะที่ดินที่มีสารฮิวมิกอยู่มากก็มักจะเป็นกรดเนื่องจากมีสารที่ปล่อยจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ซึ่งรวมถึง CO_2 ที่ปล่อยจากกระบวนการหายใจด้วย ความเป็นกรดในดินยังเกิดได้จากการชะละลายของโลหะแคทไอออนโดยไอออนไฮโดรเนียม เนื่องจากสภาพดินที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชมากที่สุดคือสภาพเป็นกลาง ดังนั้นถ้าดินมีความเป็นกรดหรือเบสมากเกินไปก็อาจทำการปรับพีเอชของดินได้ ดังสมการ

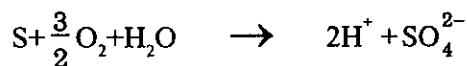
กรณีที่ดินเป็นกรด จะเติม CaCO_3 ในดิน

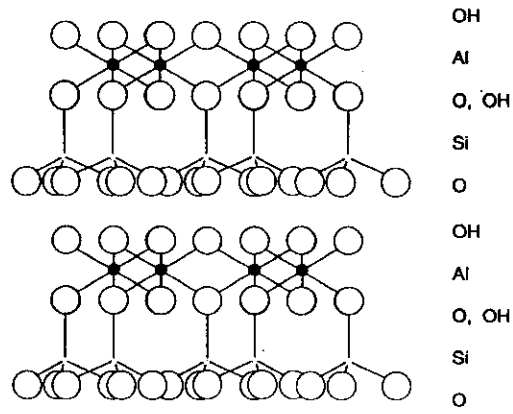


กรณีที่ดินเป็นเบส ซึ่งมักเกิดในบริเวณที่มีฝนตกน้อย จะทำการปรับพีเอชโดยเกลือซัลเฟตของอลูมิเนียมหรือเหล็ก ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและให้กรดออกมา

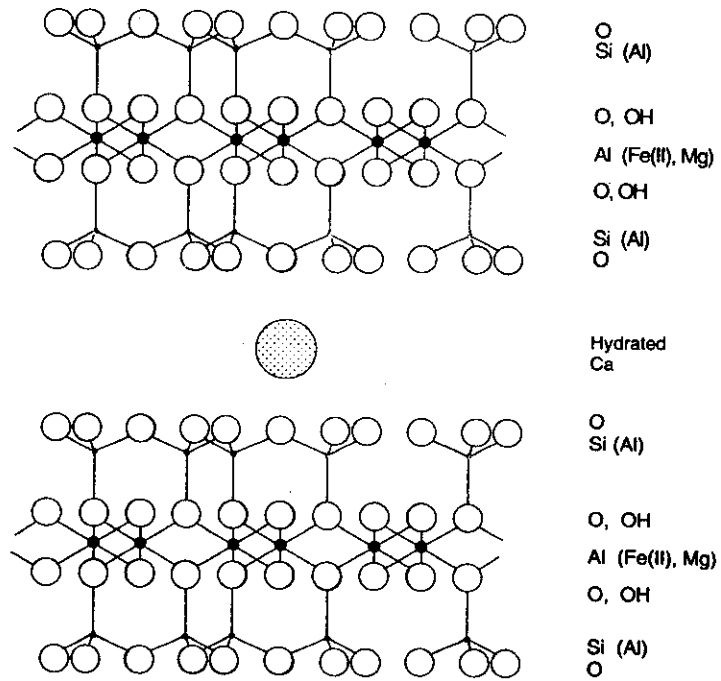


ถ้ามะถันก็จะใช้ปรับพีเอชของดินที่เป็นเบสแล้วเกิดกรดซัลฟูริกได้ดังสมการ





รูปที่ 9.5 โครงสร้างผลึกของ Kaolinite



รูปที่ 9.10 โครงสร้างผลึกของ montmorillonite

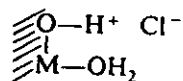
ในดินส่วนใหญ่พบว่าปริมาณสำคัญของแคทไอออนที่มีมากไปหาน้อยได้แก่ $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ แต่พบว่า H_3O^+ นั้นจะมีมากในดินกรณีที่สภาวะดินเป็นกรด ซึ่งมีผลให้ความสามารถในการรับสารอาหารในดินเกิดได้น้อยลง ดังนั้นจึงมีการวัดค่า Base saturation โดยการเทียบสัดส่วนของโลหะที่มีในดินกับไฮโดรเนียมไอออนได้ดังสมการ

$$\text{Base saturation} = \frac{\text{จำนวน site ที่มี Ca + Mg + K + Na}}{\text{exchange sites ทั้งหมด}} \times 100 \%$$

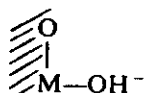
$$\begin{aligned} \text{ในกรณีนี้} &= \frac{(15.1 + 2.6 + 0.6) \times 100}{44.3} \\ &= 41 \% \end{aligned}$$

ดินทรายทั่วไปพบว่าจะมีสารอินทรีย์น้อยและค่า CEC ส่วนใหญ่จะน้อยกว่า $1 \text{ c mol (+) kg}^{-1}$ ส่วนดินที่มีดินเหนียวอยู่มากจะมีค่า CEC มากกว่า $100 \text{ c mol (+) kg}^{-1}$ ซึ่งอาจสรุปว่าองค์ประกอบที่มีผลต่อค่า CEC คือ ปริมาณของดินเหนียวที่มีในดินรวมถึงปริมาณและอัตราของการย่อยสลายสารอินทรีย์

สำหรับการแลกเปลี่ยนประจุลบของดินนั้นจะมีกระบวนการที่ซับซ้อนมากกว่า แต่กลไกการเกิดอาจอธิบายโดยใช้ MnO_2 ที่อยู่บนผิวของดินดังรูป ซึ่งพบว่า ณ ที่ค่าพีเอชต่ำผิวของออกไซด์จะมีประจุเป็นบวก จึงสามารถที่จะจับประจุลบอื่นๆ ดังเช่น Cl^- ได้



และที่พีเอชสูงผิวของออกไซด์ของโลหะบนดินจะมีประจุรวมเป็นลบ เนื่องจากเกิดการหลุดออกไปของ H^+ จากโมเลกุลของน้ำที่จับกับผิว



ตารางที่ 9.2 แสดงสัดส่วนของธาตุที่มีปริมาณมากและน้อยในดิน

Major elements/%		Minor elements/mg kg ⁻¹	
Si	30-45	Zn	10-250
Al	2.4-7.4	Cu	5-15
Fe	1.2-4.3	Ni	20-30
Ti	0.3-0.7	Mn	~400
Ca	0.01-3.9	Co	1-20
Mg	0.01-1.6	Cr	10-50
K	0.2-2.5	Pb	1-50
Na	tr-1.5	As	1-20

A more complete list of minor elements in whole soil is given in Table 18.8.
tr = trace.

ตารางที่ 9.3 ความเข้มข้นของธาตุ ($\mu\text{g g}^{-1}$) ของโลหะที่มีปริมาณน้อยและปานกลางในดินที่ไม่ถูกรบกวน ตัวเลขในวงเล็บเป็นช่วงความเข้มข้น

Element	World ^a	World ^a	World ^b	USA ^a	Canada ^a
Arsenic			6 (0.1-40)		
Cadmium	0.5		0.06 (0.01-7)		<1
Chromium	200	(100-300)	100 (5-3000)	53	43 (10-100)
Cobalt	8	(10-15)	8 (1-40)	10	21 (5-50)
Copper	20	(15-40)	20 (2-100)	25	22 (5-50)
Lead	10	(15-25)	10 (2-200)	20	20 (5-50)
Manganese	850	(500-1000)	850 (100-4000)	560	520 (100-1200)
Mercury	0.01			0.071	0.059 (0.005-0.1)
Nickel	40	(20-30)	40 (10-1000)	20	20 (5-50)
Selenium	0.01		0.5 (0.1-2)	0.45	0.26 (0.03-2)
Strontium	350		300 (50-1000)	240	210 (30-500)
Zinc	50	(50-100)	50 (10-300)	54	74 (10-200)

^aData reported in McKeague J. A. and M. S. Wolynetz, Background levels of minor elements in some Canadian Soils, *Geoderma* 24 (1980), 299-307.
^bData reported in Allaway, W. H., Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. *Advances in Agronomy*, 29 (1968), 235-74.

ตัวอย่างการหาค่า CEC ถ้าใช้ตัวอย่างดิน 1 กรัม สกัดด้วย 100 ml ของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ และทำการวัดค่าแคทไอออนที่มีในสารละลายที่กรองได้ให้ผลการทดลองดังนี้ Ca^{2+} $30.3 \mu\text{g ml}^{-1}$, Mg^{2+} $3.2 \mu\text{g ml}^{-1}$, K^+ $2.2 \mu\text{g ml}^{-1}$, Na^+ วัดไม่ได้ และ H_3O^+ 2.60 mmol L^{-1} ในการหาค่า CEC จะต้องคำนวณหาประจุบวกทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากแคทไอออนที่ได้จากการทดลองนี้มาจาก exchange sites ของดินดังนั้นประจุบวกทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับจำนวน negative sites ใน 1 กรัมของดิน

สำหรับแคลเซียม การหาค่าประจุบวกที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนประจุมีดังนี้ หากความเข้มข้นของประจุบวกที่เกิดจาก divalent cation ซึ่งจะเท่ากับ

$$2 \times 30.3 \mu\text{g Ca ml}^{-1} / 40.1 \text{ g.mol}^{-1} \text{ นั่นคือ } \text{Ca} = 1.51 \mu\text{ mol ml}^{-1}$$

ความเข้มข้นข้างต้นนี้เมื่อคูณด้วย 100 ml จะเป็นประจุบวกทั้งหมดที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนไอออนของแคลเซียมที่สกัดจากดิน 1 กรัม และแปลงผลลัพธ์เป็นหน่วย $\text{cmol (} 10^{-2} \text{ mol)}$ ของประจุบวกต่อ $\text{kg (} 10^3 \text{ g)}$ ดังนี้

$$1.51 \mu\text{ mol (+)ml}^{-1} \times \frac{100\text{ml}}{1\text{g}} \times \frac{1000\text{ml}}{\text{kg}} \times \frac{10^{-4} \text{cmol}}{\mu\text{ mol}} = 15.1 \text{ mol(+)}\text{kg}^{-1} \text{ soil}$$

โดยค่า $\text{cmol(+)}\text{kg}^{-1}$ มีค่าเท่ากับ $\text{meq(} 100 \text{ g)}^{-1}$ ที่เคยใช้อยู่

คำนวณวิธีเดียวกับสำหรับ Mg และ K ได้ผลดังนี้

$$\text{Mg} = 2.6 \text{ cmol(+)}\text{kg}^{-1} \text{ soil}$$

$$\text{K} = 0.6 \text{ cmol(+)} \text{ kg}^{-1} \text{ soil}$$

กรณี H_3O^+ ประจุที่ได้เท่ากับ

$$2.6 \times 10^{-3} \frac{\text{mol L}^{-1}}{1\text{g}} \times 0.100\text{L} \times \frac{1000\text{g}}{\text{kg}} \times \frac{10^2 \text{cmol}}{\text{mol}} = 26.0 \text{ cmol(+)}\text{kg}^{-1} \text{ soil}$$

$$\text{ผลรวม CEC} = (15.1 + 2.6 + 0.6 + 26.0) \text{ cmol(+)}\text{kg}^{-1}$$

$$= 44.3 \text{ cmol (+)}\text{kg}^{-1} \text{ soil}$$

สำหรับพวกรธาตุบางชนิดจะมีความสำคัญ โดยเฉพาะกับดินเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการแลกเปลี่ยนประจุบนอนุภาคดินหรือที่ถูกดูดซับได้อย่างอ่อน ๆ โดยจะเรียกรธาตุกลุ่มนี้ว่า available หรือ extractable elements การทดลองหาธาตุประเภทนี้ทำได้โดยใช้สารสกัดออกซึ่งอาจเป็นแอมโมเนียมอะซิเตท (pH7) หรือ DTPA (diethylenetriaminepentaacetic acid) ได้ชนิดของธาตุประเภทนี้ดังแสดงในตาราง 9.4

ตารางที่ 9.4 เปอร์เซนต์ของโลหะทั้งหมดในดินที่สกัดโดยสารสองชนิด

Extractant	Co	Ni	Cu	Pb	Cr
NH ₄ OAc (pH7)	0.36	0.86	1.1	0.51	0.37
DTPA	1.3	2.7	5.0	8.7	0.11

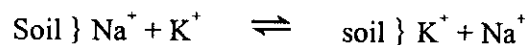
From McLeod, S. E. and G. W. vanLoon, A study of elemental contamination in Orchard Park, Kingston, Ontario. *Ontario Geography*, 17 (1981), 91-104.

9.3.2 สารอินทรีย์ของดิน (organic matter) ปริมาณสารอินทรีย์ในดินนั้นพบว่าจะมีมากบริเวณผิวดิน (Top soil) ซึ่งจะมีปริมาณต่าง ๆ กันขึ้นกับชนิดของดินดังสรุปในตารางที่ 9.5

ตารางที่ 9.5 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

Temperate agricultural soils	1-5%
Tropical agricultural soils	0.1-2%
Forest soils (surface horizons)	>10%
Peat soils	>20%

Cation-exchange capacity (CEC) เป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถของดินหรือดินตะกอนในการแลกเปลี่ยนแคทไอออน มีหน่วยเป็นเซนติโมลของประจุบวกที่อยู่บนผิวต่อน้ำหนักเป็นกิโลกรัมของของแข็ง การแลกเปลี่ยนประจุบวกบนผิวของดินนั้นพบว่าจะขึ้นกับค่าพีเอชของดินด้วยวิธีการแข่งขันของแคทไอออนที่จะเข้าไปจับกับ exchange site บนดิน อาจอธิบายในแง่ปริมาณโดยอาศัยค่าคงที่ของการแลกเปลี่ยน เช่น ตัวอย่างของดินในบริเวณที่น้ำทะเลท่วมขังอยู่จะมี Na^+ site ถ้าหากบริเวณนั้นมีการเติมปุ๋ยลงไปในดินที่มีแคทไอออนประเภทที่เป็น K^+ ก็จะเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอออนดังสมการ



ถ้ากำหนดให้ K_c คือ ค่าคงที่ของการแลกเปลี่ยนประจุ ดังนั้น

$$K_c = \frac{N_k [\text{Na}^+]}{N_{\text{Na}} [\text{K}^+]}$$

โดย N_{Na} หมายถึง สมมูลของไอออนโซเดียมที่รวมกับดิน

N_k หมายถึง สมมูลของไอออนโปตัสเซียมที่รวมกับดิน

$[\text{Na}^+]$ หมายถึง ความเข้มข้นของไอออนโซเดียมในน้ำที่อยู่รอบดิน

$[\text{K}^+]$ หมายถึง ความเข้มข้นของไอออนโปตัสเซียมในน้ำที่อยู่รอบดิน

ตัวอย่างดินที่ exchange sites ถูกจับด้วย Na^+ ทั้งหมด ค่า N_{Na} จะเท่ากับ 1 แต่ถ้า Na^+ เข้าจับครึ่งหนึ่งของ exchange sites ได้ ดังนั้นค่า N_{Na} จะเท่ากับ 0.5

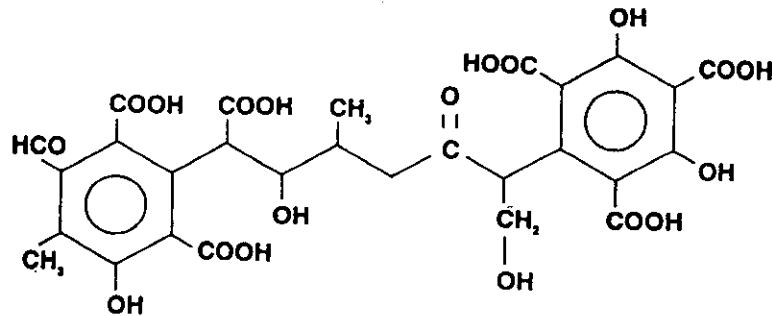
วิธีทดลองหาค่า CEC

สกัดตัวอย่างดินโดยใช้สารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 1 mol L^{-1} โดยปรับค่าพีเอชของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 4.5 แคทไอออนในดินจะถูกแทนที่และละลายออกมาในสารละลาย กรองสารละลายที่ได้ซึ่งจะมีแคทไอออนที่ละลายอยู่ หาปริมาณแคทไอออนคือ Ca^{2+} Mg^{2+} , K^+ และ Na^+ โดยใช้เทคนิค flame atomic absorption ส่วน H_3O^+ (hydronium ion) หาปริมาณโดยใช้เทคนิคการไทเทรชัน

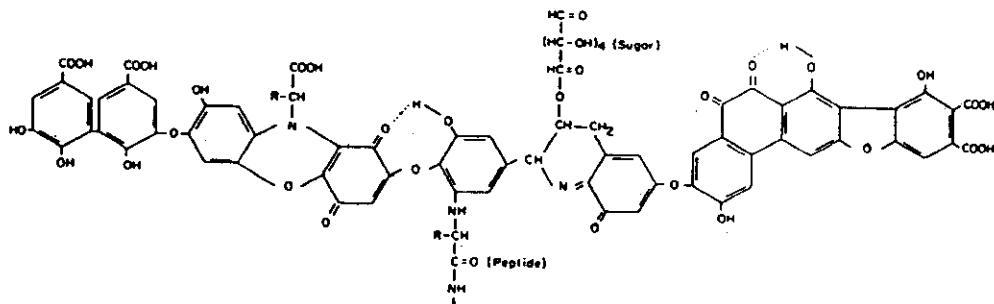
ซึ่งในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ในดินจะให้ผลการวิเคราะห์เป็นค่าของปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon content, OC) เนื่องจากโดยทั่วไปสารอินทรีย์ในดิน (organic matter) จะมีค่าประมาณ 60 % ของคาร์บอน ดังนั้นเมื่อต้องการแปลงสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นค่าสารอินทรีย์ในดินจะต้องใช้แฟกเตอร์ 1.7 เป็นตัวเปลี่ยน สารอินทรีย์ในดินแบ่งเป็น 2 ชนิด กว้าง ๆ คือ พวกลสารฮิวมิก (humic material, HM) และพวกลนอนฮิวมิก (non-humic material) โดยพวกลแรกจะพบมากกว่า

กลุ่ม humic material เป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากการสลายทางชีวภาพของสารจากซากต้นไม้โดยอาศัยแบคทีเรียและรา แบ่งได้ 3 กลุ่มย่อย คือ

ก. fulvic acid (FA) มีโมเลกุลขนาดเล็ก ละลายได้ในสารละลายพีเอชต่างๆ สมมติฐานของสูตรโครงสร้างดังนี้



ข. humic acid (HA) มีโมเลกุลขนาดกลาง ละลายได้ในเบสอ่อน จะไม่ละลายในกรดอ่อน มีสมมติฐานของสูตรดังนี้



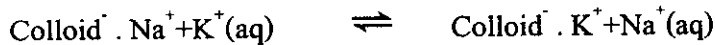
ค. humin ไม่ละลายทั้งในกรดและเบส มีโมเลกุลขนาดใหญ่

กลุ่ม non-humic material ได้แก่ complex polysaccharides, cellulose, hemicellulose, pectin และ carbohydrate molecules ที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์โพลีเมอร์

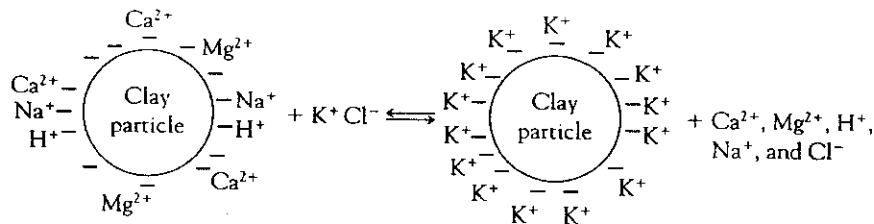
สำหรับกลุ่มสารฮิวมิก (humic material) นั้นพบว่าเป็นกลุ่มคอลลอยด์ที่มีอยู่ในดินมาก และมีบทบาทที่สำคัญต่อสมบัติของดิน เช่น การรวมกับแคทไอออนในดิน การเพิ่มค่า CEC แก่ดิน การเพิ่มธาตุอาหารแก่ดิน การดูดซับสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้น้อย เช่น DDT เป็นต้น

9.3.3 ความจุของการแลกเปลี่ยนประจุลบ (Cation – exchange capacity)

ดินและดินตะกอน (sediment) จะประกอบด้วยสารที่เป็นคอลลอยด์และมีประจุลบซึ่งมีความสามารถในการดึงประจุบวกได้ สมบัติดังกล่าวนี้เรียกกันว่า เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ ตัวอย่างเช่น การแลกเปลี่ยน Na^+ ด้วย K^+ บนคอลลอยด์ ดังสมการ



จุดสมดุลของปฏิกิริยาข้างต้นนี้จะขึ้นกับสมบัติของคอลลอยด์และความเข้มข้นของสปีชีส์ที่อยู่ใกล้ ๆ สำหรับดินและดินตะกอนนั้นพบว่าดินเหนียวและสารอินทรีย์มีบทบาทสำหรับการแลกเปลี่ยนประจุดังกล่าวนี้โดยพิจารณา ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนประจุที่เกิดขึ้นกับดินเหนียวดังในรูป 9.11



รูปที่ 9.11 แสดงการแลกเปลี่ยนประจุที่เกิดบนอนุภาคดินเหนียว