

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประจุบวก (Cation) และประจุลบ (Anion)

ประจุบวก (cation) หมายถึง ไอออนที่มีประจุบวก เกิดจากการเอาอิเล็กตรอนออกจากอะตอมหรือโมเลกุลในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ประจุบวกจะจับที่ขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วลบ (แคโทด) ส่วนประจุลบ (anion) หมายถึง ไอออนที่มีประจุลบเกิดจากการเติมอิเล็กตรอนลงในอะตอมหรือโมเลกุลในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ประจุลบจะจับอยู่ที่ขั้วบวก (แอโนด) (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2548)

โดยทั่วไปประจุที่อยู่ในน้ำจะมาจากแร่ธาตุที่พัดพามากับน้ำ ซึ่งอยู่ในรูปประจุบวก (cation) และประจุลบ (anion) ประจุส่วนใหญ่ที่พบละลายอยู่ในน้ำผิวดินได้แก่ แคลเซียม (Ca^{+2}) แมกนีเซียม (Mg^{+2}) โซเดียม (Na^{+2}) โพแทสเซียม (K^{+}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^{-}) ซัลเฟต (SO_4^{-2}) คลอไรด์ (Cl^{-}) และไนเตรท (NO_3^{-}) สำหรับประจุที่พบเป็นส่วนน้อยได้แก่ อะลูมิเนียม (Al^{+3}) แอมโมเนีย (NH_4^{+}) เหล็ก (Fe^{+3}) แมงกานีส (Mn^{+2}) ฟอสเฟต (PO_4^{-3}) และซัลไฟต์ (SO_3^{-2}) (กัทธริย์ ศรีพงศ์พันธุ์, 2547)

อะลูมิเนียม (Aluminium)

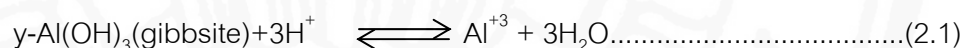
อะลูมิเนียม (Al^{+3}) เป็นธาตุที่พบเสมอในดิน เพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญของแร่ดินเหนียว พบมากเป็นอันดับสาม รองจากออกซิเจน และซิลิกอน พบประมาณร้อยละ 7.1 โดยน้ำหนักของเปลือกโลก อะลูมิเนียมเริ่มละลายออกจากดินได้ในสภาวะที่ดินมีความเป็นกรด-เบสน้อยกว่า 4.5 (Lindsay, 1979) ในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปริมาณอะลูมิเนียมที่ละลายจะมีค่าเป็นปฏิภาคกลับกันกับค่าความเป็นกรด-เบส กล่าวคือเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำลดลง 1 หน่วย ปริมาณอะลูมิเนียมจะเพิ่มขึ้น 10 เท่า (ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546) พิษของอะลูมิเนียมมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชเกิดการชะงัก (ยงยุทธ โสณธสกา, 2546) ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง เนื่องจากอะลูมิเนียมจับกับฟอสฟอรัสแล้วตกตะกอนเป็นอะลูมิเนียมฟอสเฟต (เจริญ เจริญจำรัสชีพ กำชัย กาญจนธนเศรษฐ และเมธิณี ศิริวงศ์, 2540) สำหรับในมนุษย์เมื่ออะลูมิเนียมในร่างกายเพิ่มขึ้นทำให้เกิดโรคพิษทางสมอง โรคอัลไซเมอร์ ภาวะกระดูกนิ่ม (Lewis, 1990)

Lindsay (1979) กล่าวว่า ผลเสียทางอ้อมที่เกิดขึ้นจากการมีเหล็ก และอะลูมิเนียมในดินมากเกินไป ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง เนื่องจากการถูกตรึงของฟอสฟอรัสในดินโดยเหล็ก และอะลูมิเนียม หากในดินมีฟอสฟอรัสมากเพียงพอ แต่ถ้ามีอะลูมิเนียมสูงพืชอาจแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสได้

การละลายของออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ของอะลูมิเนียม

Lindsay (1979) กล่าวว่า การละลายของออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ของอะลูมิเนียม และลำดับขั้นของการละลายลดน้อยลงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า $\log K^\circ$ และ plot ค่า $\log Al^{+3}$ ระหว่างค่าความเป็นกรด-เบสแต่ละค่าของแร่ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ ดังสมการที่ 2.1

ภายใต้สภาวะปราศจากน้ำของอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นแร่ที่มีอุณหภูมิสูงโดยปกติไม่พบในโครงสร้างของดิน อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) จะตกตะกอนเมื่อมีเกลืออะลูมิเนียมเพิ่มขึ้นในดิน การตกตะกอนไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ส่วนใหญ่อะลูมิเนียมที่ละลายได้จะอยู่ในรูปของไฮดรอกไซด์ ในดินส่วนใหญ่จะพบแรกกิบไซต์ (gibbsite) สมการการละลายของแรกกิบไซต์ (gibbsite) ได้มาจาก



$$\frac{(Al^{+3})}{(H^+)} = 10^{8.04}$$

$$\log Al^{+3} - \log H^+ = \log 10^{8.04}$$

$$\log Al^{+3} = 8.04 - 3pH$$

กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของอะลูมิเนียม (Al^{+3})

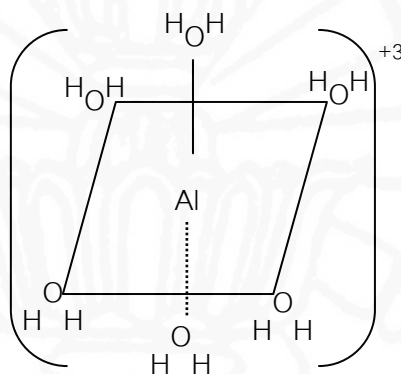
การละลายของอะลูมิเนียม (Al^{+3}) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่มีไฮดรอกไซด์ แต่ไฮดรอกไซด์จะถูกล้อมรอบด้วย 6 โมเลกุลของน้ำ และอยู่ในรูปของอะลูมิเนียมเฮกซะไฮดรเนียม ($Al(H_2O)_6^{+3}$) (Lindsay, 1979) ไฮดรอนี้สามารถแสดงเป็นตัวอย่างได้ดังภาพที่ 2.1

ปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายดิน ยังขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน คือเมื่อดินนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณความเข้มข้นของปริมาณเกลือในดินด้วยแล้ว

ปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายดินจะน้อยลง ซึ่งเมื่อดินนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ทำให้อินทรีย์วัตถุสามารถรวมตัวกับอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ กลายเป็นสารประกอบที่สลับซับซ้อน นอกจากนี้ปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายดินจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อดินนั้นมีปริมาณความเข้มข้นของเกลือในดินสูง เนื่องจากเมื่อมีไอออนบวกของเกลืออื่นๆ สูง ก็มีความสามารถที่จะเข้าไปไล่ที่อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้บนผิวดินเหนียวให้ออกมาอยู่ในสารละลายดินสูงขึ้น (วิโรจ อิมพิทักษ์, 2531)

ภาพที่ 2.1

ไอออนของอะลูมิเนียมเฮกซะไฮโดรเนียม ($\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$)



ที่มา: ปรับปรุงจาก (Lindsay, 1979)

การละลายของอะลูมิเนียมซัลเฟต

การละลายของแร่อะลูมิเนียมซัลเฟต ($\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ที่สามารถละลายได้นั้นยังคงพบมีอยู่ในดิน โดยทั่วไปซัลเฟต (SO_4^{2-}) มีความเข้มข้นในดิน 10^{-4} ถึง 10^2 โมล นอกจากนี้ Van Breemen (1976) และ Rhodes and Lindsay (1978) ได้กล่าวถึงดินที่เป็นกรดซัลเฟตว่า เมื่อซัลเฟต (SO_4^{2-}) มีความเข้มข้นเป็น 10^{-3} โมล แร่อะลูไนท์ที่มีความเสถียรมากที่ค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4 และจะมีความเสถียรเพียงเล็กน้อยเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสสูงขึ้น ดินที่เป็นกรดซัลเฟตและค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกรดซัลฟิวริกจะถูกปล่อยออกมาระหว่างกระบวนการออกซิเดชันของซัลไฟด์ และเมื่อซัลเฟต (SO_4^{2-}) = $10^{-3.20}$ โมล อัตราส่วนอะลูมิเนียมซัลเฟต (AlSO_4^+) / (Al^{+3}) = 1 การเปลี่ยนแปลงของซัลเฟต (SO_4^{2-}) เกิดขึ้น 10 เท่า (Lindsay, 1979) ดังสมการที่ 2.2

$$\frac{\text{AlSO}_4^+}{\text{Al}^{+3}} = 10^{3.20} (\text{SO}_4^{-2}) \dots\dots\dots (2.2)$$

ดินกรดจัดเกิดจากอะลูมิเนียม

โดยทั่วไปแล้ว เมื่อกล่าวถึงดินกรด มักจะหมายถึงดินที่มีไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทั้งที่อยู่ในรูปที่ถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดินเหนียว หรืออยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ กับอยู่ในรูปไอออนในสารละลายดินในปริมาณสูง หรืออาจจะพิจารณาอีกนัยหนึ่งว่าดินมีเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยต่างอยู่ในปริมาณต่ำก็ได้ เพราะดินที่เป็นกรดนั้น ประจุลบในอนุภาคดินส่วนมากจะดูดซับไฮโดรเจน (H^+) และอะลูมิเนียม (Al^{+3}) ไว้มากกว่าพวกไอออนบวกที่เป็นต่าง (Troeh and Thompson, 1993)

ดินกรดจัดเนื่องจากอะลูมิเนียม มีสาเหตุมาจากธาตุอาหารที่เป็นพวกไอออนบวกและมีฤทธิ์เป็นด่างทั้งหลายถูกชะล้างออกไป ดินที่อยู่ในเขตร้อนชื้นขึ้นโดยเฉพาะดินในอันดับ Ultisols และ Oxisols หรือแม้แต่ดินในอันดับ Alfisols เองอะลูมิเนียมยังเข้าไปแทนที่ไอออนบวกที่เป็นด่างทำให้ดินมีอะลูมิเนียม (Al^{+3}) ถูกดูดซับไว้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดินเหล่านี้จึงอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมเพิ่มมากขึ้น (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) ดังนั้นอะลูมิเนียมในดินจึงมีบทบาทสำคัญที่ทำให้ดินเป็นกรดได้ เช่นเดียวกันกับไฮโดรเจนไอออน (เทียนชัย สุวรรณเวช, 2539)

ความเป็นกรดของดินอันเนื่องมาจากความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดิน ซึ่งสารละลายดินไม่ได้มีลักษณะสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด ดังนั้น ค่าความเป็นกรด-เบสของดินจึงมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณของดิน แม้ว่าจะอยู่ห่างกันออกไปเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งในบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่อยู่รอบๆ อนุภาคของดิน ก็ยังมีความแตกต่างกันในเรื่องการกระจายตัวของไฮโดรเจน (H^+) และอะลูมิเนียม (Al^{+3}) ไอออนบวกทั้งสองชนิดนี้มีความเข้มข้นอยู่ใกล้ๆ ผิวคอลลอยด์ของดิน แล้วค่อยๆ ลดน้อยลงไปเมื่อระยะห่างจากอนุภาคดินเพิ่มขึ้น และมีอยู่ในสารละลายดินด้วยความเข้มข้นน้อยที่สุด ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีภาวะความสมดุลระหว่างไอออนที่ถูกดูดซับกับผิวคอลลอยด์ดินกับไอออนที่อยู่ในสารละลายดินพร้อมที่จะเคลื่อนย้ายไปสู่อีกด้านและกันได้อีกด้วย (Brady, 1974)

บทบาทของอะลูมิเนียมในดินกรด

อะลูมิเนียมในดินนอกจากจะอยู่ในรูปของออกไซด์แล้ว ยังอยู่ในลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของแร่ดินเหนียวอีกด้วย Tan (1993) กล่าวว่า ดินเหนียวอิ่มตัวด้วยไฮโดรเจนไอออน

จะเกิดการสลายตัวอย่างช้าๆ โดยไฮโดรเจนไฮดรอกไซด์แทรกตัวเข้าไปในชั้น Octahedral layer แล้วเข้าไปแทนที่อะลูมิเนียมอะตอมที่อยู่ในโครงสร้าง อะลูมิเนียมที่ปลดปล่อยออกมา ก็จะกลับถูกดูดซับไว้โดยแร่ดินเหนียว และอะลูมิเนียม (Al^{+3}) ก็อาจทำปฏิกิริยากับน้ำให้ไฮโดรเจน (H^+) ออกมา

ไพบูลย์ ประพัตติธรรม (2528) ได้อ้างถึง Sanchez (1976) ที่รายงานผลการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเป็นกรด-เบสของดินกับการอิ่มตัวของอะลูมิเนียมบนผิวของคอลลอยด์ดิน โดยการแสดงกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวจากการใช้ค่าร้อยละการอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมกับค่าความเป็นกรด-เบสของดินคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ แต่ไม่ได้แสดงสมการซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ทำนายค่าความเป็นกรด-เบสของดินจากค่าร้อยละการอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมของดินไว้ อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ของร้อยละการอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมของดินกับค่าความเป็นกรด-เบสของดินจะเป็นไปในลักษณะเป็นปฏิภาคส่วนกลับซึ่งกันและกันเสมอ คือถ้าร้อยละการอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมมีค่าต่ำลงค่าความเป็นกรด-เบสของดินก็จะสูงขึ้น ซึ่งเป็นการแสดงว่าปริมาณของอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความเป็นกรดของดิน นั่นคือถ้าอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณสูงขึ้นค่าความเป็นกรดของดินก็จะมากขึ้นด้วย (เทียนชัย สุวรรณเวช, 2539)

ความเป็นพิษต่อพืชของอะลูมิเนียม

การเจริญเติบโตของพืชในดินกรดหลายชนิดมีส่วนสัมพันธ์กับการอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมของคอลลอยด์ดิน คือ การเจริญเติบโตของพืชจะลดลงเมื่อมีอะลูมิเนียมละลายออกมาในสารละลายดินมากขึ้น เชื่อกันว่า ถ้ามีอะลูมิเนียมละลายดินเข้มข้นเกินกว่า 1 ส่วนในล้านส่วนแล้ว ก็สามารถทำให้ผลผลิตของพืชลดลงได้ และมีการศึกษาพบว่า ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมมีอันตรายต่อการพัฒนาการของรากพืชโดยตรง ถ้ารากของต้นยาสูบ และมันฝรั่งได้รับอะลูมิเนียมมากเกินไป จะมีลักษณะสั้น หนา และมีจำนวนรากน้อย (Villagarcia, 1973; Abruna et al., 1975) สำหรับรากของต้นข้าวโพดนั้นมีการรายงานว่า เมื่อปริมาณอะลูมิเนียมมีไม่มากนัก ก็ยังไม่มีผลกระทบกระเทือนใดๆ ต่อรากจนกระทั่งดินอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวฟ่างนั้นรากของมันเริ่มชะงัก การเจริญเติบโต เมื่อความเข้มข้นของอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้นในระยะแรกๆ (Brenes and Pearson, 1973) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า อะลูมิเนียมมีแนวโน้มที่จะสะสมอยู่ในรากและขัดขวางการดูดและการเคลื่อนย้ายแคลเซียมและฟอสฟอรัสไปสู่ของพืชที่อยู่เหนือดินขึ้นไปอีกด้วย (Foy, 1974)

เหล็ก (Iron)

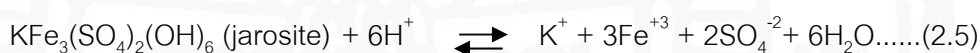
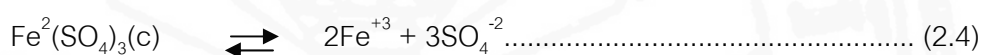
วัฏจักรเหล็กประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันที่รีดิวซ์เฟอร์ริกไอออน (Fe^{+3}) เป็นเฟอร์รัส (Fe^{+2}) และออกซิไดซ์เฟอร์รัสเป็นเฟอร์ริกไอออน โดยเฟอร์รัสมีความสามารถละลายน้ำได้มากกว่า แต่เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนเปลี่ยนเป็นเฟอร์ริกไอออนจึงพบได้น้อยในแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนเฟอร์ริกไอออนจะตกผลึกเป็นเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ในสภาพที่เป็นค่า (สุบรรณทิต นิมรตน์, 2549)

เหล็กที่อยู่ในรูปของเฟอร์ริกไอออนละลายน้ำได้น้อยมาก แต่ถ้าอยู่ในรูปของเฟอร์รัสก็จะละลายน้ำได้ดีมาก ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเฟอร์รัสจะรวมตัวกับน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเฟอร์รัสไบคาร์บอเนตซึ่งละลายน้ำได้ดี ถ้าอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนเฟอร์รัสไบคาร์บอเนตจะถูกออกซิไดซ์แล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ รูปของเหล็กจึงขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำและค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ โดยที่ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 และมีออกซิเจนไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เฟอร์รัสไบคาร์บอเนตคงอยู่ได้ตลอด แต่ถ้าเป็นค่าเล็กน้อยกว่าคือค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในระหว่าง 8.0-9.0 และมีออกซิเจนมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เฟอร์รัสไบคาร์บอเนตจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ทันทีและตกตะกอน แต่ถ้าค่าความเป็นกรด-เบสต่ำถึงแม้ว่าจะมีออกซิเจนละลายน้ำอยู่สูง อัตราการตกตะกอนจะช้าลง (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538) เหล็กที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ไพไรต์ (pyrite) เมื่อไพไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและน้ำทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินและน้ำต่ำลง (ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

เหล็กเป็นส่วนประกอบที่สำคัญบนพื้นโลก ซึ่งบนพื้นโลกนั้นมีเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 5.1 และเหล็กมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 3.8 ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในดิน ในส่วนของแร่เหล็กปฐมภูมิที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่คือพวกเฟอร์โรแมกนีเซียม และในขณะที่มีอิทธิพลของลมฟ้าอากาศต่างๆ อาจทำให้เกิดการผุกร่อนและปลดปล่อยเหล็กออกมาในรูปของเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe^{+3}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) การละลายของแร่เหล็กในรูปอื่นๆ จะพบได้บ่อยๆ ในดินกรดที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบจะเป็นแร่จาลูไรต์ ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) ซึ่งจะออกซิไดซ์ให้กรดซัลฟิวริก และเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) ต่อไป (Lindsay, 1979)

ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา (2546) การละลายของแร่เหล็กในรูปอื่นๆ ได้แก่ การละลายของเหล็กคลอไรด์ (FeCl_3) และ เหล็กซัลเฟต ($\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2$) จะเป็นรูปแบบของสัดส่วนที่มีอยู่สูงมาก

ในดิน แร่จาลโรไซต์ ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) จะพบได้บ่อยๆ ในดินกรดที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบ (Van Breemen, 1976) ซึ่งสถานะที่จำเป็นสำหรับการตกตะกอนเป็นจาลโรไซต์ (jarosite) นั้น มีเพียงดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4 หรือสูงกว่านั้นเล็กน้อยและขึ้นอยู่กับแอกติวิตีของซัลเฟต (SO_4^{-2}) และโพแทสเซียม (K^+) จึงสามารถเกิดเป็นจาลโรไซต์ (jarosite) ขึ้นได้ สถานะที่พบในดินกรดซัลเฟตยังจะพบพวกไพไรต์ (FeS_2) ซึ่งจะออกซิไดซ์ให้กรดซัลฟิวริก และเพอร์ริกออกไซด์ต่อไป การปลดปล่อยเฟอร์รัส (Fe^{+2}) จากไพไรต์ (pyrite) และตามมาด้วยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นเพอร์ริกไอออน (Fe^{+3}) ซึ่งจะสร้างรูปเป็นจาลโรไซต์ (jarosite) โดยไอออนของโพแทสเซียมจะรวมตัวและตกตะกอนเป็นจาลโรไซต์ (jarosite) แต่ก็ต้องดูถึงสถานะต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบรองที่อาจทำให้เกิดการแทนที่โพแทสเซียม (K^+) ได้โดยพวกโซเดียม (Na^+) หรือพวกแคลเซียมไอออนตัวอื่นๆ



ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเหล็กพบในแม่น้ำลำธาร 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร องค์การอาหารและเกษตรของสหประชาชาติ แนะนำให้น้ำใช้ในการชลประทานควรมีเหล็กไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์พบอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วๆ ไปด้วยความเข้มข้นต่างๆ กัน ปริมาณคลอไรด์เพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น น้ำตามภูเขาและที่สูงๆ มักจะมีปริมาณคลอไรด์น้อย ในขณะที่น้ำตามแม่น้ำและน้ำใต้ดินมีปริมาณคลอไรด์สูง สำหรับน้ำในทะเลและมหาสมุทรจะมีคลอไรด์อยู่ในปริมาณสูงมาก เพราะเป็นแหล่งรวมของน้ำจากที่ต่างๆ และมีการระเหยของน้ำตลอดเวลาเกิดตะกอนเกลือขึ้น คลอไรด์ในความเข้มข้นพอสมควรไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ ถ้ามีคลอไรด์ในน้ำดื่มมีความเข้มข้นสูงกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำมีรสเค็ม (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

ฟอสเฟต (Phosphate)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากในระบบนิเวศวิทยา เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการแปรรูปของพลังงาน ตามปกติแล้วจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนน้อยในแหล่งน้ำ ฟอสเฟตจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-เบสของน้ำ ถ้าน้ำเป็นด่างเล็กน้อยก็จะมีแคลเซียมฟอสเฟต ถ้าน้ำเป็นด่างมากจะพบโซเดียมฟอสเฟต แต่ถ้าน้ำเป็นกรดจะพบเฟอริกฟอสเฟต (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ แหล่งน้ำโสโครกหรืออินทรีย์สาร ขนาดของแหล่งน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ และความสามารถย่อยสลายของฟอสเฟตอินทรีย์ในแหล่งน้ำ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538)

ฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำโดยปกติจะสะสมในดิน หิน แร่ หรือแหล่งสะสมอื่นซึ่งจะปล่อยฟอสเฟตออกมาในรูปที่ละลายน้ำได้โดยการชะล้างพืชและสัตว์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างโปรตีนพลาสมา (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรุวรรณ สมศิริ, 2528) เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง ฟอสฟอรัสในร่างกายจะย่อยสลายแล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ปัจจุบันได้มีการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติจากการใช้ปุ๋ยทางการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน ซึ่งฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับแหล่งน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำที่เรียกว่า ขบวนการยูโทรฟิเคชัน ผลกระทบที่เกิดจากขบวนการยูโทรฟิเคชัน ทำให้ลดการผ่านของแสงลงไปแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดอันตรายในการนำน้ำดิบมาใช้ และยังมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ฟอสเฟตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำจืด จึงนับว่าฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่สำคัญของแพลงก์ตอนพืช (สุภาพร รักเขียว, 2546)

สารประกอบพวกอนินทรีย์ฟอสเฟต เป็นสารที่พบมากในแหล่งน้ำทั่วไป ซึ่งได้รับมาจากน้ำทิ้งและกิจกรรมต่างๆ แบ่งออกได้เป็นออร์โธฟอสเฟตที่พบมากคือ ไตรโซเดียมฟอสเฟต $[\text{Na}_3(\text{PO}_4)]$ ไดโซเดียมฟอสเฟต $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$ โมโนโซเดียมฟอสเฟต $(\text{NaH}_2\text{PO}_4)$ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ สารประกอบเหล่านี้ละลายน้ำได้ดี และแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารโพลีฟอสเฟต ได้แก่ โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต $[\text{Na}_3(\text{PO}_4)_6]$ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต $(\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10})$ เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต $(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)$ สารพวกนี้มักพบในน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่อยู่อาศัย เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของผงซักฟอก

สารประกอบพวกอินทรีย์ฟอสเฟต คือ สารประกอบฟอสฟอรัสที่เกิดจากขบวนการทางชีวจะเป็นฟอสเฟตรวมกับสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟไลปิด น้ำตาลฟอสเฟต รวมทั้งฟอสฟอรัสที่อยู่ในซากพืช ซากสัตว์ ฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ โดยเฉพาะพวกแพลงก์ตอนพืช หากแหล่งน้ำธรรมชาติมีฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีอาหารมากเกินไป และแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีความเข้มข้นฟอสเฟตสูงถึง 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำไม่ได้เป็นตัวทำให้เกิดพิษแต่เป็นตัวการทำให้เกิดอัตราการเจริญเติบโตของพืชสูง ในการควบคุมปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำนั้นไม่ควรให้มีปริมาณฟอสฟอรัสเกินกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประเทือง เชาวน์กลาง, 2534)

ไนเตรท (Nitrate)

ไนเตรท (NO_3^-) เป็นธาตุที่มีประโยชน์ต่อพืชไม่เกาะติดกับเม็ดดินสามารถละลายน้ำได้ดีทำให้เกิดการชะล้างลงสู่น้ำใต้ดินได้ง่าย ในสภาวะไร้ออกซิเจนไนเตรทสามารถเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (สุบณทิติ นิมรัตน์, 2549) จะพบปริมาณไนเตรทน้อยในน้ำผิวดิน (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538)

ไนเตรทเป็นสารตัวสุดท้ายจากการออกซิเดชันของไนโตรเจน ส่วนใหญ่มาจากสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย น้ำเสีย ปุ๋ย (มันสิน ตันฑุลเวศม์, 2537) พบปริมาณน้อยมากในน้ำผิวดิน ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีไนเตรทประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538) หากมีในปริมาณสูงเกินไปทำให้เกิดโรค Methemoglobinemia หรือ blue babies ในทารก (กัณทริย์ ศรีพงศ์พันธุ์, 2547) สำหรับน้ำดื่มควรมีไนเตรทไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของโปรตีนและเป็นปัจจัยจำกัดของสาหร่ายและแพลงก์ตอน และเป็นกำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ วัฏจักรไนโตรเจนในแม่น้ำมีความสมบูรณ์มากกว่าในวัฏจักรของฟอสฟอรัส (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2542) สารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

ไนเตรทเป็นสารประกอบของไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนเพื่อใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ ไนเตรทเกิดจากสิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียที่เป็นสารประกอบ

ของไนโตรเจนออกมา และเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงโปรตีนในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรทในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าไนเตรทมากไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ไนเตรทจะเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และยังมาจากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรกรรม ซึ่งเกิดจากการขาดการจัดการหน้าดินที่เหมาะสมจึงเกิดการชะล้างสู่แหล่งน้ำ

ในแหล่งน้ำพืชและสัตว์จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย ในแหล่งน้ำแอมโมเนียสามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-เบสสูง และถูกเติมออกซิเจนโดยขบวนการออกซิเดชันให้เป็นไนไตรท์และเปลี่ยนเป็นไนเตรท ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ นอกจากจะละลายน้ำแล้วอาจจะเหวเข้าสู่บรรยากาศได้ แต่ในแหล่งน้ำที่อุณหภูมิต่ำ ความเป็นกรด-เบสต่ำ แอมโมเนียอาจเปลี่ยนรูปมาเป็นแอมโมเนียมจะจับกับสารประกอบตัวอื่นอาจทำให้เกิดสารพิษในแหล่งน้ำ ถ้ามีปริมาณไนเตรทอยู่ในน้ำมากจะทำให้กลุ่มสาหร่ายสีเขียวตายเป็นจำนวนมากจนเกิดยูโทรฟิเคชัน เนื่องจากการตายจำนวนมากของสาหร่ายสีเขียว แบคทีเรียจำนวนมากต้องการออกซิเจนในการย่อยสลาย จึงเกิดสภาวะที่ขาดออกซิเจนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542) ถ้าปริมาณแอมโมเนียละลายอยู่ในน้ำน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติจะยังไม่เกิดการเน่าเสีย แต่จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ถ้ามีปริมาณมากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในลำน้ำที่ค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 7 แอมโมเนียมจะละลายน้ำอยู่ในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) จะถูกยึดด้วยสารประกอบที่มีประจุในตะกอนดินแต่จะมีพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำน้อยกว่าแอมโมเนีย และถูกยึดไว้จึงทำให้ถูกชะล้างออกมาได้ยาก (อุดร จารุรัตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล และศักดิ์ชัย สุริยจันทร์ทอง, 2542)

ซัลเฟต (Sulfate)

ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เป็นแอนไอออนที่พบมากที่สุดเป็นอันดับ 2 ในน้ำทะเล (มันสิน ตันกุลเวศม์ และมันรักษ์ ตันกุลเวศม์, 2545) ภายใต้สภาวะไร้อากาศ แบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟตกลายเป็นสารประกอบไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี (มันสิน ตันกุลเวศม์ และมันรักษ์ ตันกุลเวศม์, 2545) และไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถเปลี่ยนเป็นซัลเฟตในรูปของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) โดยปฏิกิริยาซัลเฟอร์ออกซิเดชัน (สุภัณฑิต นิมรัตน์, 2547) ซัลเฟตพบอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ 2-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2544) เข้าสู่แหล่งน้ำได้สองทาง

คือ ตกลงมากับฝน และการละลายของหินหรือดินที่มีซิลเฟต แล้วไหลมาสู่แหล่งน้ำ (อุตร จารุรัตน์ จารุรัตน์ วรนิสรากุล และศักดิ์ชัย สุริยจันทร์หาทอง, 2542) โดยปกติซิลเฟตละลายน้ำได้ไม่ค่อยดีนัก ในน้ำจืดจะมีซิลเฟต ละลายอยู่มากเป็นอันดับสองรองจากแคลเซียม (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538) การต็มน้ำที่มีซิลเฟต มากจะทำให้ระบายท้อง น้ำประปาควรมีซิลเฟตได้ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

สารประกอบเชิงซ้อน

อะลูมิเนียมฟอสเฟต

อะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบหลักที่พบมากในดิน เมื่ออะลูมิเนียมจับตัวกับฟอสเฟต (PO_4^{3-}) จะเกิดเป็นอะลูมิเนียมฟอสเฟต (AlPO_4) ซึ่งไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมาก และอะลูมิเนียมเป็นตัวที่สามารถควบคุมการละลายของฟอสเฟต (Lindsay, 1979)

เหล็กฟอสเฟต

การละลายของเหล็กฟอสเฟต (FePO_4) อยู่ประมาณ 1.47 หน่วย ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าเหล็กฟอสเฟต (FePO_4) สามารถละลายได้ดี แร่ธาตุที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบจะมีความคงตัวในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง แต่จะไม่คงตัวหากอยู่ในดิน อย่างไรก็ตาม ความคงตัวของอะลูมิเนียมฟอสเฟต (AlPO_4) มีมากกว่าความคงตัวของเหล็กฟอสเฟต (FePO_4) นอกจากนี้ตะกอนของฟอสเฟตจากแร่ธาตุที่มีลักษณะไม่มีรูปร่าง จะสามารถละลายได้ดีกว่าพวกที่มีรูปร่างเป็นผลึกประมาณ 10–100 เท่า ผลของปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) ที่มีต่อสภาพความคงตัวของเหล็กฟอสเฟต และอะลูมิเนียมฟอสเฟต เมื่อดินเกิดการรีดิวซ์จะทำให้การละลายได้ของเหล็กเปลี่ยนไป และจะมีผลทำให้การละลายของเหล็กฟอสเฟตเปลี่ยนแปลงไปด้วย (Patrick and Mahapatra, 1968)

Lindsay (1979) กล่าวว่า เมื่อดินถูกน้ำท่วมขัง จะมีผลในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินกรด จะทำให้ความเป็นกรด-เบสของดินกรดซึ่งอยู่ในสภาพรีดิวซ์มีค่าสูงขึ้นจนค่าความเป็นกรด-เบสเข้าใกล้กลาง ทำให้การละลายของเหล็กและอะลูมิเนียมฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้น สำหรับต้นข้าวปลูกในนาที่มีน้ำท่วมขังจะได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอภายใต้สภาวะที่มีการรีดิวซ์อย่างรุนแรง เนื่องจากที่บริเวณรากจะมีค่ารีดอกซ์สูงกว่าในดิน เพราะว่าออกซิเจน (O_2) จะเข้าสู่ต้นข้าวทางใบ ลำต้น แล้วจึงเคลื่อนลงไปที่ราก ด้วยเหตุนี้พืชจึงสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ ซึ่งฟอสฟอรัสที่พืชได้รับนี้มาจากการละลายของแร่ต่างๆ ที่มีในดิน ซึ่งหลังจากที่ดินเกิดน้ำท่วมผ่าน

ไปแล้วจะทำให้มีออกซิเจนลงไปดินได้มากขึ้น ทำให้เริ่มเข้ากลับสู่สภาพออกซิเดชัน (oxidation) และจะเกิดกระบวนการต่างๆ ในทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้เกิดตะกอนของเหล็กฟอสเฟต มากกว่าอะลูมิเนียมฟอสเฟต

รูปของฟอสเฟตที่จะพบได้มากในสารละลายที่มีช่วงความเป็นกรด-เบส ประมาณ 3.5-7.0 คือ H_2PO_4^- แต่ถ้าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4 สารประกอบเหล็กฟอสเฟต ($\text{FeH}_2\text{PO}_4^+$) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีความสำคัญหากเป็นสภาวะที่มีค่ารีดอกซ์ต่ำ แต่จะลดปริมาณลงหากมีค่ารีดอกซ์สูง ส่วนสารประกอบเฟอร์ริก (FeHPO_4^+) จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นหากมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4

ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเฟอร์ริกไอออน (Fe^{+3})

ในสารละลายเฟอร์ริกไอออน (Fe^{+3}) ที่ละลายอยู่ด้วยน้ำจะเป็นรูปของ Fe^{+3} ประกอบด้วย 6 โมเลกุลของน้ำ ซึ่งคล้ายๆ กับไอออนของเฮกซะไฮเดรทอะลูมิเนียม (hexahydrated aluminum) เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้น การเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนไอออนจากการรวมตัวของน้ำ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้เหล็กในสารละลายดินเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสสูงเหล็กจะไม่ละลายน้ำ และโดยส่วนใหญ่พืชจะขาดแคลนเหล็กเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสน้อยกว่า 5 (Lindsay, 1979)

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

สภาพทั่วไป

ลุ่มน้ำปากพนังตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภोजุฬาภรณ์ อำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร และอำเภอปากพนัง กับพื้นที่บางส่วนของอำเภอลานสกา และอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 3,100 ตารางกิโลเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) มีแม่น้ำปากพนังเป็นแม่น้ำสายหลัก ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขานครศรีธรรมราช บริเวณที่เป็นรอยต่อระหว่างเขต 3 อำเภอ คือ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง และ อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ทิศทางการไหลของลำน้ำไหลจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือโดยไหลผ่านอำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ และลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอปากพนัง ความยาวประมาณ 147 กิโลเมตร (กรมชลประทาน, 2537)

ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลุ่มน้ำทางด้านทิศตะวันตกเป็นแนวทิวเขาานครศรีธรรมราชที่สูงทอดตัวในแนวเหนือใต้ขนานกับชายฝั่งทะเลอ่าวไทย พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนบนเป็นภูเขา ตอนกลางมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด สภาพพื้นที่จะค่อยๆ ลาดลงมาเป็นที่ลาดเชิงเขา เป็นที่ราบลุ่มต่ำ ประกอบด้วยพื้นที่ที่เป็นพรุ และพื้นที่ที่เป็นดินเปรี้ยวจัดเป็นส่วนใหญ่ และตอนล่างติดกับชายฝั่งทะเล ตะวันออกเป็นพื้นที่ราบลุ่มมีพื้นที่ประมาณ 1.4 ล้านไร่ เป็นส่วนสำคัญที่สุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะมีน้ำท่วมขังในช่วงปลายปี เกษตรกรในลุ่มน้ำปากพนังตอนล่าง ส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา เป็นแหล่งผลิตข้าวใหญ่ที่สุดของภาคใต้ ส่วนทางด้านทิศตะวันออกเป็นพื้นที่เนินเขาสลับซับซ้อน และมีพื้นที่ราบสูงแปลงเล็กๆ สลับกันไป โดยพื้นที่บริเวณชุมชนอำเภอชะอวดถึงปากอ่าวฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปากพนังเป็นที่ลาดเทเล็กน้อยสู่แม่น้ำปากพนัง ส่วนพื้นที่ระหว่างแม่น้ำปากพนังกับชายทะเลเป็นที่ราบลุ่ม ส่วนพื้นที่บริเวณริมทะเลทางทิศตะวันออกมีลักษณะเป็นเนินที่เกิดจากสันททราย ด้วยพื้นที่มีลักษณะราบแบนและความลาดเทน้อยประมาณ 1:20,000 ประกอบกับพื้นดินสองฝั่งแม่น้ำปากพนังมีระดับใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเล ประมาณ +0.000 ถึง +1.000 เมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้มีน้ำท่วมขังในพื้นที่สองฝั่งแม่น้ำปากพนัง (กรมชลประทาน, 2547)

พื้นที่นาข้าว

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา เคยเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของภาคใต้ มีเนื้อที่ประมาณ 500,000 ไร่ (กรมชลประทาน, 2547) ในอดีตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง เป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของภาคใต้ที่สามารถผลิตข้าวเลี้ยงชุมชนในลุ่มน้ำ และเหลือส่งออกไปขายต่างประเทศ กาลเวลาผ่านไปประชากรเพิ่มขึ้น ทรัพยากรต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อการดำรงชีพอย่างฟุ่มเฟือยและไม่ถนอมรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าไม้ต้นน้ำลำธาร ซึ่งมีสภาพเป็นป่าดิบชื้นที่สมบูรณ์ได้ถูกบุกรุกทำลายแผ้วถางเพื่อทำสวนยางพาราและปลูกไม้ผล ปัจจุบันสภาพป่าดิบชื้นมีเหลือเพียง 117,897 ไร่ หรือร้อยละ 5.92 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ทำให้พื้นที่ต้นน้ำมีสภาพป่าน้อยลง เกินความสามารถที่จะดูดซับน้ำและชะลอน้ำฝนซึ่งตกลงมา ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจำนวนมากไหลอย่างรวดเร็วลงมาสู่ที่ราบลุ่ม ซึ่งใช้ในการปลูกข้าว ปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่าไม่สามารถไหลลงสู่ทะเลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำท่วมขัง มีการระบายน้ำเลว เนื้อดินเป็นดินเหนียว ร่วนปนเหนียวหรือร่วนหยาบ ก่อความเสียหายให้กับพื้นที่ปลูกข้าวจนถูกทิ้งเป็นพื้นที่นาร้างถึง 143,954 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวที่เหลือประมาณ 550,448 ไร่ ผลิตต่อไร่ลดลงเนื่องจากพื้นที่มีน้ำแช่ขังในระดับสูง (อรรถ สมร่าง,

2546) ข้าวเป็นพืชที่ต้องการสภาพการเจริญเติบโตในดินน้ำขัง การที่ต้นข้าวสามารถเจริญเติบโตในดินนาซึ่งมีการขังน้ำไว้ได้ ก็เนื่องจากต้นข้าวมีเนื้อเยื่ออยู่ในส่วนของลำต้นที่สามารถนำออกซิเจนจากอากาศไปสู่รากได้ ทำให้บริเวณโดยรอบของรากข้าวมีสภาพถูกออกซิไดซ์ ในขณะที่บริเวณอื่นๆ ของดินนาที่มีน้ำขังจะอยู่ในสภาพภาวะรีดิวซ์ (Bohn et al, 1979)

ปฏิกิริยาในดินน้ำขัง

ในดินที่เกิดสภาพน้ำท่วมขัง จะมีการถ่ายเทก๊าซต่างๆ รวมทั้งก๊าซออกซิเจนระหว่างบรรยากาศกับดินน้อยมาก เนื่องจากการถ่ายเทก๊าซจำเป็นต้องมีน้ำซึ่งเป็นตัวกลาง โดยทั่วไป จุลินทรีย์พวกแอโรบิก (aerobic) ต้องการใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในดินเท่านั้น จึงทำให้ออกซิเจนในดินที่มีสภาพน้ำท่วมขังหมดไปอย่างรวดเร็ว เมื่อออกซิเจนในดินหมดลง จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนก็ไม่สามารถเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ได้คงเหลือเพียงจุลินทรีย์ดินพวกแอนแอโรบิก (anaerobic) ซึ่งมีชีวิตอยู่ได้เฉพาะในสภาพไม่มีออกซิเจนเท่านั้นที่ยังคงดำเนินการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่อไป โดยการดำรงชีวิตด้วยการอาศัยสารประกอบต่างๆ ในดินซึ่งมีระดับออกซิเดชันสูงๆ เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันต่างๆ ขึ้น (จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2530) การที่เมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ดินเปลี่ยนจากที่ต้องใช้ออกซิเจนไปเป็นไม่ใช้ออกซิเจนนั้น ก็ต่อเมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนในสารละลายดินมีอยู่น้อยกว่า 0.1 ส่วนในล้านส่วน (ไพบูลย์ ประพศิตธรรม, 2528)

เทียนชัย สุวรรณเวช (2539) ศึกษาพบว่าปริมาณจุลินทรีย์พวกที่ต้องการออกซิเจนกับพวกที่มีชีวิตอยู่ได้ทั้งที่ในสภาพมีออกซิเจนกับในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนจะมีมากที่สุด หลังจากดินมีน้ำขังมาแล้ว 1-2 วัน ต่อจากนั้นก็จะมีปริมาณลดลง ส่วนปริมาณจุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนก็จะเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นและสูงสุดในระยะเวลา 5 วัน หลังจากน้ำขัง ต่อไปก็จะมีปริมาณลดลงเช่นเดียวกัน อิทธิพลที่สำคัญประการหนึ่งของดินนาที่น้ำขังคือการลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในดินกรดจัด ความเป็นพิษดังกล่าวจะลดลงได้เมื่อมีการขังน้ำ อันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบส (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดินนาที่น้ำขัง

เทียนชัย สุวรรณเวช (2539) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของดินในสภาพน้ำขัง มีอิทธิพลอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ตลอดจนการสูญเสียและการเป็นพิษของธาตุอาหารบางชนิด การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหารธาตุที่สำคัญ ได้แก่

เทียนชัย สุวรรณเวช (2539) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน (nitrogen transformation) ในดินน้ำขัง เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยตรง การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ได้แก่ การสูญเสียไนเตรท (NO_3^-) และการสะสมของแอมโมเนีย (NH_4^+) จากการศึกษาของ Wivutbongvana (1973) พบว่าไนเตรท (NO_3^-) จะสูญเสียไปจากดินอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วันแรกของการขังน้ำ การสูญเสียดังกล่าวเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งนำไนเตรท (NO_3^-) มาเป็นตัวรับอิเล็กตรอนโดยไนเตรท (NO_3^-) จะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และก๊าซไนโตรเจน โดยกระบวนการที่เรียกว่าดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ดินน้ำขังเกิดการสะสมไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย (NH_4^+) และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพดังกล่าว จะหยุดลงเมื่อสิ้นสุดกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ซึ่งจะปลดปล่อยแอมโมเนีย (NH_4^+) ออกมาและคงสถานะไว้ได้ในสภาพรีดักชัน ส่วนการออกซิไดซ์ แอมโมเนีย (NH_4^+) ให้กลายเป็นไนเตรท (NO_3^-) โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) จะไม่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาดังกล่าวดำเนินการโดยจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนเท่านั้นเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ดังนั้นการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในสภาพน้ำขัง จึงส่งเสริมทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนีย (NH_4^+) บริเวณผิวดินซึ่งมีก๊าซออกซิเจนอยู่บ้าง แอมโมเนีย (NH_4^+) จะถูกออกซิไดซ์ให้กลายเป็นไนเตรท และเมื่อไนเตรทถูกชะล้างหรือเคลื่อนลงสู่ดินชั้นล่างก็จะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน

ฟอสฟอรัสในดินจะสูงขึ้นเมื่อมีการขังน้ำ ส่วนพอลิอะลูมิเนียมฟอสเฟตก็จะละลายได้ดีขึ้น อันเนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-เบสที่สูงขึ้นเมื่อมีการขังน้ำ นอกจากนั้นในดินที่เป็นด่างซึ่งฟอสฟอรัส ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต (CaPO_4) ฟอสฟอรัสในรูปดังกล่าวจะละลายได้ดีขึ้นเมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง อันเนื่องจากการลดลงของค่าความเป็นกรด-เบสฟอสฟอรัสมักจะเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 1-2 เดือนแรกของการขังน้ำ หลังจากนั้นปริมาณจะลดลงอันเนื่องมาจากจะจับตัวกับประจุบวก เช่น เหล็ก อะลูมิเนียมแล้วตกตะกอน อัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของฟอสฟอรัสดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และเหล็กในดินได้ศึกษาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินหลังจากที่มีการขังน้ำ พบว่าในดินเหนียวที่เป็นกรดและมีปริมาณเหล็กสูงฟอสฟอรัสละลายได้น้อย (Ponnamperuma, 1972)

เทียนชัย สุวรรณเวช (2539) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของเหล็กในสภาพดินน้ำขังจะมีเฟอร์รัส (Fe^{+2}) สะสมอยู่ในสารละลายดินเป็นปริมาณที่มาก อันเนื่องมาจากกระบวนการรีดักชันของสารประกอบพวกเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Fe^{+3}) ลักษณะการเพิ่มขึ้นและลดลงของเฟอร์รัส (Fe^{+2}) จะ

คล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัส โดยที่เฟอร์รัส (Fe^{+2}) จะเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 1-2 เดือนหลังจากการขังน้ำ หลังจากนั้นปริมาณจะลดลงและรักษาระดับคงที่ประมาณ 50-100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กทั้งหมดที่อยู่ในดิน อินทรีย์วัตถุ ชนิด และปริมาณของสารประกอบอื่นๆ ที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน นอกจากนั้นปริมาณของเฟอร์รัส (Fe^{+2}) จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (Eh) และค่าความเป็นกรด-เบส

พื้นที่นาทุ่งร้าง

ในอดีตการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีไม่มาก ส่วนใหญ่พบตามพื้นที่ชายฝั่งทะเล จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2535 ความต้องการกุ้งกุลาดำเพื่อส่งออกเพิ่มสูงขึ้นจำนวนมาก เป็นผลให้ราคากุ้งกุลาดำในประเทศมีราคาสูงมาก ญาติให้เกษตรกรขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงจำนวนมาก ได้มีการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงทั้งในพื้นที่ชายฝั่งทะเล และขยายมาถึงพื้นที่นาข้าวในเขตสองฝั่งลุ่มน้ำปากพนัง ในปี พ.ศ. 2540 มีการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงไปถึงเขตพื้นที่อำเภอชะอวด รวมพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำทั้งลุ่มน้ำปากพนังประมาณ 103,300 ไร่ (อรรถ สมร่าง, 2546) และจากการเปิดใช้ประตูอุทกวิทยาประสิทธิ์ เมื่อ 1 ตุลาคม 2542 ทำให้พื้นที่เหนือน้ำเป็นพื้นที่น้ำจืด ประกอบกับจังหวัดนครศรีธรรมราชกำหนดห้ามเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด ทำให้พื้นที่เลี้ยงกุ้งกลายเป็นนาทุ่งร้างจากการสำรวจของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในปี 2547 พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีบ่อทุ่งร้างเป็นพื้นที่ 32,891 ไร่ โดยทั่วไปพื้นดินบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นดินเหนียว การระบายน้ำเลว ประกอบกับเดิมเป็นเขตน้ำกร่อย จึงเป็นแหล่งรวบรวมตะกอนของน้ำทะเลรวมถึงการสะสมของอินทรีย์วัตถุ และการตกตะกอนของสารซัลเฟต และแปรสภาพไปเป็นไฟไรต์ เมื่อทำนาทุ่ง มีการกลับหน้าดินชุดดินชั้นล่างขึ้นมาข้างบนทำให้ไฟไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ในอากาศ ให้สารประกอบเหล็กและกำมะถันออกมา (สุนทร พูนพิพัฒน์ และวัฒนชัย พงศ์นาค, 2543) พื้นดินที่ใช้เลี้ยงกุ้งนั้นจะมีความเป็นกรดค่อนข้างสูงในประเภทที่เรียกว่า "Potential acid sulfate soil" ความเป็นกรดจะไม่แสดงออกมาในสภาพที่มีน้ำขังอยู่ เมื่อได้มีการระบายน้ำออกหรือน้ำแห้ง ศักยภาพของความเป็นกรดจะถูกปลดปล่อย ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าความเป็นกรดแฝง "Potential acidity"

สุนทร พูนพิพัฒน์ และวัฒนชัย พงศ์นาค (2543) ได้เก็บสุ่มตัวอย่างดิน และน้ำจากบ่อทุ่งร้างในจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าบ่อทุ่งที่ทิ้งร้างมากกว่า 5 ปี และบ่อทุ่งอายุ 3-5 ปี มีอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยเท่ากับ 527.04 และ 143.70 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนปริมาณคลอไรด์มีค่าเฉลี่ย 45.34 และ 18.67 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการสำรวจพื้นที่ พบว่าบริเวณสองฝั่ง

ของคลองหัวไทรมีพื้นที่ทำนาทุ่งนาแน่นมากที่สุด และหลังจากเปิดใช้ระตุกทวิภาชประสิทธิทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่น้ำจืด ประชาชนเลิกเลี้ยงกุ้ง และกลายเป็นนาทุ่งร้าง

พื้นที่พรุหรือป่าพรุ

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีพรุควนเคร็งอยู่ทางตอนใต้ มีเนื้อที่ประมาณ 200,000 ไร่ มีพื้นที่อยู่ในเขตอำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ พรุจัดเป็นลักษณะหนึ่งของพื้นที่ชุ่มน้ำ น้ำท่วมขังตลอดปี ดินส่วนใหญ่เป็นดินอินทรีย์ เกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์สภาพดินเปียกชื้น เนื้อดินเกาะกันหลวมๆ เมื่อเหยียบหรือกดจะมีการยุบตัวหรือจมตามน้ำหนักที่กดลงไป พืชพรรณอาจมีทั้งไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม หรือมีเพียงกกหญ้า และพืชลอยน้ำอื่นๆ ป่าพรุเป็นป่าประเภทไม่ผลัดใบ หรือป่าดงดิบที่ได้รับอิทธิพลจากพื้นดินที่มีน้ำจืดขังติดต่อกันเป็นเวลานานรับน้ำจากน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีการระบายน้ำตามธรรมชาติอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ (สำนักงานนโยบายและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) อ้างในกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2546 ดินพรุเป็นดินอินทรีย์วัตถุล้วนๆ คือดินที่เกิดในที่ลุ่มน้ำขังตลอดปีมีพืชพรรณและทับถมเป็นเวลานานนับพันปี (เทียนชัย สุวรรณเวช, 2539) ลักษณะทางกายภาพและอุทกวิทยาถือว่าเป็นดินที่มีความสามารถอุ้มน้ำสูง เมื่อแห้งจะมีความหดตัวสูง เพราะมีความหนาแน่นต่ำมีความพรุนสูง ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลปนแดงเข้ม หรือสีน้ำตาลคล้ำ เพราะเกิดจากซากพืชที่เน่าเปื่อยทับถมกัน พบธาตุอาหารของพืชน้อยและเป็นกรดจัด (เอิบ เขียววันมณ, 2534)

ดินพรุ (Organic Soils)

เพิ่มพูน กิริติกสิกร (2528) กล่าวว่า ดินที่มีชั้นดินที่เป็นอินทรีย์วัตถุล้วนๆ แต่อาจมีความหนาของชั้นมากน้อยต่างกันเกิดขึ้นบนตะกอนน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม หรือบนแอ่งทรายชายทะเลเป็นดินที่นักสำรวจดินของประเทศไทยเรียกว่า “ดินเชิงอินทรีย์” กลสิกรในแถบภาคกลางเรียกว่า “ดินสนุ่น” ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า “ดินสนม” ส่วนทางภาคเหนือเรียกว่า “ดินก๊อด” แต่ทางภาคใต้เรียกว่า “ดินพรุ” ความจริงดินพรุเป็นดินกรดจัดประเภทหนึ่งตามความหมายของภาษาท้องถิ่นทางภาคใต้ ดินพรุ คือดินที่เกิดในที่ลุ่มน้ำขังตลอดปีมีพืชพรรณขึ้นอยู่และล้มตายทับถมกันมาเป็นเวลานานนับพันปี

ดินพรุหรือดินอินทรีย์นี้ เป็นดินที่จัดอยู่ในอันดับฮีสโตโซลส์ (histosols order) ซึ่งเป็นดินอินทรีย์จำพวกดินสนุ่น (bog soils) หรือดินพีทและมัท (peat and muck soils) ตามการจำแนกระบบเก่า (เอิบ เขียววันมณ, 2534) ซึ่งการจำแนกระบบเก่านั้น ดินที่จะเรียกว่าดินอินทรีย์นั้น

จะต้องเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากกว่าร้อยละ 35 และชั้นอินทรีย์จะต้องมีความหนามากกว่า 50 เซนติเมตร อีกทั้งยังจำแนกดินอินทรีย์ออกไปอีกตามสภาพการสลายตัวของซากพืชพรรณที่ทับถมกันอยู่ คือถ้าการสลายตัวยังไม่สมบูรณ์ โดยยังมองเห็นเป็นส่วนต่างๆ ของพืชได้อย่างชัดเจน และมีเพียงส่วนน้อยที่สลายตัวหมดแล้วเรียกว่าดินพีท (peat) ถ้าหากซากพืชที่ทับถมกันได้สลายตัวกลายเป็นอินทรีย์วัตถุหมดจนไม่สามารถมองเห็นว่าเป็นส่วนใดของพืช เรียกว่าดินมก (muck) แต่ถ้าสภาพการสลายตัวของซากพืชมีทั้งที่สลายตัวสมบูรณ์กับส่วนที่ยังสลายตัวไม่สมบูรณ์ปนกันอยู่ เรียกว่าดินพีท และมก (peat and muck) (ไพบูลย์ ประพุดิธรรม, 2528)

ดินในอันดับฮิสโตโซลส์ เกิดจากการสะสมของอินทรีย์สารโดยที่กระบวนการเน่าเปื่อยผุพังเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ธาตุของอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้นช้ากว่ากระบวนการสะสมของอินทรีย์สารสภาพที่ทำให้เกิดดินในอันดับนี้ได้มากก็คือ บริเวณที่มีน้ำขังอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปิดกั้นปฏิกิริยาของออกซิเจนที่จะเกิดขึ้นกับดิน (เอิบ เขียวรีนมณ, 2534) เนื่องจากการเกิดดินไม่ถูกจำกัด โดยสภาพภูมิอากาศ หากแต่ถูกจำกัดโดยวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดคือจะต้องเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินอินทรีย์เท่านั้น (Soil Survey Staff, 1975) ดังนั้นดินในอันดับฮิสโตโซลส์จึงมีการแจกกระจายอยู่ทั่วไปในทุกเขตของโลก ถึงแม้ว่าจะพบเป็นบริเวณไม่กว้างขวางมากก็ตาม (Buol et al., 1980)

ลักษณะที่สำคัญของดินพรุ

เอิบ เขียวรีนมณ (2534) ได้บรรยายลักษณะที่สำคัญโดยทั่วไปของดินอินทรีย์ว่าเป็นดินที่เกิดจากตะกอนอินทรีย์มีองค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ในปริมาณสูง ลักษณะทางกายภาพและอุทกวิทยาถือว่าเป็นดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ทั้งในด้านน้ำหนักและปริมาตร โดยจะอยู่ในทั้งที่เป็นช่องว่างขนาดใหญ่ และช่องว่างขนาดเล็กที่พืชจะนำไปใช้ได้ยาก เมื่อแห้งจะมีการหดตัวสูง เพราะมีความหนาแน่นต่ำ มีความพรุนสูง ดินอินทรีย์ในเขตร้อนจะมีการสลายตัวของสารตั้งแต่ผิวหน้าลึกลงไป 10-30 เซนติเมตร ได้ดีกว่าชั้นที่ลึกกว่าลงไป เนื่องจากอิทธิพลของออกซิเจนและจุลินทรีย์มีการย่อยสลายอินทรีย์สารได้ดีกว่า จึงทำให้ดินบนมีเนื้อละเอียดกว่าดินชั้นล่าง และมีความหนาแน่นรวมสูงกว่ากับมีความพรุนน้อยกว่าดินชั้นล่างอีกด้วย สำหรับสีของดินส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลปนแดงเข้ม หรือสีน้ำตาลคล้ำ เพราะเกิดจากซากพืชที่เน่าเปื่อยทับถมกัน

สำหรับสมบัติทางเคมีของดินอินทรีย์นั้น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเกิดจากกลุ่มคาร์บอกซิล กลุ่มฟีนอลิค และกลุ่มจากสารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ โดยกลุ่มเหล่านี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อสารอินทรีย์มีการสลายตัวเพิ่มขึ้น เพราะบางครั้งพบว่าดินมีความสามารถในการ

แลกเปลี่ยนประจุบวกถึง 200 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อดิน 100 กรัม หรือมากกว่านั้น ซึ่งประจุเหล่านี้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-เบส ดินอินทรีย์ที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 10-20 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อดิน 100 กรัม เมื่อวัดค่าความเป็นกรด-เบสได้ 3.7

การเกิดดินพรุ

การเกิดดินพรุในประเทศไทยเท่าที่พบในพื้นที่ดินพรุชายทะเลนั้นมีกระบวนการเช่นเดียวกันกับในหลายแหล่งในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คือ มีการทับถมของชั้นอินทรีย์วัตถุในที่ลุ่มน้ำขังหลังสัณทราย และบริเวณที่ชั้นและชายฝั่งทะเล ซึ่งส่วนที่อยู่ใต้ชั้นดินอินทรีย์เป็นตะกอนภาคพื้นสมุทร อาจเกี่ยวข้องกับทั้งระบบน้ำเค็มและน้ำจืด

พรุน้ำจืดมักพบว่าเป็นแอ่งน้ำ ร่องลึก ที่ลุ่มต่ำ ที่ชั้นและ หรือมีลักษณะเป็นแบบทะเลสาบน้ำจืด ส่วนพรุน้ำเค็มพบในบริเวณที่เป็นที่ลุ่มน้ำทะเลขึ้นถึง ซึ่งเป็นป่าโกงกางที่ลุ่ม ชั้นและ แอ่งน้ำชายฝั่ง อ่าว และปากแม่น้ำตื้นๆ อันรวมไปถึงทะเลสาบน้ำเค็มด้วย (กองปฐพีและธรณีวิทยา, 2520) แต่ลักษณะโดยทั่วไปของดินฮิสโตโซลในประเทศไทยเป็นดินที่มีอัตราการเกิดค่อนข้างช้าและเป็นชั้นสะสมที่มีความหนาไม่มากเหมือนแหล่งอื่นในแถบเดียวกัน (เอิบ เขียวรีนรมณ์, 2534)

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินพรุ

เอิบ เขียวรีนรมณ์ (2534) กล่าวว่าสมบัติทางกายภาพที่เห็นได้ชัดของดินพรุก็คือ เป็นดินที่มีการยึดตัวเร็ว มีความหนาแน่นรวมต่ำ มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำในดินประเภทนี้พืชนำไปใช้ได้น้อย เมื่อดินแห้งจะยุบตัวได้มาก

สมบัติทางเคมีที่เป็นลักษณะเด่นของดินพรุนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรีย์สารและลักษณะของชั้นดินแร่ธาตุที่อยู่ภายในชั้นควบคุมของดิน เมื่ออินทรีย์สารสลายตัวจะเปลี่ยนเป็นสารฮิวมัส และมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้นในชั้นดินอินทรีย์ มีกลุ่มอนุมูลต่างๆ ของสารประกอบอินทรีย์ และสารคอลลอยด์ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และสภาพความเป็นกรดและด่างของดินอยู่เป็นอันมาก แต่โดยทั่วไปดินที่พบจะมีธาตุอาหารพืชอยู่ในปริมาณน้อยและเป็นกรดจัด (เอิบ เขียวรีนรมณ์, 2534)

ดินพรุส่วนใหญ่ที่พบในประเทศไทย ทั้งในภาคใต้และบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ จะเกิดขึ้นอยู่บนตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพขาดออกซิเจน จึงทำให้เกิดสภาพรีดักชันขึ้นในดิน ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดมีเทน (CH_4) (Takai, 1970) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และแร่ไพไรต์ (FeS_2)

ขึ้นมา และเมื่อระดับน้ำที่ผิวหน้าดินลดลง หรือตะกอนอินทรีย์มีการยุบตัวลงมาก ก๊าซออกซิเจนจากอากาศก็สามารถถ่ายเทเข้าสู่ตะกอนอินทรีย์เหล่านี้ได้ง่าย จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น ทำให้สารประกอบกำมะถันถูกออกซิไดซ์กลายเป็นกรดซัลฟิวริก และแร่จาโรไซต์ ในลักษณะเดียวกันกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในดินกรดซัลเฟต

การเกิดดินกรด

คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2548) กล่าวว่า ดินกรดเกิดจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดคาร์บอนิกกับเบสิกแคตไอออน (basic cation) แลกเปลี่ยนได้ในกระบวนการพัฒนาของดิน เดิมทีเมื่อดินกำเนิดขึ้นมาในระยะแรกๆ จากการผุพังอยู่กับที่ (weathering) ของหินและแร่ต่างๆ นั้น ดินจะมีแคตไอออนต่างๆ ที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง หรือที่เรียกว่า เบสิกแคตไอออน อาทิเช่น Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ และ Na^+ คูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวเป็นจำนวนมาก และในขณะนั้นดินจะไม่มีปฏิกิริยาเป็นกรด ต่อมาเมื่อมีการชะละลายโดยน้ำฝนที่ตกลงมาและไหลซึมผ่านดินเกิดขึ้นติดต่อกันเป็นเวลานานเข้าเบสิกแคตไอออนต่างๆ จะถูกพัดให้สูญหายไป ทั้งนี้เพราะเมื่อน้ำฝนไหลซึมผ่านดินอยู่นั้นจะละลายเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งมีอยู่เป็นปริมาณมากในดินเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งจะแตกตัวได้ง่ายให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทำให้น้ำที่ไหลซึมผ่านดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด และขณะที่มันไหลซึมผ่านดินลงไปในนั้น ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำก็จะคูดซับอยู่ที่ผิวของดินเหนียวแทน เมื่อกระบวนการนี้ดำเนินไปนานเข้า จนในที่สุดเมื่อพื้นผิวของอนุภาคดินมีไฮโดรเจนมากขึ้น และมีปริมาณสูงกว่าเบสิกแคตไอออนก็ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด

คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2548) ยังกล่าวว่า หากดินมีอินทรีย์สารทับถมอยู่มาก เมื่ออินทรีย์สารนี้เน่าเปื่อยลง จะมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้นด้วย กรดเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นในดินก็จะมีผลทำให้ดินเป็นกรด เพราะไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดเหล่านี้จะเข้าไปไล่ที่พวกแคตไอออนที่เป็นด่าง ซึ่งในที่สุดก็จะถูกชะละลายสูญหายไป จึงทำให้ดินที่ตกค้างอยู่กลายเป็นกรดไปทีละน้อย นอกจากนี้ยังเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมอย่างไม่ถูกต้อง เป็นเหตุให้มีการสะสมแอมโมเนียมในดิน กระบวนการไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมก่อให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในดิน ส่วนในย่านอุตสาหกรรมหรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงซึ่งมีกำมะถันสูงเป็นเหตุให้เกิดฝนกรด (acid rain) ตกลงบนพื้นที่ และเพิ่มกรดในดินทีละน้อยแต่ต่อเนื่องยาวนาน และการเกิดดินกรดจัด หรือดินเปรี้ยวจัด หรือดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soil)

ยังเกิดจากการออกซิเดชันของไพไรต์ (FeS_2) ดังนั้นการที่เกิดดินกรดซึ่งมีลักษณะดังกล่าวได้จะต้องมีการสะสมไพไรต์ ซึ่งมักพบในดินที่เกิดจากตะกอนน้ำทะเล หรือตะกอนน้ำกร่อย

ดินกรดซัลเฟต

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา (2546) กล่าวว่า ดินกรดซัลเฟต บางครั้งเรียกว่าดินกรดจัด หรือดินเปรี้ยวจัด กลไกการเกิดค่อนข้างสลับซับซ้อน ต้องใช้เวลาที่ยาวนานมาก อาจเป็นร้อย หรือ พันปีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดินประเภทนี้มีปัญหามากกว่าดินกรดธรรมดา เพราะเป็นดิน อยู่ในที่ลุ่ม ซึ่งใช้ทำนาปลูกข้าว โดยทั่วไปดินกรดซัลเฟตเกิดขึ้นในบริเวณที่ราบลุ่มที่มีน้ำทะเลท่วม ถึงซึ่งอยู่ในเขตอบอุ่นและในเขตร้อน (Sparks, 1995) มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินต่ำกว่า 4.0 อยู่ภายในความลึก 50 เซนติเมตรสาเหตุเกิดขึ้นมาโดยตรงหรือโดยทางอ้อมจากกรดกำมะถันที่ก่อตัว ขึ้นมาด้วยการออกซิเดชันของแร่ไพไรต์ (FeS_2) (Van Breemen, 1976) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ระยะเวลาการรีดักชัน และระยะออกซิเดชัน

ขั้นตอนในระยะการรีดักชันของซัลเฟต และเฟอร์ริกทำให้เกิดการสะสมของไพไรต์ (FeS_2) ซึ่งจะต้องมีสภาพที่เหมาะสม คือดินจะต้องมีสภาพน้ำขังเป็นเวลายาวนาน และมีกระบวนการ รีดักชันในชั้นรุนแรง โดยมีระดับศักย์ไฟฟ้า ประมาณ -0.40 โวลต์ (ที่ค่าความเป็นกรด-เบสใกล้เคียง กลาง) มีอินทรีย์วัตถุในดินปริมาณสูงเพื่อเป็นแหล่งพลังงานของแบคทีเรียที่รีดิวซ์ซัลเฟต เช่น พวก *Desulfovibrio spp.* ซึ่งจะรีดิวซ์ซัลเฟตให้กลายเป็นซัลไฟด์ และในดินจะต้องมีปริมาณเหล็ก และซัลเฟตเพียงพอสำหรับกระบวนการรีดักชัน โดยปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายจะเกิดการตกตะกอน ระหว่างเหล็กและซัลไฟด์ในรูปของสารประกอบไพไรต์ ส่วนประกอบเหล็กซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นใหม่ๆ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปเหล็กซัลไฟด์ (FeS) และ จะทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ (S) เกิดแร่ไพไรต์ (FeS_2)

ระยะออกซิเดชัน เมื่อมีการระบายน้ำออกจากดินซึ่งมีการสะสมของไพไรต์ ทำให้การ ถ่ายเทอากาศดีขึ้น กระบวนการรีดักชันจะหยุดลงและเกิดออกซิเดชันขึ้นแทนที่ ทำให้ไพไรต์ถูก ออกซิไดซ์และปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมา ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินลดลง หากค่า ความเป็นกรด-เบสยังสูงกรณีมีแคลเซียมและคาร์บอนเนตอยู่มาก การออกซิเดชันทำให้เกิดยิบซัม เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสน้อยกว่า 4 ทำให้เฟอร์ริกในดินละลายได้ดีขึ้น ทำให้เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นช่วย ให้การออกซิเดชันของไพไรต์เป็นไปอย่างรวดเร็วดังปฏิกิริยา ดังสมการ 2.6



การออกซิเดชันไฟไรต์ 1 โมลจะปลดปล่อยไฮโดรเจน (H^+) ออกมา 16 โมล ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินลดลงต่ำมาก และในสภาพดินเป็นกรดจัดค่าความเป็นกรด-เบสน้อยกว่า

3.7 การออกซิเดชันของไฟไรต์จะทำให้เกิดสารประกอบจาโรไซต์ แล้วปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมา

การขังน้ำดินกรดซัลเฟต

ดินที่มีน้ำขังออกซิเจนจะถูกใช้หมดไปใน 1-2 วัน จุลินทรีย์ดินจะใช้สารตัวอื่นรับอิเล็กตรอนแทน และดินจะเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างมาอยู่ที่ค่าความเป็นกรด-เบสประมาณ 7.0 ภายในระยะเวลา 1-2 เดือนหลังจากมีน้ำขัง (ไพบูลย์ วิวัฒนวงศ์วนา, 2546) จากการศึกษาของ Van Breemen and Harmsen (1975) นำดินกรดซัลเฟตมาขังน้ำ เป็นเวลา 8 เดือน พบว่าค่าความเป็นกรด-เบสแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เพิ่มจาก 4.4 เป็น 5.0 เท่านั้น เนื่องจากค่าความเป็นกรด-เบสของดินก่อนน้ำขังค่อนข้างต่ำ ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการทำงานของจุลินทรีย์ การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุช้ามาก มีการปลดปล่อยอิเล็กตรอนน้อยทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นน้อยด้วย (ไพบูลย์ วิวัฒนวงศ์วนา, 2546)

การปรับปรุงแก้ไขดินกรดซัลเฟต

เทียนชัย สุวรรณเวช (2539) กล่าวว่า ในพื้นที่ซึ่งเป็นดินกรดซัลเฟตหรือดินกรดจัด ถ้าหากจะใช้ประโยชน์พื้นที่สำหรับการเพาะปลูกแล้ว ย่อมจะต้องเกิดปัญหาอย่างแน่นอน ดังนั้นพื้นที่ซึ่งเป็นดินกรดจัดในเอเชียตอนใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มักจะถูกทิ้งให้ว่างเปล่าโดยไม่มี การปลูกข้าว เนื่องจากปัญหาของความเป็นกรดอย่างรุนแรง ซึ่งถ้าดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและมีการจัดการให้เหมาะสมตามสภาพแล้ว ก็จะสามารถใช้เป็นแหล่งปลูกข้าวได้ดีพอสมควร วิธีการปรับปรุงแก้ไขดินกรดซัลเฟตเพื่อการเกษตรมีอยู่หลายวิธี ซึ่งอาจจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายๆ วิธีร่วมกัน ได้อธิบายวิธีการปรับปรุงแก้ไขดินประเภทนี้ คือ

1. การชะล้างดินและการระบายน้ำ ดินกรดจัดหรือดินกรดซัลเฟตก็จะมีเกลือหรือไอออนต่างๆ ละลายอยู่ โดยเฉพาะอะลูมิเนียมในปริมาณที่สูงจนอาจเป็นอันตรายต่อพืช การชะล้างสารเหล่านั้นออกไปจากดิน นับเป็นการกำจัดเกลือหรือไอออนที่ละลายน้ำได้ออกไปโดยตรง แต่ถ้ามีสารดังกล่าวโดยเฉพาะอะลูมิเนียมและเหล็กที่ละลายน้ำออกมาในปริมาณต่ำแล้ว การชะล้างดินก็ไม่ก่อให้เกิดผลดีไปจากเดิม

2. การขังน้ำ การขังน้ำไว้ในดินจะทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินกรดสูงขึ้น ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและเหล็กก็จะบรรเทาลง มีรายงานการทดลองว่า การขังน้ำไว้กับดินก่อนปลูกข้าว 5-6 สัปดาห์ จะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นได้

3. การใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเป็นวิธีปรับปรุงดินกรดจัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด การใส่ปุ๋ยในดินกรดทั่วไปจะทำให้ผลผลิตพืชสูงขึ้น ได้มีการทดลองศึกษาการใส่ปุ๋ยในชุดดินรังสิตกรดจัดพบว่า น้ำหนักแห้งของต้นข้าวในตำรับที่ใส่ปุ๋ยจะสูงกว่าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ไม่ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยในระดับใดๆ โดยเฉลี่ยแล้วปุ๋ยจะทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวสูงขึ้นร้อยละ 35-44 นอกจากนี้ ต้นข้าวยังดึงดูดธาตุอาหารต่างๆ เข้าไปในลำต้นได้มากขึ้นโดยเฉพาะธาตุ P K Ca และ Mg ในขณะเดียวกัน ปริมาณธาตุ Al Fe S และ Na ที่ดึงดูดเข้าไปกลับลดลง

4. การใส่แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) เนื่องจากระบบแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) เป็นระบบที่มีค่ารีดอกซ์สูง ดังนั้นแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ก็จะต้องลดค่ารีดอกซ์ของดิน หนึ่งปัญหาอะลูมิเนียมและเหล็กที่ละลายออกมาจนเป็นพิษต่อพืชในดินกรดจัดนั้น ก็สามารถแก้ไขได้โดยการใส่แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ได้เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ย แต่สำหรับดินกรดจัดในประเทศไทย ปริมาณของอะลูมิเนียมหรือเหล็กในดินยังไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อพืช

5. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ดินกรดจัดบางแห่งมีปัญหาการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ถ้าใส่ธาตุเหล่านี้ลงไปให้เพียงพอผลผลิตพืชก็จะเพิ่มขึ้น สำหรับธาตุฟอสฟอรัสนั้นใช้หินฟอสเฟตจะให้ผลดี แต่ในดินจำพวกเดียวกันนี้การใส่ปุ๋ยในระดับสูงก็จะทำให้ผลผลิตของข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในระดับหรืออัตราที่ต่ำกว่า

6. การใช้พันธุ์พืชที่ต้านทาน การใช้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานความเป็นพิษของเหล็กในดินกรดจัดเฟตนั้น สามารถลดค่าใช้จ่ายสำหรับการปรับปรุงดินกรดจัดฟตลงมาก Ponnampereuma and Solivas (1981) รายงานว่าถ้าความเป็นพิษของเหล็กอยู่ในระดับรุนแรง พันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานจะให้ผลผลิต 480 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ถ้าความเป็นพิษของเหล็กไม่รุนแรงแล้ว จะให้ผลผลิตได้สูงกว่า 960 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งในสภาพดินเช่นนี้แล้วอาจจะไม่มีความจำเป็นต้องใช้ปูนก็ได้

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชัน

เพิ่มพูน กิริติกสิกร (2528) กล่าวว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นเมื่อธาตุหรือไอออน (อาจอยู่ในรูปของสารประกอบหรือโมเลกุล) มีการปลดปล่อยอิเล็กตรอน แล้วทำให้ธาตุหรือ

ไอออนนั้นมีประจุลบลดลงหรือมีประจุบวกเพิ่มขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีสถานะออกซิเดชัน (oxidation state) หรือเลขออกซิเดชัน (oxidation number) เพิ่มขึ้น

ปฏิกิริยารีดักชัน เกิดขึ้นเมื่อธาตุหรือไอออน (อาจอยู่ในรูปของสารประกอบหรือโมเลกุล) มีการรับอิเล็กตรอน แล้วทำให้ธาตุหรือไอออนนั้นมีประจุลบเพิ่มขึ้น (ประจุบวกลดลง) หรือมีเลขออกซิเดชันลดลง

การออกซิเดชันและรีดักชันในดิน

การออกซิเดชันของดิน (soil oxidation) การออกซิเดชันที่สำคัญในดินซึ่งทำให้มีการปลดปล่อยอิเล็กตรอน เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ดินจะออกซิไดส์คาร์บอนซึ่งอยู่ในรูปอินทรีย์วัตถุเพื่อเป็นพลังงานในการเจริญเติบโต และในระหว่างกระบวนการจะมีการถ่ายทอดหรือปลดปล่อยอิเล็กตรอนและโปรตอน จากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่ง

การรีดักชันของดิน (soil reduction) การสลายตัวหรือการออกซิเดชันของอินทรีย์วัตถุในดิน จะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องต้องมีตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดี จุลินทรีย์ดินจะใช้ก๊าซออกซิเจน (O_2) ซึ่งศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน ($E^\circ = 1.229$ โวลต์) สูงสุดในสารละลายดินเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

อย่างไรก็ตามเมื่อดินถูกน้ำท่วมซึ่งก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็วภายใน 1-2 วัน และจากการศึกษาพบว่า การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุยังคงสามารถเกิดต่อเนื่องไปได้ และจะเป็นไปในอัตราที่ช้าลงมาก โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องใช้ก๊าซออกซิเจน จุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้สารประกอบในดินที่มีศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานต่ำลงมาเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงษ์นา, 2546)

ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และค่าความเป็นกรด-เบส

ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์หรือครึ่งเซลล์ (ครึ่งปฏิกิริยา) อยู่ในสภาวะที่กัมมันตภาพ หรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) = 1 โมลต่อลิตร ($mol\ L^{-1}$) แต่ถ้าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารละลายดินซึ่งไม่เท่ากับหนึ่ง ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา (E) และค่าความเป็นกรด-เบสมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสสูงขึ้นศักย์ไฟฟ้าของ

ครึ่งปฏิกิริยา (E) จะมีค่าลดลงหรือในทางตรงกันข้ามเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสลดลงค่าของ ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา (E) ก็จะสูงขึ้น จะทำให้ค่า E เพิ่มขึ้น (ลดลง) 0.059 โวลต์ต่อหนึ่ง หน่วย ค่าความเป็นกรด-เบสที่ลดลง (เพิ่มขึ้น) ในทำนองเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-เบสมีอิทธิพล ต่อทั้งศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา (E) ของเซลล์ด้วย

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว ในการวัดหรือบอกค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา (E) ของ ปฏิกิริยาใดๆ จึงจำเป็นต้องระบุค่าความเป็นกรด-เบสในสารละลายนั้นๆ ด้วย หรือมิเช่นนั้นก็ต้อง ปรับค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา (E) ของปฏิกิริยาต่างๆ ให้อยู่ในระดับค่าความเป็นกรด-เบส เดียวกันเสียก่อน เพื่อจะได้นำมาศึกษาเปรียบเทียบความรุนแรงของปฏิกิริยารีดักชันกันได้ ที่นิยม กันทางเคมีดินคือมักปรับค่า E ให้อยู่ที่ระดับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6-7 ทั้งนี้เนื่องจากดินใน สภาพน้ำซึ่งปลูกข้าวมักจะคงระดับค่าความเป็นกรด-เบสใกล้เคียงเป็นกลาง (ไพบูลย์ วิวัฒนวงศ์นา, 2546)

ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือค่าความเป็นกรด-เบส นอกจากจะมีอิทธิพล ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันโดยตรงแล้ว ยังมีอิทธิพลสำคัญต่อการแตกตัวหรือการละลาย ของสารประกอบต่างๆ เช่น $Al(OH)_3$ และ $Fe(OH)_3$ ดังนั้นปริมาณหรือความเข้มข้นของสารในรูป ของออกซิไดซ์ (oxidized) หรือรีดิวซ์ (reduced) จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเป็นกรด-เบส ซึ่ง มีอิทธิพลต่อศักย์ไฟฟ้าด้วย

ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ของดิน (Eh) และวิธีการวัด Soil Redox Potential (Eh) and Measurements

ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ของดิน (soil redox potential, Eh) เนื่องจากออกซิเดชันและรีดักชัน ต่างก็เป็นครึ่งปฏิกิริยาซึ่งไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้โดยตามลำพัง ทั้งคู่จะต้องเกิดควบคู่กันไป ตามปกติ การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สำคัญในดิน ที่ทำให้เกิดการปล่อยอิเล็กตรอน ส่วนก๊าซออกซิเจน (ถ้ามี) และสารประกอบต่างๆ ในดินจะทำหน้าที่ เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (เกิดปฏิกิริยารีดักชัน) ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันที่เกิดควบคู่กันไ้้นี้มัก เรียกรวมกันว่าเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction) และศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้เรียกว่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (redox potential) โดยในทางปฐพีศาสตร์มักใช้สัญลักษณ์ย่อว่า Eh ทั้งนี้สาเหตุสำคัญเนื่องจาก ปฏิกิริยารีดักชันในดินมักมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้ามาเกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์กับค่าความ เป็นกรด-เบส ดังนั้นจึงใช้ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ของดิน (Eh) (แทนที่จะใช้ E เพียงตัวเดียว) แทนศักย์ไฟฟ้า ดังกล่าวเพื่อให้คล้องจองกับค่าความเป็นกรด-เบส

การวัดศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (Eh Measurements) การวัดศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (Eh) ของดิน หรือสารละลายดินเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกรวดเร็วเช่นเดียวกับการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ในกรณีของค่าความเป็นกรด-เบสจะใช้ขั้วไฟฟ้าแก้ว (glass electrode) วัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลาย ส่วนในกรณีของการวัดศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (Eh) โดยทั่วไปจะใช้ขั้วไฟฟ้า (electrode) ที่ว่องไวต่อการรับส่งอิเล็กตรอน แต่เฉื่อย (inert) ต่อปฏิกิริยาเคมีที่ใช้กันมาก คือขั้วไฟฟ้าแพลทินัม (Pt-electrode) เมื่อนำขั้วไฟฟ้างดกลวซึ่งถือว่าเป็นหนึ่ง half-cell จุ่มลงในสารละลายแล้วทำให้ครบวงจรโดยต่อกับขั้วไฟฟ้าดกลวซึ่งถือว่าเป็นหนึ่ง half-cell จุ่มลงในสารละลายแล้วทำให้ครบวงจร โดยต่อกับขั้วไฟฟ้าอีกอันหนึ่ง (อีก half-cell หนึ่ง) ที่รู้ศักย์ไฟฟ้าที่แน่นอน ขั้วไฟฟ้าอันหลังนี้จะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) ถ้าสารละลายที่วัดอยู่ในระบบรีดิวซิง (reducing system) ขั้วไฟฟ้าแพลทินัม (Pt-electrode) จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนให้กับสารละลาย เมื่อนำขั้วไฟฟ้า (electrode) ทั้งสองต่อกับเครื่องวัดความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า (potentiometer) (ไพบูลย์ วิวัฒนวงศ์วนา, 2546)

ครึ่งปฏิกิริยา และศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ (Half-Reaction and Half-Cell Potential)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันซึ่งเขียนแยกกัน แต่ละปฏิกิริยาเป็นเพียงปฏิกิริยาของครึ่งเซลล์ (half-cell reaction) หรือเรียกย่อว่าเป็นครึ่งปฏิกิริยา (half-reaction) ซึ่งไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้ตามลำพัง ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันจะต้องเกิดควบคู่กันไป กล่าวคือเมื่อมีผู้ปลดปล่อยหรือให้อิเล็กตรอน (electron donor) จะต้องมีผู้รับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ควบคู่กันไปด้วย

แนวโน้มที่ครึ่งปฏิกิริยาหรือครึ่งเซลล์ใดจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้หรือรับอิเล็กตรอน ขึ้นกับศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ (half-cell potential) หรือที่เรียกกันว่าศักย์ของขั้วไฟฟ้า (electrode potential) ซึ่งไม่สามารถหาได้โดยตรง แต่หาได้โดยการเปรียบกับขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน (standard hydrogen electrodes, SHE) โดยที่สภาวะมาตรฐานคือความดันของก๊าซไฮโดรเจนเท่ากับ 1 บรรยากาศกัมมันตภาพ (activity) ของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลายเท่ากับ 1 (mol L^{-1}) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน (standard reduction potential, E°) ของครึ่งเซลล์ใด หมายถึงศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์นั้นเมื่อเขียนปฏิกิริยาในรูปของรีดักชัน ที่สภาวะอุณหภูมิและความเข้มข้นมาตรฐานคือ 25 องศาเซลเซียส และกัมมันตภาพของไอออนที่เกี่ยวข้องใน

สารละลายเท่ากับ 1 (mol L^{-1}) สำหรับก๊าซให้มีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ (ที่ 25 องศาเซลเซียส) ส่วนของแข็งใช้รูปที่เสถียรที่สุด (25 องศาเซลเซียส) (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

น้ำในดิน

หน้าดินในสนามเปรียบเสมือนภาชนะบรรจุน้ำซึ่งมีน้ำไหลเข้าและไหลออกอยู่เสมอ ฝนซึ่งตกในบริเวณนั้น การชลประทาน น้ำไหลบ่าจากบริเวณอื่น และการควบแน่นเป็นน้ำค้างบนผิวดินจะเติมน้ำให้แก่หน้าตัดดินเป็นระยะๆ น้ำที่ไหลเข้าไปนี้มิได้หยุดนิ่งอยู่ในดินแต่อย่างใด แต่จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ออกจากดินอยู่เสมอ เช่น ไอน้ำระเหยออกจากดินสู่บรรยากาศซึ่งอาจเป็นการระเหยออกจากผิวน้ำโดยตรง (evaporation) หรือระเหยผ่านต้นพืช ซึ่งเรียกว่าการคายน้ำ (transpiration) ในสภาวะน้ำเหลว น้ำในหน้าตัดดินอาจเคลื่อนที่ลึกลงไปในดินล่างซึ่งแห้งกว่า (percolation) หรืออาจซึมลึกเลยลงไปถึงชั้นน้ำใต้ดิน (drainage) ซึ่งจะไหลระบายสู่ทางน้ำธรรมชาติในที่สุด อีกด้านหนึ่งน้ำเหลวในดินอาจไหลผ่านดินไปยังบริเวณรอบรากพืชซึ่งแห้งกว่า และถูกพืชดูดไปใช้ ซึ่งในที่สุดจะถูกคายออกสู่บรรยากาศในสถานะไอน้ำ (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

พืชจะใช้น้ำจากดินได้สะดวกต่อเมื่อน้ำในดินไหลเข้าสู่รากพืชได้ในอัตราที่ติดเทียมกับอัตราการคายน้ำ ความเร็วการไหลของน้ำผ่านดินขึ้นกับแรงขับเคลื่อนน้ำ (friving force) และสภาพนำน้ำ (hydraulic conductivity) ของดิน โดยทั่วไปในดินที่ขึ้นน้ำจะไหลไปสู่รากพืชได้เร็วกว่าในดินที่แห้ง พืชต้นหนึ่งจะใช้น้ำจำนวนมากในการเจริญเติบโต ประมาณกันว่าพืชจะใช้น้ำนับเป็นร้อยกิโลกรัมต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งเพียง 1 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามอัตราการเติบโตของพืชผันแปรโดยตรงกับปริมาณน้ำที่พืชดูดใช้ในช่วงเวลานั้น หากพืชดูดน้ำจากดินและคายน้ำมาก พืชจะเติบโตได้ดี หากในดินขาดแคลนน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พืชจะใช้น้ำได้น้อยจึงเกิดสภาวะขาดน้ำขึ้นในพืช และเป็นสาเหตุให้การเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชลดลง (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

การกักเก็บน้ำของดิน

พืชทั่วไปสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้เล็กน้อยในส่วนต่าง ๆ ของต้น แต่น้ำจำนวนนี้สามารถใช้ในกระบวนการคายน้ำได้เพียงไม่กี่ชั่วโมงถึงไม่กี่วัน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืช สำหรับพืชทะเลทรายตะบองเพชรอาจเก็บน้ำไว้ใช้ได้ยาวนานนับเดือน แต่พืชในเขตชุ่มชื้นปานกลาง ถ้ารากไม่สะดวกดูดน้ำจากดินได้เลยพืชจะตายภายในเวลาเพียงไม่กี่วัน ดังนั้นการที่พืชรอดชีวิตอยู่ได้ในช่วงฝนทิ้งหรือเว้นช่วงชลประทาน ก็เพราะดินเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้จำนวนหนึ่ง (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

สาเหตุที่ทำให้ดินเกิดการขาดอากาศ

ตามปกติออกซิเจนที่มีในชั้นหน้าตัดดินจะมีอยู่สองรูป รูปแรกอยู่ในสถานะก๊าซ และอีกรูปหนึ่งจะละลายอยู่ในสารละลายดิน ในสภาพทางฟิสิกส์ที่ชักนำให้เกิดสภาพการถ่ายเทอากาศไม่ดีอาจเกิดได้จากการที่ดินมีความแน่นทึบ เช่นผลจากการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่มีน้ำหนักมากในแปลงปลูกพืชในขณะที่ดินมีสภาพเหมาะสมต่อการอัดตัวแน่น การที่ดินอัดตัวจะทำให้เม็ดดินภายในหน้าตัดดินแตกแยกและมีขนาดเล็กลง ผลทำให้ช่องระหว่างเม็ดดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่จะลดจำนวนของช่องขนาดใหญ่ และลดความต่อเนื่องของช่องขนาดใหญ่ลง เส้นทางการเคลื่อนที่ของอากาศจากบรรยากาศลงสู่ชั้นหน้าตัดดินมีความจำกัดลง

สภาพทางฟิสิกส์ที่สำคัญอีกประการคือการเกิดน้ำท่วมขัง การเกิดน้ำท่วมขังเกิดได้สองกรณี คือ กรณีแรกเกิดจากการยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน สาเหตุใหญ่เกิดจากการที่น้ำใต้ดินในที่ดอนไหลเพิ่มเติมให้แก่ น้ำใต้ดินในที่ลุ่ม ผลทำให้น้ำใต้ดินในที่ลุ่มยกตัวขึ้นจนท่วมระดับผิวดินในที่สุด กรณีน้ำท่วมขังเช่น จะมีการไล่ที่อากาศโดยน้ำใต้ดินที่ละเอียดละน้อย ทำให้ช่องในชั้นหน้าตัดดินไม่มีอากาศเลยหรือมีน้อยมาก

กรณีที่สองเกิดจากน้ำท่วมฉับพลันหรือการไหลบ่าของน้ำป่า น้ำปริมาณมากจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำกว่าทางผิวดิน ผิวดินไม่สามารถที่จะดูดซึมน้ำปริมาณนั้นได้ในอัตราที่เร็วพอ จึงเกิดน้ำท่วมบนผิวดินขึ้นอย่างฉับพลัน กรณีนี้ช่องในระดับผิวดินจะถูกบรรจุด้วยน้ำ แต่ภายในชั้นหน้าตัดดินที่ลึกลงไปอาจยังคงมีช่องอากาศอยู่ อย่างไรก็ตามช่องทางการถ่ายเทอากาศถูกตัดขาดออกซิเจนที่มีอยู่ทั้งในสถานะก๊าซในช่องอากาศ และในสารละลายดินจะถูกใช้ให้หมดไปในเวลาอันรวดเร็ว (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

การขาดออกซิเจนอาจเกิดได้ในสภาพเฉพาะแหล่ง กล่าวคือที่ดินเฉพาะแหล่งมีสารอินทรีย์ในระดับที่สูงมากและอุณหภูมิดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสม จะทำให้จุลินทรีย์ดินมีการหายใจแบบใช้ออกซิเจน จนบางครั้งอัตราการเคลื่อนที่ของออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการในการหายใจ จึงทำให้เกิดสภาพขาดอากาศได้ชั่วคราวชั่วคราวเท่านั้น เมื่อการเคลื่อนย้ายของออกซิเจนมีเพียงพอในเวลาต่อมา สภาพการขาดอากาศจะหมดไปและคืนสู่สภาพปกติ (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

จุลินทรีย์ดิน

สิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการทำให้เกิดกระบวนการ หรือกิจกรรมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด ได้แก่ จุลินทรีย์ดิน ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก โดยพวกที่ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหารเป็นพวกที่มีปริมาณมากที่สุดในดิน และมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ส่วนพวกที่ใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นแหล่งอาหารเพื่อสังเคราะห์สารอินทรีย์มาสร้างเป็นองค์ประกอบของเซลล์ส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารและจะได้พลังงานจากแสงหรือจากการออกซิเดชัน (oxidation) มาใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในดิน

การเจริญเติบโตและเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสองประการคือ ปัจจัยด้านปริมาณและด้านความเป็นประโยชน์ของอาหารกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ ปกติปัจจัยด้านอาหารมักเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด เนื่องจากจุลินทรีย์พวกที่พัฒนาการเจริญเติบโตขึ้นมาในสภาพแวดล้อมของดินแต่ละแห่งมักเป็นพวกที่ถูกเลือกสรรโดยธรรมชาติแล้วว่าสามารถปรับตัวให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในดินรวมทั้งสามารถปรับตัวตามสภาวะของดินที่เปลี่ยนแปลงไปได้เป็นอย่างดี ดังนั้นปริมาณและกิจกรรมส่วนใหญ่ของจุลินทรีย์ดินจึงถูกกำหนดโดยปัจจัยด้านอาหารเป็นหลัก สภาพแวดล้อม เช่น การระบายอากาศ ความชื้น หรือค่าความเป็นกรด-เบสของดินมักเป็นปัจจัยสำคัญรองลงมา

ดินที่ใช้ในการเกษตรโดยทั่วไปมักอยู่ในสภาพที่ขาดแคลนอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินทรีย์วัตถุที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในดิน แม้จะมีการใส่สารอินทรีย์ลงไปเป็นครั้งคราวก่อนปลูกหรือหลังฤดูเก็บเกี่ยว แต่สารอาหารเหล่านั้นจะถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว ปริมาณจุลินทรีย์ดินจะเพิ่มปริมาณสูงในช่วงที่ใส่ แล้วจะตายและลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วตามปริมาณอาหารที่หมดไป จนในที่สุดจุลินทรีย์จะคงจำนวนอยู่ในระดับต่ำและปรับตัวให้สอดคล้องกับภาวะขาดแคลนอาหารในดิน จุลินทรีย์บางส่วนก็จะพักตัว บางส่วนก็ปรับลดอัตราการเมแทบอลิซึมของเซลล์ให้อยู่ในระดับต่ำเพื่อให้สมดุลอยู่กับปริมาณอาหารที่เหลือน้อยและย่อยสลายยาก รูปแบบการดำรงชีพอยู่ในสภาวะขาดแคลนอาหาร ค่าความเป็นกรด-เบสเป็นรูปแบบการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดินที่แตกต่างไปจากการอยู่ในดินบริเวณใกล้รากพืชซึ่งได้รับสารอาหารที่ถูกปล่อยจากรากพืชตลอดเวลา

กิจกรรมและปริมาณจุลินทรีย์ในบริเวณรากจึงสูงอย่างต่อเนื่อง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมากกว่า (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดิน

คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2548) กล่าวว่า จากรูปแบบการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในดินดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของอาหารและสภาพแวดล้อมต่อจำนวนประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน อาหาร (food) อาหารในที่นี้หมายถึงปัจจัยที่จุลินทรีย์ต้องการเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ขึ้นมา

อาหารถือเป็นแหล่งของพลังงาน (energy source) ในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดินที่มีการแข่งขันแย่งแย่งทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้น การมีแหล่งของพลังงาน เช่น แสงหรือสารให้พลังงานอื่นๆ อย่างเพียงพอ นับเป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นอันดับหนึ่ง เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการพลังงานเป็นจำนวนมากในการต่อสู้ดิ้นรนเพื่อเพิ่มปริมาณแพร่ขยายพันธุ์ในดิน

แหล่งของคาร์บอน (carbon source) คาร์บอนเป็นธาตุอาหารหลักที่จุลินทรีย์ต้องการในปริมาณที่สูงเพื่อใช้สร้างองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ จุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งมีอยู่เป็นปริมาณมากในดินเป็นแหล่งของคาร์บอน โดยได้พลังงานมาจากแสงหรือจากกระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบอนินทรีย์ และจุลินทรีย์บางพวกสารอินทรีย์เป็นแหล่งของคาร์บอน และแหล่งของพลังงานในการดำรงชีวิต

ตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) จุลินทรีย์สามารถสกัดพลังงานที่แฝงอยู่ในสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานได้โดยการออกซิไดซ์สารเหล่านั้น การออกซิเดชันจะทำให้สารประกอบเหล่านั้นปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ในขณะเดียวกันพลังงานที่แฝงอยู่ในสารประกอบก็ถูกปลดปล่อยออกมากับอิเล็กตรอน เมื่อเอาอิเล็กตรอนไปถ่ายทอดผ่านกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (electron transport system) พลังงานที่ออกมากับอิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมา จุลินทรีย์จะนำเอาพลังงานนั้นไปเก็บไว้ในรูปของสารประกอบที่มีพลังงานสูง เช่น ATP ไว้ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมอื่นๆ ต่อไป สารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้ายในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเรียกว่า ตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) กระบวนการสกัดพลังงานดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีตัวรับอิเล็กตรอนมารับอิเล็กตรอนที่ปลดปล่อยออกมาจากการออกซิเดชันดังกล่าว ตัวอย่างสารตัวรับอิเล็กตรอน ได้แก่ ออกซิเจน (O_2) ไนเตรท (NO_3^-) ไนไตรท์ (NO_2^-) แมงกานีส (Mn^{+4}) เหล็ก (Fe^{+3}) ซัลเฟต (SO_4^{+2}) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือ

สารอินทรีย์ สารเหล่านี้มีความสามารถับิเล็กตรอนได้ต่างกัน ดังนั้นกระบวนการผลิตพลังงานของจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นหรือไม่ และมีประสิทธิภาพเพียงใด ก็ขึ้นอยู่กับชนิดและประสิทธิภาพของตัวรับิเล็กตรอน และความสามารถของจุลินทรีย์ในการใช้สารดังกล่าวเป็นตัวรับิเล็กตรอน (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

บทบาทและความสำคัญของจุลินทรีย์ดิน

คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2548) กล่าวถึงกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในดินสามารถส่งผลกระทบอย่างมากมายต่อสมบัติดิน และระบบนิเวศของดิน กิจกรรมเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญยิ่งในการรักษาสมดุลในสภาพแวดล้อมให้ดำรงคงอยู่ มีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรของแร่ธาตุต่างๆ ที่ดำเนินไปอย่างเหมาะสม และเอื้ออำนวยต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญเติบโตของพืชที่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับจุลินทรีย์ กระบวนการหลักที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชมักเกี่ยวข้องอยู่กับการแปรสภาพของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ การที่ภาวะอยู่ร่วมกัน (symbiosis) ระหว่างจุลินทรีย์กับพืชตลอดจนการย่อยสลายสารเคมีต่างๆ ในดินประกอบด้วยการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ การแปรสภาพสารอนินทรีย์ การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) การย่อยสลายสารเคมี

สภาพแวดล้อมในดิน

(คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548) กล่าวว่า ดินมีลักษณะเป็นวัสดุพรมมีช่องขนาดใหญ่เล็กมากมาย ทั้งยังมีอาหาร น้ำและอากาศอันเป็นปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิต ดินจึงเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะจุลินทรีย์ซึ่งมีขนาดเล็กสามารถอาศัยอยู่ภายในช่องว่างต่างๆ ในดินได้เป็นอย่างดี จุลินทรีย์จะเกาะยึดอยู่บนผิวอนุภาคต่าง ๆ แต่ก็มีบ้างที่แหวกว่ายในสารละลายดิน หรือน้ำที่เคลือบอยู่บนผิวอนุภาคเหล่านั้น การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์จึงสัมผัสกับสภาพแวดล้อมในดินโดยตรง และได้รับผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นสภาพการระบายอากาศ ความชื้น อุณหภูมิค่าความเป็นกรด-เบส หรือค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออน (cation exchange capacity) ของดิน

สภาพการระบายอากาศของดิน (soil aeration) การระบายของอากาศเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณออกซิเจนของดิน ซึ่งมีผลต่อชนิดของตัวรับิเล็กตรอนที่จุลินทรีย์จะไปใช้ในกระบวนการสร้างพลังงาน สภาพการระบายอากาศของดินจึงจัดเป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่มีความสำคัญอยู่ในอันดับต้นๆ ในการควบคุมระดับปริมาณกิจกรรมของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มในดิน

อุณหภูมิมีอิทธิพลช่วยเร่งอัตราการทำงานของเอนไซม์และปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กิจกรรมจุลินทรีย์ก็สูงตามไปด้วย แม้ว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินได้ แต่สำหรับดินในพื้นที่การเกษตรที่มีความชื้นโดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิไม่ค่อยสูงจนถึงระดับดังกล่าว ดังนั้นในประเทศไทยเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทยจึงมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินอยู่ในระดับสูงและมักประสบปัญหาเกี่ยวกับดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำเกินไป ซึ่งก็มีสาเหตุหลักมาจากอุณหภูมิสูงที่ไปเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (cation exchange capacity) ความเป็นประจุลบ ของดินเป็นสมบัติที่มีผลต่อจุลินทรีย์ทั้งโดยตรงและทางอ้อม เช่นมีผลต่อการดูดซับธาตุอาหารซึ่งส่วนใหญ่มีประจุบวกไว้ให้จุลินทรีย์ได้นำไปใช้ การช่วยดูดซับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่เกิดขึ้นในสารละลายดิน ก็เป็นการช่วยปรับสมดุลของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปเร็วเกินไป จึงสามารถช่วยรักษาระดับค่าความเป็นกรด-เบสของสภาพแวดล้อมไม่ให้เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน เปิดโอกาสให้จุลินทรีย์สามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ประจุบวก (cation) ที่ถูกดูดซับอยู่บนอนุภาคดินเหนียวหรือสารอินทรีย์ยังช่วยเกาะยึดเชื่อมโยงกับประจุลบ (anion) บนเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้เซลล์สามารถเกาะยึดบนอนุภาคเหล่านั้นได้อีกทางหนึ่งนอกเหนือไปจากการเกาะยึดโดยสร้างสารออกมาเชื่อมโยงโดยเซลล์ของจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงอาหารธาตุ

เนื่องจากสมบัติทางเคมีและสภาพแวดล้อมของดินกรดซัลเฟต ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่อมีการขังน้ำ ความเป็นประโยชน์ของอาหารธาตุต่างๆ จึงเกิดขึ้นน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับดินน้ำขังโดยทั่วไป กระบวนการสะสมแอมโมเนียม (ammonification) เป็นไปอย่างช้ามาก ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสจะต่ำมากเนื่องจากค่าความเป็นกรด-เบสของดินไม่สูงขึ้นมากนัก การตรึงฟอสฟอรัสโดยสารประกอบพวกเหล็กและอะลูมิเนียมจะอยู่ในระดับที่สูง นอกจากนั้นการเป็นพิษของอะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีสก็มักจะเป็นปัญหา อันเนื่องจากการละลายได้ดีของธาตุดังกล่าวในสภาพที่เป็นกรดจัด ในทางปฏิบัติมักจะใช้ปูนขาวในอัตราที่ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงประมาณ 5.0-5.5 แล้วจึงทำการขังน้ำก่อนการปลูกข้าว สภาพน้ำขังค่าความเป็นกรด-เบสที่สูงขึ้นจากการใส่ปูนดังกล่าวนี้จะช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ดีขึ้นเมื่อมีการขังน้ำ (ไพบูลย์ วิวัฒนวงศ์วนา, 2546)