การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผู้อื่นทำไว้

(literature review)

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะการทำไร่อ้อยในประเทศไทย

เนื่องจากว่าสินค้าน้ำตาลได้กลายเป็นสินค้าที่มีตลาดจำหน่ายกว้างขวางทั่วโลก และยังมีราคาสูงขึ้นอีกด้วย จึงทำให้น้ำตาลได้กลายมาเป็นสินค้าหลักที่ช่วยเสริมสร้างเศรษฐกิจของประเทศ ในปัจจุบันนี้ประเทศต่าง ๆ ได้พยายามขยายกำลังการผลิตน้ำตาลของตนเอง โดยการสร้างโรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้น ประเทศไทยก็มีแนวโน้มในการขอสร้างโรงงานน้ำตาลเพิ่มเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตน้ำตาลนี้จะต้องคำนึงถึงการผลิตอ้อยด้วย จะเห็นได้ว่าเทคนิคและวิทยาการในด้านโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยอยู่ในระดับเจริญทัดเทียมกับต่างประเทศ แต่ในด้านไร่อ้อยยังก้าวหน้าไปไม่ไกลเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บผลผลิตต่อไร่ในรอบ ๑๐ ปี ยังอยู่ในระดับต่ำประมาณ ๗ - ๘ ตันต่อไร่ ดังเช่นบริเวณปลูกอ้อยในภาคกลาง คือ จังหวัดสุพรรณบุรี, ราชบุรี และกาญจนบุรี ซึ่งนับได้ว่าให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าภาคอื่น ๆ คือ ๗ - ๘ ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง ผลผลิตต่ำกว่าภาคกลางเล็กน้อยคือประมาณ ๗ ตันต่อไร่ ภาคเหนือได้แก่จังหวัดนครสวรรค์, อุตรดิตถ์, ลำปาง, ลำพูน และเชียงใหม่ อัตราเฉลี่ยผลิตได้ไร่ละ ๕ - ๖ ตัน ภาคอีสานผลิตได้ต่ำสุด เฉลี่ยไร่ละ ๔ ตัน เมื่อรวมทุกภาคเพื่อหาอัตราการผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศแล้วอยู่ในระหว่าง ๖ - ๗ ตัน/ไร่ เมื่อพิจารณาในระยะเวลาสำรวจตั้งแต่ต้นจนกระทั่งบัดนี้รวม ๗ ปี สถิติของอัตราการผลิตต่อไร่ยังไม่มีท่าทีว่าจะสูงขึ้นหรือลดต่ำลงแต่ประการใด

ข้อเท็จจริงจากการสำรวจปรากฏว่า โดยเฉลี่ยชาวไร่ปลูกอ้อยได้ผลผลิตเฉลี่ยในอัตราไร่ละ ๖ - ๗ ตัน เมื่อหักค่าใช้จ่ายนับตั้งแต่เริ่มลงมือทำการปลูกจนกระทั่งตัดขายส่งให้กับโรงงานหีบอ้อยแล้ว จะยังคงเหลือกำไรอยู่บ้างเล็กน้อยหรือเกือบไม่มีเลย ในบางรายกู้ยืมเงินมาลงทุน ปรากฏว่าอาจจะขาดทุนก็เป็นไปได้ ลักษณะการเหล่านี้คาดว่าคงจะมีอยู่ต่อไปอีก ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงทัศนคติให้เข้ากับสภาพการใหม่ ๆ อย่างไรก็ดีเป็นที่น่ายินดีที่ได้เห็นชาวไร่อ้อยในภาคต่าง ๆ บางคนสามารถเร่งผลผลิตได้สูงในอัตราเฉลี่ย ๑๕ - ๒๐ ตันต่อไร่ โดยใช้วิทยาการสมัยใหม่ดังเช่นในต่างประเทศ รวมทั้งดัดแปลงแก้ไขภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการที่จะปรับปรุงผลผลิตอ้อยต่อไร่ให้สูงขึ้นนั้น ก็มีวิธีการที่จะทำได้โดยนำเอาความรู้ทางวิชาการเข้ามาใช้ให้เหมาะสม

อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายนับวันแต่จะมีความสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจัยที่จะทำให้อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายก้าวหน้าสามารถยืนหยัดอยู่ได้ ย่อมมาจากอ้อยอันเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลเป็นสำคัญ

กระทรวงอุตสาหกรรมได้ตระหนักในเรื่องนี้ตลอดมา นับตั้งแต่ได้ตราพระราชบัญญัติน้ำตาลทราย ปี พ.ศ. ๒๕๑๑ ออกใช้บังคับเป็นกฎหมาย ก็มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ความคุ้มครองและส่งเสริมให้กิจการอุตสาหกรรมน้ำตาลทรายสามารถดำรงอยู่ได้อย่างเป็นปึกแผ่น ได้มีการจัดตั้งหน่วยงานที่จะส่งเสริมกิจการไร่อ้อยและน้ำตาลตามภาคต่าง ๆ ของประเทศ ทั้งนี้โดยมีความปรารถนาที่จะให้อุตสาหกรรมนี้ได้บรรลุถึงจุดหมายปลายทางและเป็นอาชีพหลักของประชากรอย่างแท้จริง

เทคนิคบางประการเกี่ยวกับการปฏิบัติการเกษตรกรรมไร่อ้อย

การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการปลูกอ้อยบางประการที่กล่าวนี้ เป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคและวิชาการเกี่ยวกับเรื่องอ้อย ซึ่งยกเอามาบางส่วนที่เห็นว่าพอจะเป็นประโยชน์แก่ชาวไร่อ้อยไว้บ้าง

ในการปลูกอ้อยในประเทศที่ก้าวหน้าในอุตสาหกรรมน้ำตาล เช่น ฮาวาย ออสเตรเลีย และชวา ใช้วิธีการปฏิบัติกับอ้อยที่จะใช้ทำพันธุ์โดยเฉพาะ กล่าวคือ การให้ปุ๋ยประมาณ ๔-๖ อาทิตย์ ก่อนนำพันธุ์ไปปลูก โดยเฉพาะนั้น แปลงทำพันธุ์ควรจะแยกไว้ต่างหาก การใช้ปุ๋ยที่กล่าวนี้เพื่อช่วยให้อ้อยที่ทำพันธุ์มีอาหารเก็บสะสมไว้ในลำต้นจะได้ใช้เต็มที่ในขณะที่เริ่มงอกหน่อ การให้ปุ๋ยก่อนตัดทำพันธุ์ในระยะนี้ จะช่วยเร่งความเจริญเติบโตและให้หน่อที่แข็งแรง ปกติ อ้อยที่จะใช้ทำพันธุ์ได้ดี ควรมีอายุระหว่าง ๔ - ๖ เดือน

มีรายงานการปลูกอ้อย จากหนังสือ สำนักงานอ้อยและน้ำตาล(๒๕๑๘) กล่าวถึงการให้ปุ๋ยในระยะก่อนตัดอ้อยไปทำพันธุ์ ดังนี้

๑. ปุ๋ยจะไปเป็นตัวเร่งความเจริญเติบโต ความแข็งแรงของรากและหน่อเล็กได้ดีมาก

๒. หลังจากปลูกไปแล้ว ๗ อาทิตย์ หน่อจะขึ้นเร็วกว่าปกติถึง ๗๕ %

๓. หลังจากปลูกไปแล้ว ๑๕ อาทิตย์ หน่อจะเจริญเติบโตกว่าปกติ ๗๐ ถึง ๘๐ % ในระยะการเจริญเติบโตนี้ หน่อจะสูงถึง ๔ นิ้ว

การใช้ปุ๋ยสำหรับก่อนตัดทำพันธุ์นี้ ให้ปุ๋ยไนโตรเจนปานกลาง ให้ปุ๋ยฟอสเฟตเล็กน้อย ให้ปุ๋ยโปรตัสเซี่ยมสูงหน่อย สูตรของปุ๋ยนี้คือ เอ็น.พี.เค. ชนิด ๑๐ - ๓.๕ - ๒๐ ใส่ในระยะ ๖-๗ อาทิตย์ ก่อนตัดไปทำพันธุ์ปลูก

สำหรับพันธุ์อ้อยที่กล่าวนี้ ชาวไร่จะทดลองปฏิบัติดูก็ได้ เท่าที่ปรากฏโดยทั่วไป การปฏิบัติเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยยังพิถีพิถันกันน้อยไป หากชาวไร่จะลองใช้วิธีนี้ดูดังเช่นต่างประเทศก็คงจะได้ประโยชน์บ้างไม่มากก็น้อย

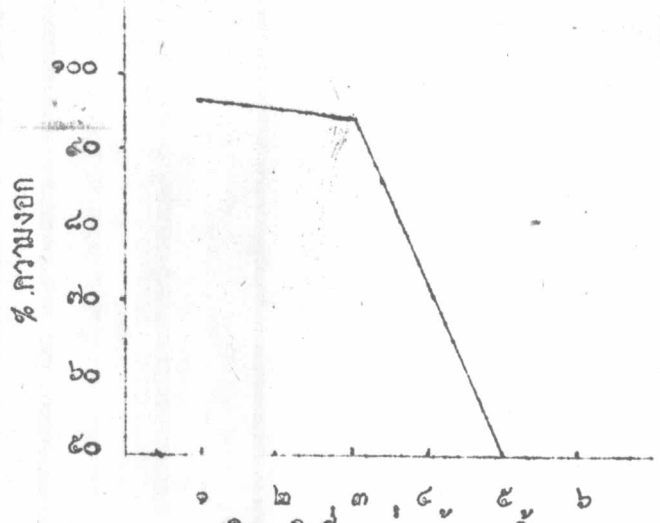
ตาราง ๒ แสดงการเปรียบเทียบผลการใส่ปุ๋ยสำหรับอ้อยพันธุ์ใส่ปุ๋ยก่อนตัดไปทำพันธุ์ ๗ อาทิตย์

สำนักงานอ้อยและน้ำตาล (๒๔๑๔)

หลังจากใส่ปุ๋ย	ใส่ปุ๋ยก่อน ๗ อาทิตย์	ไม่ได้ใส่ปุ๋ย
๑๐ วันหลังจากปลูกไปแล้ว	รากงอกงามดีมาก ราก วัดได้ยาว ๑ $\frac{๑}{๒}$ – ๒ นิ้ว ตาและหน่อ งอกยาว วัดได้ ๒ – ๔ นิ้ว	รากมีเพียงเล็กน้อย รากวัดได้ $\frac{๑}{๔}$ นิ้ว ตาและหน่อเพียงเริ่มจะงอก
๗ อาทิตย์ หลังปลูก	หน่อขึ้นได้มากกว่า ถึง ๙๘ %	หน่อและตางอกขึ้นได้เล็กน้อย
๑๕ อาทิตย์ หลังปลูก	หน่อขึ้นได้ดีกว่า ๗๐ – ๙๐ % วัดได้ ๔ นิ้ว	หน่อขึ้นได้เพียงเล็กน้อยและสั้นกว่าที่ใส่ปุ๋ย

การให้ความลึกของร่องที่ปลูกอ้อยก็ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ ในที่ดินร่วนและระบายน้ำได้ดี ร่องที่ปลูกอ้อยควรจะลึก ๑๐ – ๑๖ นิ้ว สำหรับที่ให้การชลประทานไม่ได้ ร่องอ้อยที่ปลูกควรลึก ๖ – ๑๒ นิ้ว ท่อนพันธุ์ควรกลบด้วยดินหนา ๑ – ๒ นิ้ว

ในฮาวาย ได้มีการทดลองหาความหนาของดินที่กลบท่อนพันธุ์ทดลอง พบว่า ถ้ากลบดินลึกประมาณ ๑ นิ้ว ปรากฏความงอก ๙๖ % กลบลึก ๓ นิ้ว งอก ๙๓ % กลบลึก ๕ นิ้ว งอก ๕๑ % เห็นได้ว่า การกลบดินอ้อยที่ปลูกก็เป็นสิ่งที่สำคัญเหมือนกัน

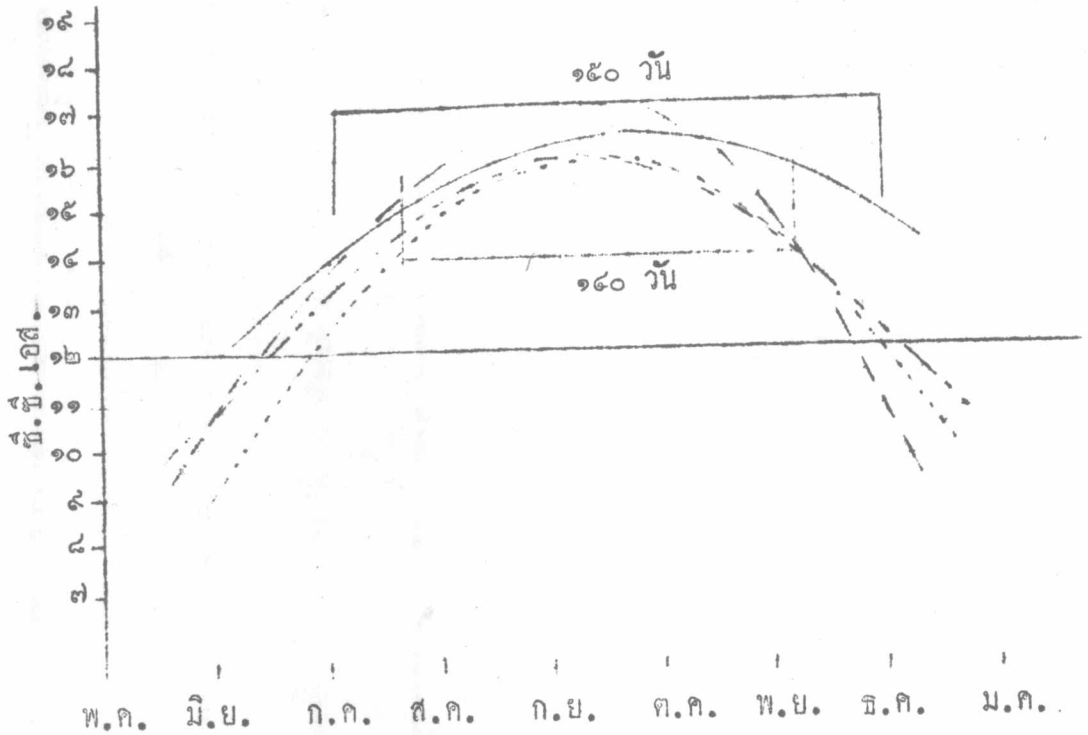


ตารางที่ ๒ อิทธิพลของความหนาของดินที่กลบทอนอ้อยกับ % การงอก

(เอกสารออยและน้ำตาล, ๒๕๑๘)

ความสัมพันธ์ระหว่าง "อายุที่แก่จัด" (Maturity) ของอ้อย "กำหนดระยะเวลาของการตัด" (Timing) และ "ระยะปริมาณน้ำตาล" (sugar content) ในต้นอ้อยที่ขึ้นสูงสุด ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การหีบอ้อยได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ วัตถุประสงค์ในการผลิตน้ำตาลจากอ้อยก็มีจุดมุ่งตรงที่ว่า จะทำอย่างไรจึงจะได้ปริมาณน้ำตาลสูง โดยต้องทำงานหีบอ้อยแข่งขันกับเวลา เพื่อให้ทันกับเหตุการณ์ก่อนที่อ้อยจะสูญเสียความหวานไป

บทความในเรื่องนี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อชาวไร่อ้อยและโรงงานบ้างไม่มากก็น้อย ระยะเวลาการดำเนินงานหีบอ้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับกำลังผลิตของโรงงานต่อวัน (Capacity) โดยส่วนมากแล้วกำหนดเริ่มต้นปฏิบัติงานในเวลาที่แตกต่างกันไป แต่ละโรงงานขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ภายนอกด้วย อาจจะขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ ในตารางเส้นกราฟนี้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ซึ่งมีการปลูกอ้อยเป็นอุตสาหกรรมเพื่อใช้ผลิตน้ำตาล แต่ละเมืองที่เป็นที่ตั้งของโรงงาน ก็ยังมีลักษณะของซี.ซี.เอส ของอ้อยแตกต่างกัน แต่ละระยะเวลาอีกด้วย ทั้งนี้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและการควบคุมของระบบชลประทานนั่นเอง ซึ่งแสดงเป็นกราฟให้เห็นดังนี้ :-



รูป ๓ แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาเฉลี่ยเกี่ยวและ
สำนักงานอ้อยและน้ำตาล (๒๔๑๔)

กราฟโรงงานน้ำตาล ๔ โรงงานในออสเตรเลียเริ่มเปิดหีบพร้อมกัน อ้อยที่เข้าหีบนับแต่เดือนสิงหาคม – มกราคม มีระดับของ ซี.ซี.เอส ถึง ๑๗ มีระยะเวลาอยู่ได้นานถึง ๑๕๐ วัน แต่เมื่อทำการหีบเลยเดือนสิงหาคมไปถึงเดือนมิถุนายนแล้ว ปรากฏว่า ซี.ซี.เอส ตกลงไปเหลือเพียง ๑๒ และถึงเดือนเมษายนจนเหลือเพียง ๑๐ เท่านั้น

จากข้อสังเกตทั่วไปในประเทศบราซิล, ออสเตรเลีย, เกาะฟิจิ และมลรัฐฟอริดา

ปริมาณน้ำตาลซูโครสจะสูญเสียมากที่สุดในขณะที่เกิดฝน ในขณะที่อ้อยถูกเผาก่อนตัด โดยที่อ้อยนั้นมีกาบและใบสุมทับกันอยู่มาก เกิดความร้อนสูงเกินไป ตัวอย่างมีปรากฏในฮาวาย เป็นต้น แต่สำหรับในไต้หวันและบราซิลแล้ว จะสูญเสียน้อย เพราะใช้วิธีตัดและมัดและลอกกาบใบโดยการใช้แรงงานคน

การงดให้น้ำก่อนตัด และในระหว่างการตัดอ้อย เป็นสิ่งสำคัญมากเกี่ยวกับการบังคับให้อ้อยมีอายุแก่จัด (maturity) ในเมืองเมอร์เดกิน ในประเทศออสเตรเลีย และทางใต้ของปอร์เตริโก และพื้นที่บางส่วนของเกาะฮาวาย ปรากฏว่า สามารถหีบอ้อยได้ปริมาณน้ำตาลสูง ก็เนื่องจากใช้อ้อยที่มีอายุแก่จัด (maturity) นั่นเอง วัตถุประสงค์ในการหีบอ้อยเพื่อจะให้ได้กำไรสูงจึงถือว่าอ้อยที่แก่จัดมีความสำคัญอันดับแรก

การที่จะให้ทราบได้ว่าอ้อยถึงระยะแก่จัดที่เหมาะสมเพื่อเข้าหีบนั้น จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบก่อน วัตถุประสงค์ในการตรวจสอบอ้อยก่อนเข้าหีบนั้นคือ :-

๑. เพื่อจะเลือกหาเวลาที่เหมาะสมในการตัดอ้อย และหาระยะเวลาการสิ้นสุดของการตัด

๒. หาความแก่จัด (ripening หรือ maturity) ของอ้อยในไร่เพื่อเตรียมการก่อนตัดเข้าหีบ

ในการเลือกเวลาที่เหมาะสมเกี่ยวกับการตัดอ้อย และหาระยะเวลาการตัดอ้อยนั้น หัวหน้าไร่จะต้องเป็นผู้ควบคุมดำเนินการเอง เช่น การคาดประมาณจำนวนต้นอ้อย การคาดประมาณนี้จะเกี่ยวข้องไปถึง ปริมาณกำลังของการผลิตของโรงงาน รวมทั้งระยะการหีบอ้อยด้วย

ระบบการหาระยะเวลาและหาความแก่จัดของอ้อยนี้ เป็นผลงานที่ค้นคว้าของสถาบันน้ำตาลในประเทศแมกซิกโกที่มีชื่อว่า "Instituto para el Mejoramiento dela Proccian de Azycur" ใช้ระบบวิธีการที่หลาย ๆ โรงงานถือปฏิบัติ ในขณะนี้ เป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผลดี โดยได้ถือปฏิบัติทดลองที่เมืองซีคอทเทนคอทล์ (Xicotencotl) แม็กซิโก

การเลือกหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตัด มีวิธีการดังนี้ :-

ตลอดระยะเวลาอายุของอ้อยจะต้องพิจารณาถึงลักษณะการขึ้นอยู่และอุณหภูมิที่ขึ้นอยู่ ลักษณะอากาศซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้ปริมาณของน้ำตาลซูโครสผิดแผกกันไป ในขณะที่ฝนตก ฝนก็จะไปเร่งให้อ้อยเจริญเติบโต ทำให้ความชื้นและเปอร์เซนต์ของน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar) สูงขึ้น และขณะเดียวกันก็ทำให้เปอร์เซนต์ของน้ำตาลที่จะผลิตได้ลดลงไป ยิ่งกว่านั้นการค้นคว้าทั่วโลกพบว่าในท้องที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ (ยังไม่ถึงขีดที่เป็นหิมะ) หรือมีอุณหภูมิสูง – ต่ำ แตกต่างกันมาก ๆ ในระยะก่อนการตัดเข้าหีบ ๒ – ๓ อาทิตย์แล้วจะเป็นตัวเร่งการสร้างน้ำตาลในต้นอ้อยได้ดีขึ้นอีก

ในการค้นคว้าที่เมืองซีคอทเทนดอร์ลเมื่อเร็ว ๆ นี้ ปรากฏว่ามีอัตราการแตกต่างระหว่างระยะเวลาของเดือนที่ตัด เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่สูง – ต่ำ ก่อนที่จะมีการตัดอ้อย ๑ เดือน จะให้ผลผลิตของน้ำตาลจากอ้อยในทางบวก

จากผลการทดลองนี้ สำนักงานอ้อย (๒๔๗๔) ได้ใช้ตัวเลขมาจากการสังเกตทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจดบันทึกไว้ ๓๔ ปี เพื่อนำมาใช้กำหนดเวลาการตัดอ้อยได้ผลดี ซึ่งมีระยะของการดำเนินงานเลือกเวลาที่เหมาะสม

ตารางที่ ๖ แสดงเวลาที่ดีที่สุด เพื่อเลือกหาเวลาการตัดอ้อยที่เมืองซีคอทเทนดอร์ล สำนักงานอ้อยและน้ำตาล (๒๔๗๔)

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตัด สัปดาห์	กำหนดของเวลาเริ่มการตัด	ระยะสิ้นสุดของการตัด
๑๔	๘ มกราคม	๑๕ เมษายน
๑๘	๒๔ ธันวาคม	๒๓ เมษายน
๒๒	๑๐ ธันวาคม	๑๓ พฤษภาคม
๒๖	๒๖ พฤศจิกายน	๒๗ พฤษภาคม
๓๐	๑๒ พฤศจิกายน	๑๐ มิถุนายน
๓๔	๒๘ ตุลาคม	๒๔ มิถุนายน

001073

การแก่จัดของอ้อยและวิธีการเลือกอ้อย ทำการตัดเข้าหีบ มีวิธีการดังนี้ :-

การพิจารณาเลือกระยะตัดอ้อยจะต้องคำนึงถึง อายุ พันธุ์ ความชื้น ลักษณะดิน อุณหภูมิ และระดับอาหารของพืชที่มีอยู่ในดิน การดำเนินงานมี ๒ ลักษณะคือ

๑. การเลือกตัวอย่าง (Sampling) ทั่วไป

๒. กำหนดการตัดก่อนหรือหลัง เป็นลำดับ

๑. ทำการเลือกตัวอย่าง ถือปฏิบัติดังนี้ :-

(๑) อายุของอ้อยถือเป็นลำดับอันดับแรก สำหรับในที่นี้ถือเอาวันที่ ๑ ของเดือนพฤศจิกายน ตามตารางที่ ๑ ซึ่งถือว่าเหมาะสมที่จะปฏิบัติถืออายุของอ้อยปลูกใหม่ ๑๔ และ ๑๖ เดือน และอ้อยตออายุ ๑๒ เดือน หรือกว่า ในเดือนธันวาคม ก็จะมีการเลือกตัวอย่างอีกครั้งหนึ่งหลังจากปฏิบัติในเดือนพฤศจิกายนมาแล้ว

(๒) ลักษณะพันธุ์อ้อยที่มีผลเกี่ยวกับการปฏิบัติในครั้งนี้ สำหรับอ้อยที่ปลูกในเมืองชิคอทเทนดอทล์ ความแก่ของอ้อยจัดเรียงลำดับได้ดังนี้คือ เอ็น.ซี.โอ.๓๑๐, ซี.โอ. ๓๓๑, ซี.โอ.๔๒๑ และ ซี.โอ.๔๖๗

(๓) ลักษณะดินพิจารณาเป็นอันดับ ๓ สำหรับอ้อยชนิดเดียวกันที่ปลูกในดินต่างชนิดกัน เช่น ปลูกในดินเหนียวจัด จะแก่เร็วกว่าปลูกในดินเหนียวธรรมดาและในดินร่วนปนตะกอน (Silty loam)

ในที่นี้กำหนดให้ไร่อ้อยในเมืองชิคอทเทนดอทล์เป็นเนื้อที่เพื่อเลือกเป็นตัวอย่าง ใช้เนื้อที่ ๕ เฮกตาร์ (๓๑ ไร่เศษ) โดยกำหนดวิธีการตาม ๓ ข้อข้างต้น ทุก ๆ แปลงเล็กในเนื้อที่ ๕ เฮกตาร์นี้ เลือกตัวอย่างทั้ง ๔ ด้าน มีการนับจำนวนลำอ้อย ลำต้นที่ยังอ่อนอยู่ และต้นที่ออกดอก ถ้ามี นำตัวอย่างมา ๘ – ๑๐ ลำ แล้วตัดข้อที่ ๑๑ และผูกป้ายชื่อไว้แต่ละตัวอย่าง ถือเอาจากเนื้อที่ ๕ เฮกตาร์ นำอ้อยที่เก็บตัวอย่างนี้ไปวิเคราะห์หาบริกซ์และโพล

ในการตรวจสอบตัวอย่างอ้อยที่ตัดมาเป็นตัวอย่างอยู่ข้างหน้าติดกับที่จะตัดเข้าหีบ โดยต้องตรวจสอบบ่อย ๆ นำอ้อยจำนวน ๑๐ ลำตัวอย่างนี้ไปวิเคราะห์หาตัวอย่าง การวิเคราะห์หาเพื่อจะเปรียบเทียบถึงลักษณะพันธุ์เป็นพิเศษนั้น จะต้องเลือกจากไร่อ้อยที่มีอ้อยแก่จัดในบริเวณที่แตกต่างกันไป

ในการตัดอ้อยเป็นตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์นี้ ตัดตรงข้อที่ ๖ และ ๘ อ้อยหัวลำนำมาผ่าตามยาว เพื่อหาดูลักษณะเป็นแกนหรือใส้ในอ้อยจำนวน ๑๐ ลำ แต่ละลำนำมาวิเคราะห์หาไฟเบอร์ และซูโครส (โพล) จำนวนน้ำตาลซูโครสต่อไฟเบอร์ เป็นอัตราส่วนที่ต้องหาเป็นตัวเลขต่อไป อัตราส่วนที่จะหานี้ถือเป็นตัวเลขสำคัญที่จะถือเป็นกฎเกณฑ์ในการหาคุณภาพของอ้อยแต่ละชนิดพันธุ์ต่อไป

ในการกำหนดกฎเกณฑ์เพื่อหาวิธีการก่อนการตัดนั้น ถือแฟกเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องใช้วิเคราะห์อยู่ ๓ ข้อคือ ความชื้น จำนวนน้ำตาลรีดิวซิ่ง และความบริสุทธิ์ของน้ำอ้อย ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน และธันวาคมของปี แต่ละแฟกเตอร์ที่เก็บได้ ถือว่าเป็นตัวเลขที่ให้ความสัมพันธ์กัน ถ้าเริ่มปฏิบัติงานในเดือนมกราคม ตัวเลขของความชื้นที่ได้ ยังมีความสำคัญไปจนถึงการสิ้นสุดการตัด ความสำคัญอาจมีถึง ๘๐ % ซึ่งถือเป็นตัวเลขที่จะตัดสินการตัดอ้อยเข้าหีบต่อไป

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของอ้อย

การทำไร่อ้อยทั่ว ๆ ไปนั้น หลังจากที่ได้ทำการไถ เตรียมดินและปลูกอ้อยลงไปแล้ว สิ่งที่นับว่าสำคัญที่สุดที่ชาวไร่ต้องพะวงถึงคือ ความงอกของอ้อย อ้อยที่ปลูกจะงอกได้ดีหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้ :-

ชนิดของท่อนพันธุ์ (Kind of Seedpiece)

ส่วนที่ใช้ทำพันธุ์นั้น อาจจะใช้ส่วนยอด ส่วนกลาง หรือส่วนโคนของลำอ้อยปลูกงอกทั้งนั้น จากการทดลองแล้ว พบว่า ในสภาพปกติ ท่อนพันธุ์จากส่วนกลางลำอ้อยและส่วนยอด มักจะงอกได้ดีกว่า และเจริญเติบโตได้ดีกว่าทางส่วนโคน แต่ถ้าภายใต้สภาพอากาศหนาวเย็น มีการระบายน้ำไม่ดีและดินชื้นแฉะ กลับปรากฏว่า ยอดอ้อยมักเสียหาย มีอัตราการงอกต่ำกว่าท่อนพันธุ์จากส่วนกลางลำอ้อย และส่วนโคน ถึงแม้จะงอกได้ช้าแต่ก็เจริญเติบโตขึ้นมาได้ดีกว่า

และโดยไม่คำนึงถึงความยาวของปล้องอ้อย ท่อนพันธุ์แต่ละท่อน ควรมีตาอย่างน้อย ๒ – ๓ ตา ตามปกติเนื้อเยื่อที่ข้ออ้อยได้สร้างสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ท่อนอ้อยเน่า ท่อนอ้อยที่มีตา ๓ ตานั้น ตาที่อยู่ตรงกลางยังมีโอกาสงอกได้ดี แม้ว่าตาอีก ๒ ข้างจะเน่าเสียหายแล้วก็ตาม นอกจากนี้ น้ำและอาหารที่มีอยู่ในท่อนพันธุ์ ๓ ตา ก็มีมากกว่า และหน่อที่ออกจากตา ก็แข็งแรงกว่าในท่อนพันธุ์ที่มี ๑ ตา หรือ ๒ ตา ท่อนพันธุ์ที่มี ๑ ตา มักจะงอกได้ดี แต่หน่ออ้อยที่งอกขึ้นมา มักไม่แข็งแรง เมื่อเปรียบเทียบกับท่อนพันธุ์ที่มี ๓ ตา ดังกล่าวแล้ว

การใช้ลำต้นอ้อยมาตัดเป็นท่อนปลูก ควรเลือกเอาแต่อ้อยที่มีอายุได้ประมาณ ๕ – ๖ เดือน อ้อยทำพันธุ์ ควรเลือกเอาลำที่อวบใหญ่ ท่อนพันธุ์ที่ตัดจากลำต้นที่อวบใหญ่จะงอกได้ดีกว่าท่อนพันธุ์ที่ตัดจากลำอ้อยที่เล็กกว่า

การปฏิบัติต่อท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก (Seedpiece Treatment)

อ้อยที่จะใช้ทำพันธุ์ ควรจะได้รับการดูแลเก็บรักษาไว้เป็นอย่างดี เมื่ออ้อยมีอายุได้ประมาณ ๕ – ๖ เดือน ก็นำมาตัดเป็นท่อนพันธุ์ปลูกได้ ท่อนพันธุ์ที่ตัดใหม่ ๆ นั้นอาจจะมีเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปทางรอยตัดทำให้ตาเน่าเสียได้ง่าย ฉะนั้นเพื่อป้องกันจุลินทรีย์ดังกล่าว จึงควรหรือแช่ท่อนพันธุ์อ้อยที่ตัดเสร็จใหม่ ๆ นี้ลงในสารละลายน้ำยาอะรีแทน (Aretan) อัตราการใช้ยา ๒.๕ ปอนด์ ต่อน้ำ ๑๐๐ แกลลอน หรือใช้ยา PMA (สารละลายน้ำยา phenyl mercuric acetate ชนิด ๑๐ % อัตรา ๑ ควอร์ท ต่อน้ำ ๑๐๐ แกลลอน)

การแช่ท่อนพันธุ์อ้อยในน้ำยาดังกล่าวแล้วนั้น นอกจากจะเป็นการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปทำตาอ้อยเน่าแล้ว ยังช่วยเร่งความงอกของอ้อยอีกด้วย

การแช่ท่อนพันธุ์อ้อยด้วยน้ำร้อน (Hot water treatment)

การแช่ท่อนพันธุ์อ้อยด้วยน้ำร้อน ๕๐° ซ นาน ๓๐ นาที จะช่วยเร่งความงอกของอ้อยพันธุ์ต่าง ๆ ได้มากกว่าปกติ แต่อ้อยบางพันธุ์เมื่อนำมาแช่น้ำร้อนแทนที่จะงอกได้ดี กลับงอกสู้ไม่แช่น้ำร้อนไม่ได้ ส่วนพันธุ์อ้อยที่อาจจะติดเชื้อโรคแคระแกรน (ratoon stunt disease) นั้น การแช่น้ำร้อน ๕๐° ซ นาน ๒ ชั่วโมง เป็นสิ่งจำเป็นมาก

ควรลอกกาบใบที่หุ้มตาออกก่อนปลูกหรือไม่

กาบใบที่หุ้มตาบนท่อนอ้อยนั้น มีประโยชน์ในการช่วยป้องกันตาไม่ให้ชอกช้ำเสียหายและยังเป็นตัวดูดเก็บความชื้นช่วยให้ตางอกอีกด้วย แต่จากการทดลองพบว่าการปลูกอ้อยใช้ยอดอ้อยที่ไม่ได้ลอกกาบใบออกก่อนนั้น จะทำให้การงอกลดลงถึง ๒๘ % ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากกาบใบเป็นอุปสรรคทำให้ตาอ้อยงอกได้ช้าลงก็เป็นได้ การฉีดหรือพ่นยากำจัดวัชพืช พวก ๒, ๔ –D ก่อนอ้อยงอกเกินกว่าอัตราที่กำหนดเอาไว้ (๖–๘ ปอนด์ต่อเฮกตาร์) อาจทำให้การงอกของท่อนพันธุ์อ้อยเสียหายได้เช่นกัน

ควรระมัดระวังความเสียหายอันอาจจะเกิดขึ้นแก่ตาและท่อนพันธุ์อ้อย

ในระหว่างที่ทำการตัดลำอ้อยทำท่อนพันธุ์นั้น จะต้องระมัดระวังไม่ให้ตาอ้อยฟกช้ำหรือเป็นแผลชูดชิด มีดที่ใช้ตัดควรจะมีความคม ไม่ทื่อจนทำให้ต้องตัดลำอ้อยซ้ำแล้วซ้ำเล่า ทำให้ปลายท่อนอ้อยที่ถูกตัด แตกเป็นแผล ผลเสียดังกล่าวจะเป็นอุปสรรคทำให้การงอกของอ้อยลดน้อยลงได้

การขนหรือลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อย ก็เป็นเรื่องที่ต้องระมัดระวังมากเหมือนกัน การขนท่อนพันธุ์อ้อยไปปลูกโดยใส่ปุ้งกี๋หรือกระบุง ควรค่อยหยิบค่อยวาง เพราะตาอ้อยจะชอกช้ำได้ง่าย โดยเฉพาะพันธุ์อ้อยที่มีตาอวบใหญ่นูนออกมา การขนการปลูกจะต้องระมัดระวังมากยิ่งขึ้น เพราะตาอ้อยจะเป็นอันตรายได้ง่ายมาก การวางท่อนพันธุ์อ้อยปลูก ควรจับให้ตาอ้อยอยู่ขนานกับพื้นดินทุกตา เพราะตาอ้อยที่ปักพุ่งลงไปในดินจะงอกได้ช้าหรือไม่งอกเลย

ท่อนพันธุ์อ้อยที่ตัดเสร็จแล้ว ควรรีบนำไปปลูกให้เร็วที่สุด

พันธุ์อ้อยที่ไม่ได้จุ่มหรือแช่น้ำยา เมื่อตัดหรือทอนเสร็จแล้วควรรีบนำไปปลูกให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเร็วได้ ส่วนพันธุ์อ้อยที่แช่น้ำยานั้น ตามรายงานของ ดร. เจ บี มาร์ติน ที่ทำการทดลองในปี ๑๙๕๐ กล่าวว่า ท่อนพันธุ์อ้อยที่แช่น้ำยา PMA และไม่ปล่อยให้แห้งนั้น เมื่อเก็บไว้นาน ๓ วันแล้วนำไปปลูก ปรากฏว่า ไม่ทำให้ความงอกลดน้อยลงหรือลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การเตรียมดินก่อนปลูก

การเตรียมดินก็เป็นสิ่งที่สำคัญมาก การไถเตรียมดินหลาย ๆ ครั้ง จนดินร่วนซุยนั้น นอกจากจะเป็นวิธีการช่วยให้ดินสามารถเก็บรักษาความชื้นไว้ได้นานแล้ว ดินร่วนซุยยังมีโอกาสสัมผัสท่อนพันธุ์อ้อยได้มาก ทำให้อ้อยงอกได้ดีขึ้น รากอ้อยที่งอกออกมาก็จะแผ่กระจายออกไปได้ง่ายกว่าในดินที่เกาะกันเป็นแผ่นแข็ง ทำให้อ้อยเจริญเติบโตขึ้นมาได้อย่างรวดเร็ว

การวางท่อนพันธุ์อย่างถูกวิธี (Handle Field Operations Properly)

การปลูก ควรวางท่อนพันธุ์ออยนอนราบกับพื้นดิน นอกจากในกรณีที่ดินเปียกแฉะมาก จึงควรจะใช้วิธีปักลงดิน เพราะว่าการปลูกโดยปักท่อนพันธุ์ลงบนดินนั้น หน่ออ้อยที่งอกออกมาจากตาที่อยู่เหนือพื้นดิน มักจะทำให้ลำสั้นและอ่อยแอ แมลงต่าง ๆ จอบทำลายเสียหายมาก นอกจากนี้ยังถูกลมและเครื่องไถพรวนทำความเสียหายได้ง่าย และทนต่อความแห้งแล้งได้น้อยอีกด้วย ส่วนท่อนพันธุ์ออยที่วางราบลงกลบดินทับนั้น หน่ออ้อยที่เจริญขึ้นมา มักจะให้ลำมีความสูงดีกว่า แข็งแรงกว่า และทนทานแมลง และความแห้งแล้งได้ดีกว่าอีกด้วย

การวางท่อนพันธุ์ลงบนดินนั้น ควรจับให้ตาแต่ละข้างอยู่ขนานกับพื้นดิน (Sideways) อย่าให้ตาข้างหนึ่งหงายขึ้น อีกข้างหนึ่งคว่ำลงดิน ทั้งนี้ เพื่อให้ออยมีความงอกลำเสมอกัน จากการทดลอง ได้พบว่า การวางท่อนพันธุ์ออยโดยให้ตาข้างหนึ่งหงายขึ้น อีกข้างหนึ่งคว่ำลง ตาข้างที่หงายขึ้น (ตาส่วนที่อยู่เหนือกว่า) จะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วมาก ตาที่คว่ำลงดินนั้นจะงอกได้ช้า หรือบางทีไม่งอกเลย แต่เมื่อวางท่อนพันธุ์โดยจับให้ตาแต่ละข้างขนานกับพื้นดิน ปรากฏว่า การงอกของแต่ละตาเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และหน่ออ้อยเจริญเติบโตแข็งแรงได้เท่า ๆ กันทั้ง ๒ ตา

ระยะเวลาการงอกนั้น จากการทดลองพบว่า การวางท่อนพันธุ์โดยให้ตาหงายขึ้น การงอกจะกินเวลา ๑๐.๕ วัน ถ้าตาคว่ำลง การงอกจะกินเวลา ๒๔.๖ วัน และถ้าตาทั้งสองข้างอยู่ขนานกับพื้นดิน การงอกจะกินเวลา ๑๔.๔ วัน

หลังจากการวางท่อนพันธุ์กลบดินแล้ว ควรเหยียบดินให้แน่นพอสมควร ทั้งนี้เพื่อป้องกันความชื้นในดินไม่ให้ระเหยสูญหายไปได้อย่างรวดเร็ว และเพื่อให้ดินและความชื้นในดินได้สัมผัสกับท่อนพันธุ์ออยได้เต็มที่ จะช่วยให้พันธุ์ออยงอกได้ดีขึ้น การกลบดินนั้นโดยทั่วไป ควรกลบหนาประมาณ ๒ นิ้วฟุต แต่ถ้ามีฝนตกชุก ดินเปียกมีน้ำขัง หรือการระบายน้ำไม่ดี ควรกลบดินบาง ๆ คือหนา ๑ – ๒ นิ้วฟุตก็พอ ทั้งนี้ เพื่อเปิดโอกาสให้ความร้อนจากแสงแดดช่วยระเหยน้ำไปเสียบ้าง ส่วนในท้องที่ที่ดินมีความแห้งแล้งโดยเฉพาะการปลูกช่วยตอนปลายฝน การกลบดินควรจะกลบให้หนาสักหน่อย (๒ – ๓ นิ้วฟุต) ทั้งนี้เพื่อให้พันธุ์ออยได้รับความชื้นจากดินมากขึ้นนั่นเอง

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ไม่ได้เป็นตัวการจำกัดความงอกของท่อนพันธุ์อ้อยแต่อย่างใด เพียงแต่ขอให้มีอุณหภูมิและความชื้นตากปกติ อ้อยก็สามารถงอกขึ้นมาได้ ไม่ว่าจะปลูกอยู่ในดินชนิดใด แม้กระทั่งในดินทราย ควอร์ทซ์ (quartz sand) ซึ่งมีอาหารพืชอยู่น้อยมากอ้อยก็งอกได้ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าดินที่ปลูกอ้อยนั้น มีธาตุอาหารพวกฟอสเฟตไม่เพียงพอ หรือมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนล่าช้าเกินไป จะกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโต และการแตกกอของหน่ออ้อยในภายหลัง

การป้องกันและการกำจัดโรคแมลง

เพื่อเป็นการป้องกันและกำจัดแมลงที่อาศัยอยู่ในดิน ซึ่งมักจะกัดทำลายตาอ้อย ควรใช้ยา BHC 26 W พ่นลงไปในร่องอ้อยก่อนทำการปลูก ในอัตรา ๘ ปอนด์ต่อเฮกตาร์ (๖.๒๕ ไร่) อ้อยที่ปลูกอยู่แล้ว บรากฏว่าเป็นโรคต้องรีบขุดทำลายเสียโดยเร็ว โรคอ้อยที่สำคัญ ๆ เช่น โรคใบตายนึ่ง (Leaf Scald) โรคโมเสค (Mosaic) หรือโรคคลอโรติค สตรีค (Chlorotic streak) จำเป็นต้องรีบขุดทำลายเสียแต่ต้นมือ เพราะว่าถ้าท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก เกิดติดโรคนี้มาไม่เพียงแต่จะทำให้ความงอกล่าช้าลงแล้ว ยังจะทำให้ความเจริญเติบโตของหน่ออ้อยล่าช้างและชงักงันลงไปอีกด้วย เครื่องมือที่ใช้ขุดทำลายอ้อยเป็นโรคแล้ว ควรฆ่าเชื้อทำความสะอาดทุก ๆ ครั้ง โดยการแช่ลงในสารละลายน้ำยาฆ่าเชื้อโรค (Lysol) ที่มีความเข้มข้น ๑๐ %

ตามสภาพปกติแล้ว ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยดังที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ ถ้าชาวไร่ลองพิจารณาแล้ว ปฏิบัติตามดูผู้เขียนเชื่อแน่เหลือเกินว่าพันธุ์อ้อยที่ได้ปลูกลงไปนั้น จะงอกได้อย่างสม่ำเสมอ หน่ออ้อยที่งอกขึ้นมาจะแข็งแรงเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย เพราะเมื่ออ้อยงอกได้ดีเจริญเติบโตได้ดี ก็ไม่ต้องมีการปลูกซ่อมกันมาก ท่อนพันธุ์อ้อยก็ใช้น้อยลง ค่าใช้จ่ายในการปลูกซ่อม ก็ย่อมจะน้อยตามไปด้วย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ธาตุอาหารบำรุงอ้อย

เป็นที่ทราบกันแล้วว่า ปริมาณธาตุอาหารที่ได้สัดส่วนสมดุลย์กัน เป็นสิ่งสำคัญในการทำไร่อ้อยให้ได้รับผลสำเร็จ ความรู้เกี่ยวกับวิธีการให้ธาตุอาหารอย่างถูกต้องในปริมาณที่เหมาะสม เป็นอีกเรื่องหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับธาตุอาหารที่อ้อยต้องการ

ในท่อนพันธุ์อ้อยมีธาตุอาหารเก็บสะสมอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นธาตุอาหารในดินที่อยู่ใกล้ ๆ ท่อนพันธุ์อ้อย ต้องพร้อมที่จะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของต้นอ้อย ในระยะแรก ๆ การแตกกอหรือการเจริญเติบโตของหน่ออ้อยต้องการธาตุอาหารพวกฟอสฟอรัสในปริมาณมาก ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารของอ้อยที่สำคัญด้วยธาตุหนึ่ง และการขาดธาตุไนโตรเจนเป็นเรื่องสามัญ ที่ประสบอยู่ในท้องที่ที่มีการปลูกอ้อยอยู่ทั่วโลก

การเจริญเติบโตงอกงามของต้นอ้อยตอนส่วนบนเหนือพื้นดินนั้น ขึ้นอยู่กับความเจริญเติบโตของระบบรากเป็นสำคัญ กรณีนี้ก็เช่นเดียวกัน ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีจำนวนมาก เพราะถ้ามีธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ จะทำให้ระบบรากเล็กและอ่อนแอ และไม่สามารถดูดธาตุอาหารต่าง ๆ น้ำและอากาศเข้าไปบำรุงเลี้ยงอ้อยเพื่อให้เจริญเติบโตได้ดีพอ

การดูดธาตุอาหารของอ้อย (Nutrient uptake)

ธาตุอาหารที่ถูกดูดไปนั้น มีอัตราแตกต่างกันเป็นอย่างมาก เมื่อหน่ออ้อยและรากอ้อยยังเล็กอยู่นั้น ปริมาณธาตุอาหารที่ถูกดูดไปจากดินก็มีน้อย แต่เมื่อรากแผ่กระจายไปในดินมากขึ้น ธาตุอาหารในดินก็จะถูกดูดไปใช้มากขึ้น เพราะเพื่อนำไปเร่งความเจริญเติบโตของอ้อยส่วนบนเหนือพื้นดิน การดูดอาหารจะมีมากที่สุดเมื่ออ้อยมีอายุอยู่ระหว่าง ๔ – ๘ เดือน การดูดธาตุอาหารพวกไนโตรเจน และโปรแตสเซี่ยมจะมีน้อยลง เมื่ออ้อยมีอายุ ๑๐ เดือน สำหรับการปลูกอ้อย ๒ ปี เช่น ในฮาวาย การให้ปุ๋ยไนโตรเจนและโปรแตสในอัตราสูง ก็ปรากฏว่า อ้อยดูดขึ้นไปใช้อย่างรวดเร็ว ติดต่อกันตลอดเวลา

การเจริญเติบโต ระยะย่างปล้อง (boom stage) และการเจริญเติบโตในปีที่ ๒ ด้วย ในการปลูกอ้อยอายุ ๑ ปีนั้น สิ่งจำเป็นก็คือ การเจริญเติบโตจะทำให้ความแก่ของอ้อยช้าลง ด้วยเหตุนี้การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในระยะแรกจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูง

ส่วนประกอบของอ้อย (Composition of sugarcane)

ปริมาณธาตุอาหารที่อ้อยพันธุ์ต่าง ๆ ดูดจากดินนั้น แตกต่างกันมากถึง ๑๐๐ % อัตราการเจริญเติบโตก็แตกต่างกัน สำหรับอ้อยที่มีลำเล็ก พันธุ์ ๔๔ - ๓๐๙๘ จากโคอาลาฮาวาย ปลูกไม่ได้ผล เนื่องจากไม่สามารถดูดโปรแตสเซี่ยมไปใช้ได้ ในขณะเดียวกันพันธุ์ ๔๐ - ๑๑๓๔ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีน้ำอ้อยเลว (poor juice) กลับสามารถได้รับธาตุโปรแตสเซี่ยมเพียงพอ สำหรับการเจริญเติบโตตามปกติภายใต้สภาพแวดล้อมอย่างเดียวกัน

โดยทั่ว ๆ ไปการเพิ่มอัตราการใช้ปุ๋ยจะทำให้ระดับปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อของพืชสูงขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเกินต้องการ ระดับของส่วนประกอบในเนื้อเยื่อสะสม จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด การใช้ธาตุอาหารชนิดเดียวกัน มักจะเกิดผลในการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารชนิดอื่น ตัวอย่างเช่น ไนโตรเจนและโปรแตสเซี่ยม ทั้ง ๒ ธาตุต่างมีระดับถึงขีดสูงสุด (Critical Levels) การใช้ธาตุหนึ่งธาตุใดตามลำพังเพียงธาตุเดียว จะเป็นผลทำให้ส่วนประกอบของอีกธาตุหนึ่ง ลดลงเป็นอย่างมาก

ได้นำเอาเรื่องการขาดแคลนและลักษณะอาการเป็นพิษของธาตุอาหารจำเป็นซึ่งพืชต้องการใช้ปริมาณน้อยมาก (essential elements) มาศึกษาในแปลงเพาะเลี้ยงที่มีการควบคุม สภาพแวดล้อม ลักษณะอาการจำเพาะที่ปรากฏขึ้น เหล่านั้น จะถูกนำไปใช้วินิจฉัย การขาดแคลนและการเป็นพิษของพืชในสภาพไร่นา (field condition) การวิเคราะห์พืชนั้น มักจะใช้เป็นประโยชน์ในการยืนยันการขาดแคลนหรือการเป็นพิษเนื่องจากธาตุอาหารดังกล่าวของพืชที่สงสัย

การเปลี่ยนสีของใบและการเกิดจุด (spots) ขีด (streaks) การซีดของใบ (chlorosis) และการแห้งตาย (necrosis) ของเนื้อเยื่อเป็นลักษณะอาการที่สามารถมองเห็นได้ ลักษณะการขาดแคลนธาตุอาหารซึ่งยืนยันโดยการวิเคราะห์พืช และการจดบันทึกลงจากภาพถ่าย ทำให้การวินิจฉัยได้ง่ายขึ้น เพราะลักษณะอาการจำเพาะที่ปรากฏกับอ้อยในท้องที่ต่าง ๆ เป็นอย่างเดียวกัน

ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็น สำหรับความเจริญเติบโตของอ้อย ซึ่งตามปกติประกอบกันอยู่เป็นสัดส่วนที่ทราบกันอยู่แล้ว (ตามตารางที่ ๗) ปริมาณการขาดแคลนและการเป็นพิษของธาตุเหล่านี้ ก็เป็นที่ทราบกันแล้วเช่นกัน และสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขการใช้ธาตุดังกล่าว เพื่อให้พืชเจริญเติบโตไปได้ตามปกติ

ตารางที่ ๓ แสดงการวิเคราะห์เนื้อเยื่อของต้นอ้อย

จากสำนักงานอ้อยและน้ำตาล(๒๕๑๔)

ธาตุอาหาร	ส่วนของพืชนับจากยอด	ความเข้มข้นวิกฤติ Critical Concertrative	ช่วงระยะที่แสดงลักษณะอาการขาดธาตุอาหาร	ช่วงระยะที่ไม่แสดงลักษณะอาการขาดธาตุอาหาร
โบรอน	ใบที่ ๓, ๔, ๕, ๖	๑ p.p.m	๑ p.p.m	๒-๓ p.p.m
แคลเซี่ยม	กาบใบที่ ๓, ๔, ๕,๖	๐.๑๕ %	๐.๐๒-๐.๑ %	๐.๑-๒.๐ %
	ปล้องที่ ๘-๑๐	๐.๐๖ %	๐.๐๒-๐.๐๕ %	๐.๐๕-๒.๐ %
ทองแดง	ใบที่ ๓, ๔, ๕, ๖	๕ p.p.m	๓๕ p.p.m	๕-๑๐๐ p.p.m
เหล็ก	ใบที่ ๓, ๔, ๕, ๖	a	๑-๑๐ p.p.m	๒๐-๖๐๐ p.p.m
แมกนีเซี่ยม	กาบใบที่ ๓, ๔, ๕,๖	๑.๑ %	๐.๑ %	๐.๑๕-๑.๐ %
	ปล้องที่ ๘-๑๐	๐.๐๕ %	๐.๐๕ %	๐.๑๐-๑.๐ %
แมงกานีส	ใบที่ ๓, ๔, ๕, ๖	a	๑-๑๐ p.p.m	๒๐-๔๐๐ p.p.m
โบลิบดีนั่ม	ใบที่ ๓, ๔, ๕, ๖	๐.๐๕ p.p.m	๐.๐๕ p.p.m	๐.๐๕-๕ p.p.m
ไนโตรเจน	ใบที่ ๓, ๔, ๕, ๖	๑.๐ %	๑.๐-๑.๕ %	๑.๕-๒.๗ %
	ปล้องที่ ๘-๑๐	๐.๒๕ %	๐.๖ %	๐.๒๕-๖.๐
ฟอสฟอรัส	กาบใบที่ ๓, ๔, ๕,๖	๐.๐๘ %	๐.๐๒-๐.๐๕ %	๐.๐๕-๐.๒ %
	ปล้องที่ ๘-๑๐	๐.๐๕ %	๐.๑๐-๑.๐๓๒ %	๐.๐๔-๐.๒ %
โปรแตชเซี่ยม	กาบใบที่ ๓, ๔, ๕,๖	๒.๒๕ %	๐.๓-๐.๕ %	๒.๒๕-๖.๐ %
	ปล้องที่ ๘-๑๐	๑๐ %	๑.๓-๐.๘ %	๑.๐-๒.๐ %
กำมะถัน	ใบที่ ๓, ๔, ๕,๖	-	๒๐-๑๐๐ p.p.m	๓๐๐-๑๐,๐๐๐ p.p.m
สังกะสี	กาบใบที่ ๓, ๔, ๕,๖	๑๐ p.p.m	๑๐ p.p.m	๑๐-๑๐๐ p.p.m

a แตกต่างกันตามอัตราส่วนของเหล็ก/แมงกานีส ระดับวิกฤตอาจจะต่ำกว่า ๑๐ ppm ถ้าเหล็ก/แมงกานีส มีค่าเกิน ๑ (Schmehl and Humbert)

ความต้องการธาตุไนโตรเจน (Nitrogen requirements)

ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารพืชที่มีราคาแพงที่สุด และต้องใช้อย่างระมัดระวัง ถ้ามีไนโตรเจนน้อย จะทำให้ผลผลิตต่ำมาก แต่ถ้ามีไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้น้ำอ้อยมีคุณภาพต่ำลง ไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากรากไปสู่ลำต้นและใบ และเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดอะมิโน (amino acids) และสารโปรตีน (protein substances) ในขณะที่ส่วนล่างของลำต้นแก่จัด (Stalk mature) ไนโตรเจนจะเคลื่อนตัวไปยังเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนกว่า เพื่อเป็นประโยชน์อีกต่อไป

เมื่ออ้อยโตขึ้นจะถูกดูดไปใช้ในปริมาณมากกว่าในอ้อยเล็ก ซึ่งใช้ไนโตรเจนในระยะการเจริญเติบโต ๒ – ๓ สัปดาห์แรก อ้อยเจริญเติบโตและต้องการธาตุไนโตรเจนมากที่สุด เมื่อลำต้นมีจำนวนใบ ๑๒ – ๑๔ ใบ ถ้าขาดแคลนไนโตรเจน ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนเหลือง และการเจริญเติบโตชะงักลง อ้อยมีลำเล็กและจะแห้งก่อนแก่และใบแก่จะแห้งตาย รากมีความยาวมากขึ้น แต่มีขนาดเล็กกว่ารากที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ เมื่อไนโตรเจนขาดแคลนลง น้ำตาลจะสะสมอยู่ในลำต้นเมื่ออ้อยแก่เต็มที่นี้ เป็นสภาพที่ปรารถนา ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญ มีผลอย่างมากที่สุดต่อการแก่ของอ้อยและคุณภาพของน้ำอ้อย

ตามแนวโน้มการตอบสนองการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของพืชนั้น ปรากฏว่า ทั้งน้ำหนักอ้อยและน้ำตาลในอ้อยเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจน และเมื่อถึงระดับสูงสุดแล้ว การเพิ่มไนโตรเจนจะไปลดคุณภาพของน้ำอ้อย และเป็นต้นเหตุทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลงไปอย่างมาก

การเจริญเติบโต ระยะย่างปล้อง (boom stage) และการเจริญเติบโตในปีที่ ๒ ด้วย ในการปลูกอ้อยอายุ ๑ ปีนั้น สิ่งจำเป็นก็คือ การเจริญเติบโตจะทำให้ความแก่ของอ้อยช้าลง ด้วยเหตุนี้การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในระยะแรกจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูง

ส่วนประกอบของอ้อย (Composition of sugarcane)

ปริมาณธาตุอาหารที่อ้อยพันธุ์ต่าง ๆ ดูดจากดินนั้น แตกต่างกันมากถึง ๑๒๐ % อัตราการเจริญเติบโตก็แตกต่างกัน สำหรับอ้อยที่มีลำเล็ก พันธุ์ ๔๔ - ๓๐๙๘ จากโคฮาลา ฮาวาย ปลูกไม่ได้ผล เนื่องจากไม่สามารถดูดโปรแตสเซี่ยมไปใช้ได้ ในขณะเดียวกันพันธุ์ ๔๐ - ๑๑๓๙ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีน้ำอ้อยเลว (poor juice) กลับสามารถได้รับธาตุโปรแตสเซี่ยมเพียงพอ สำหรับการเจริญเติบโตตามปกติภายใต้สภาพแวดล้อมอย่างเดียวกัน

โดยทั่ว ๆ ไปการเพิ่มอัตราการใช้ปุ๋ยจะทำให้ระดับปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อของพืชสูงขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเกินต้องการ ระดับของส่วนประกอบในเนื้อเยื่อสะสม จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด การใช้ธาตุอาหารชนิดเดียวกัน มักจะเกิดผลในการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารชนิดอื่น ตัวอย่างเช่น ไนโตรเจนและโปรแตสเซี่ยม ทั้ง ๒ ธาตุต่างมีระดับถึงขีดสูงสุด (critical levels) การใช้ธาตุหนึ่งธาตุใดตามลำพังเพียงธาตุเดียว จะเป็นผลทำให้ส่วนประกอบของอีกธาตุหนึ่ง ลดลงเป็นอย่างมาก

ได้นำเอาเรื่องการขาดแคลนและลักษณะอาการเป็นพิษของธาตุอาหารจำเป็นซึ่งพืชต้องการใช้ปริมาณน้อยมาก (essential elements) มาศึกษาในแปลงเพาะเลี้ยงที่มีการควบคุม สภาพแวดล้อม ลักษณะอาการจำเพาะที่ปรากฏขึ้น เหล่านั้น จะถูกนำไปใช้วินิจฉัย การขาดแคลนและการเป็นพิษของพืชในสภาพไร่นา (field condition) การวิเคราะห์พืชนั้น มักจะใช้เป็นประโยชน์ในการยืนยันการขาดแคลนหรือการเป็นพิษเนื่องจากธาตุอาหารดังกล่าวของพืชที่สงสัย

สะดวกในการใช้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วปุ๋ยยูเรียมักใช้หว่านเป็นปุ๋ยแต่งหน้า และฉีดพ่นทางใบ (foliar spray) หรือใช้ในรูปปุ๋ยเม็ด

ความต้องการของธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus Requirements)

ธาตุฟอสฟอรัสมีอยู่เป็นจำนวนมากที่เนื้อเยื่อเจริญ (The meristematic tissues) และทำให้ลำต้นอ้อยมีความยาวขึ้น ธาตุฟอสฟอรัสเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมที่สำคัญที่สุดในต้นพืช เมื่อเกิดการขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของลำต้นที่แก่จะลดน้อยลงอย่างรวดเร็วกว่าในส่วนของลำต้นที่ยังไม่แก่ (immature)

การขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส จะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของรากและหน่ออ้อยลดน้อยลง ความยาวและขนาดของลำอ้อยลดน้อยลง ทำให้ลำอ้อยสั้นเรียวเล็ก ทำให้จุดเจริญ (growing point) ค่อย ๆ เรียวเล็กลงอย่างรวดเร็ว กออ้อยที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสจะมีลำอ้อยเพียง ๒ – ๓ ลำ ลำอ้อยมีปล้องสั้น แสดงว่ามีอัตราการเจริญเติบโตช้ามาก และมักไม่มีการแตกหน่อใหม่ กออ้อยที่เสื่อมโทรมมักพบว่าขาดธาตุฟอสฟอรัสเป็นผลทำให้เกิดช่องว่างมีวัชพืชและหญ้าต่าง ๆ ขึ้นจนยากแก่การกำจัด

การขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัสทำให้ระบบรากอ้อยเจริญเติบโตได้ไม่ดี รากมีน้อยจะจำกัดความเจริญเติบโตของอ้อย เพราะว่าได้รับน้ำ อากาศและอาหารไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตตามปกติ ฟอสฟอรัสจำเป็นสำหรับการแบ่งเซลล์ ซึ่งทำให้ลำต้นและรากยาวขึ้น และอ้อยเจริญเติบโตขึ้น

ระดับของฟอสฟอรัสในดินชั้นล่าง (subsoils) มักจะเกิดการขาดแคลนอย่างรุนแรง การเจริญเติบโตของรากจะถูกจำกัดอยู่ในดินชั้นไถพรวน (Tilled surface soil) การหว่านปุ๋ย พวกหินฟอสเฟต ดินบดอย่างละเอียดลงบนพื้นดิน รวมทั้งการใส่ลงไปในดินชั้นล่าง โดยใช้เครื่องมือไถดินลึก (Tilled surface soil) นั้นช่วยทำให้รากเจริญเติบโตดีขึ้น และทำให้ผลผลิตอ้อยและน้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก (significantly) ระบบรากที่แผ่กระจายออกไปมากขึ้น ย่อมได้อาหารจากดินมากขึ้น ทำให้น้ำหนักอ้อยเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในระยะแห้งแล้ง (drought)

การวิเคราะห์ดินทำให้ทราบปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่ละลายเป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorous) ที่มีอยู่ในดิน ถ้าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีอยู่ในระดับที่ต่ำ ตามปกติมักจะใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่คิดปริมาณเนื้อธาตุอาหาร (P_2O_5) ระหว่าง ๒๐๐ - ๔๐๐ กก.ต่อเฮกตาร์ (๖.๒๕ ไร่) เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของอ้อยและตออ้อย การใส่ปุ๋ยพร้อมกับการปลูกอ้อยเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ดินไร่อ้อยในเขตร้อน (Tropics) มากแห่งด้วยกันที่มีความสามารถในการดูดยึด (fix) ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่บำรุงดินเอาไว้ได้ในปริมาณมาก ตามปกติในดินชั้นล่างของดินเหล่านั้นมีธาตุฟอสฟอรัสอยู่น้อย และการไถพรวนเอาดินชั้นล่างนั้นขึ้นมาปะปนกับดินชั้นบน จะต้องใช้ปุ๋ยฟอสเฟตบำรุงดินเป็นจำนวนมาก

การวิเคราะห์พืช (plant analysis) สามารถใช้ตรวจการใช้ธาตุฟอสฟอรัสได้ สำหรับเนื้อเยื่อที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ แนะนำให้ใช้ลำอ้อยที่ยังไม่แก่ (immature stalk) ตัดเป็นท่อน ๆ ๘ - ๑๐ ท่อน

ธาตุฟอสฟอรัสนั้นใช้ในรูปของปุ๋ยแบบต่าง ๆ กัน หินฟอสเฟตดินบดอย่างละเอียดใช้ได้ผลดี เมื่อหว่านและทำปฏิกิริยาเป็นกรดในดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส ซูเปอร์ฟอสฟอรัสที่เกิดจากปฏิกิริยาของกรดกับหินฟอสเฟตก็เป็นปุ๋ยที่ดีอย่างหนึ่ง สำหรับใส่ลงดินบริเวณรากพืช (root zone) ซูเปอร์ฟอสเฟตทริเปิล ซูเปอร์ฟอสเฟต และแอมโมเนียฟอสเฟตก็เป็นปุ๋ยที่ดี และมักเลือกใช้กันตามชนิดของดินและราคาปุ๋ย

<u>ความต้องการของธาตุโปแตสเซี่ยม</u> (Potassium Requirements)

อ้อยต้องการธาตุโปแตสเซี่ยมมากกว่าธาตุอื่น ๆ อ้อยต้องการธาตุโปแตสเซี่ยมสำหรับสร้างเซลล์ การดูดซับคาร์บอน การสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์โปรตีน การสังเคราะห์แป้ง การเคลื่อนย้ายโปรตีนและน้ำตาล การผ่านของน้ำเข้าไปในต้นพืช การเจริญเติบโตของรากพืชตามปกติ และกระบวนการดำรงชีพอื่น ๆ อีกหลายประการ

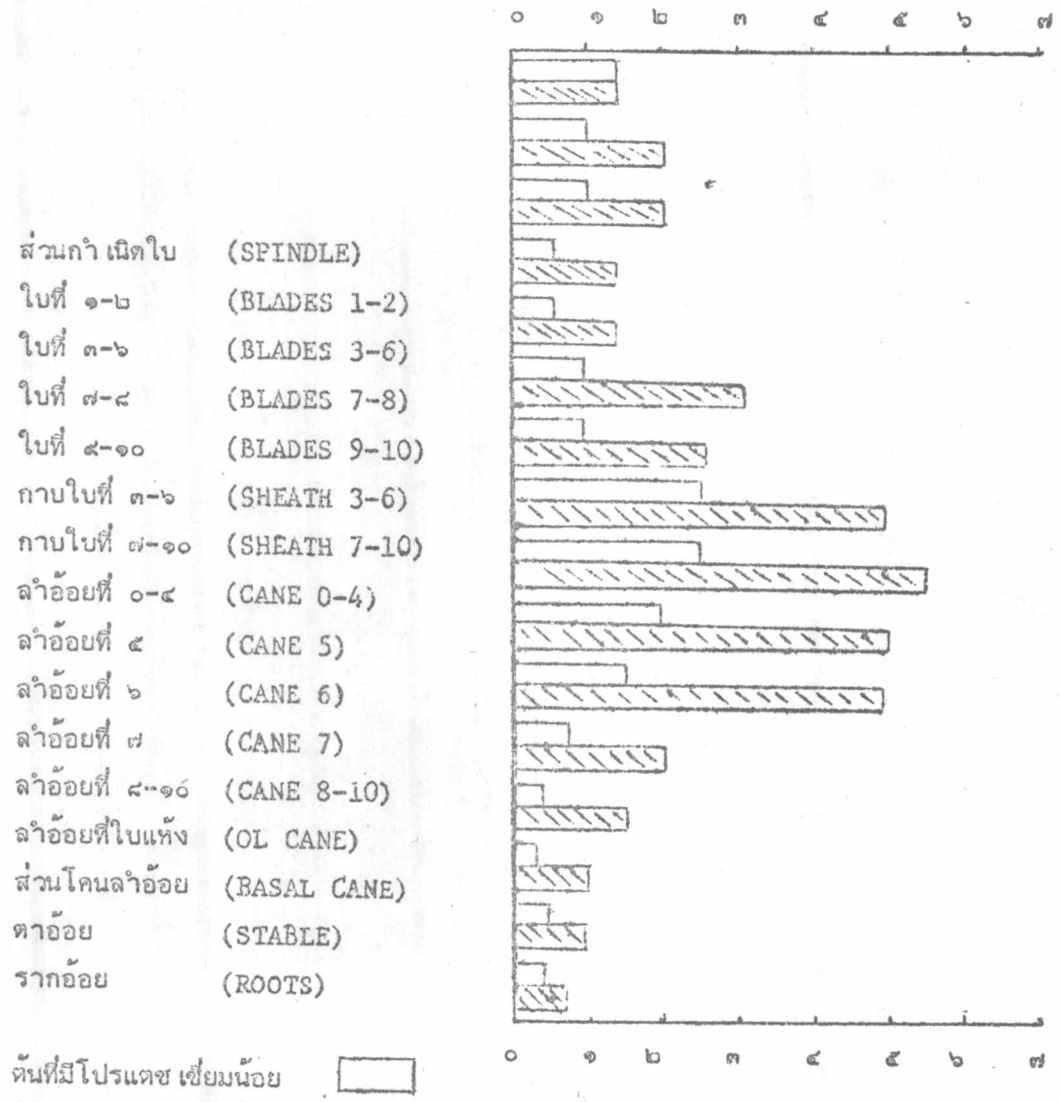
ดินซึ่งพืชแสดงอาการขาดธาตุโปแตสเซี่ยม เมื่อใส่ปุ๋ยโปแตสบำรุงดินเป็นอย่างดีนั้น มักจะเป็นดินพวกดินเหนียวจัดมีโครงสร้างของเม็ดดินไม่ดี แน่นทึบ เนื่องจากความกดดันของอากาศ หรือยวดยานแล่นผ่าน และเกี่ยวโยงกับการมีธาตุแคลเซี่ยมอิ่มตัวอยู่ในปริมาณสูง การแลกเปลี่ยนออกซิเจนในบริเวณรากพืชมักจะช้า ความยากลำบากในการที่จะได้รับธาตุโปแตสเซี่ยมอย่างเพียงพอนั้น อาจเนื่องมาจากดินนั้นมีความชื้นสูง หรือมีอุณหภูมิต่ำ หรือทั้งสองอย่าง

บทบาทของโปแตสเซี่ยมในทางประหยัด น้ำเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในขณะที่แคลเซี่ยมส่งเสริมการกำจัดน้ำออกจากพืช มันก็จะส่งเสริมการเต่งตัวของเซลล์พืชด้วย โปแตส-เซี่ยมช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ในเนื้อเยื่อของพืช อัตราส่วนระหว่างไนโตร-เจนและโปแตสเซี่ยมที่สมดุลย์กันอย่างถูกต้อง ทำให้เกิดมีคาร์โบไฮเดรตเพียงพอสำหรับเสริมสร้างความแข็งแรงของเนื้อเยื่อ มิฉะนั้นแล้วต้นพืชจะล้ม (lodge)

การศึกษาความเข้มข้นของโปแตสเซี่ยมในเนื้อเยื่อของอ้อยนั้น ได้มีผู้ทราบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทั้งในขณะที่เนื้อเยื่อเจริญเติบโต โตเต็มที่ และตาย ผู้เขียนเรื่องนี้ได้ทำการศึกษาในประเทศแม็กซิโก ได้เน้นให้เห็นความสำคัญของการเคลื่อนย้ายภายในเนื้อเยื่อ เนื่องจากโปแตสเซี่ยมได้กลายเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่จำกัดความเจริญเติบโต ตารางที่ ๒ แสดงการกระจายของโปแตสเซี่ยมในอ้อยที่บำรุงด้วยโปแตสเซี่ยมเป็นอย่างดี และในอ้อยที่ขาดโปแตสเซี่ยมที่เมือง อินเกนิเอ ซิโคเทนคัทล์ ประเทศแม็ก-ซิโก (Ingenio Xicotencatl, Maxico) การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนของอ้อยที่ขาดโปแตสเซี่ยม แสดงระดับของโปแตสเซี่ยมสูงเกือบเท่ากันกับของอ้อยที่บำรุงด้วยโปแตสเซี่ยมอย่างดี แต่ทางส่วนของลำต้นที่ยิ่งต่ำลงมา ความแตกต่างของส่วนประกอบจะยิ่งมีมากขึ้น เนื้อเยื่อจากลำต้นอ้อย ๘ - ๑๐ ลำ เป็นเนื้อเยื่อที่ดีมากที่ใช้ในการศึกษาพบการเคลื่อนย้ายโปแตสเซี่ยมจากเนื้อเยื่อที่แก่กว่า ไปยังเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตที่อ่อนกว่า

ตารางที่ ๔ แสดงการกระจายของธาตุโปรแตสเซี่ยมในอ้อยที่ขาดโปรแตสเซี่ยม และในอ้อยที่บำรุงด้วยธาตุโปรแตสเซี่ยมเป็นอย่างดี ทำการทดลองที่ประเทศแม็กซิโก

จากสำนักงานอ้อยและน้ำตาล (๒๕๑๔)



การขาดโปแตสเซี่ยมทำให้อัตราการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของพืชลดลง ในฮาวาย, เบอรร์ (Burr) และผู้ร่วมงานพบว่าในพืชที่มีอายุมาก การขาดแคลนธาตุโปแตสเซี่ยมทวีความรุนแรงมากขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงตั้งแต่ ๑๐ - ๔๘ % พืชที่ขาดแคลนธาตุโปแตสเซี่ยมจะชะงักการเจริญเติบโต ใบแก่จะมีจุดและมีสีเหลือง และลำย่อยจะเรียวเล็กลง ใบแก่มีสีเหลืองปนสีส้ม มีจุดสีดจำนวนมาก ซึ่งต่อไปจุดจะกลายเป็นสีน้ำตาล และตรงกลางจุดจะแห้งตาย เมื่อจุดเหล่านี้ขยายตัวรวมกันเข้าด้วยกัน จะเป็นผลทำให้เกิดสีน้ำตาลอยู่ทั่วทั้งใบ ต่อมาใบจะเริ่มตายเข้ามาจากทางปลายขอบใบและปลายใบ ทำให้เห็นใบไหม้เกรียมไป

ใบที่ต้องการธาตุโปแตสเซี่ยม การใส่ปุ๋ยโปแตสมักจะช่วยทำให้อ้อยมีคุณภาพดีขึ้น การช่วยทำให้คุณภาพของน้ำอ้อยดีขึ้นนี้ โดยทั่ว ๆ ไปมักเกี่ยวข้องสมดุลย์กันกับธาตุไนโตรเจน ถ้าระดับของโปแตสเซี่ยมต่ำกว่าระดับวิกฤต (critical levels) การเจริญเติบโตของพืชจะชะงักลง และไนโตรเจนที่ไม่ได้ประโยชน์จะสะสมกันมากขึ้น เป็นผลทำให้ระดับน้ำตาลรีดิวซิงชูการ์ (reducing sugar) สูงขึ้นและทำให้น้ำตาลซูโครสลดต่ำลง

อัตราการใช้ปุ๋ยโปแตส มีตั้งแต่ศูนย์ คือเมื่อดินมีปฏิกริยาเป็นกลางหรือเป็นด่างที่มีธาตุโปแตสเซี่ยมอยู่มากเพียงพอกับความต้องการแล้ว จนถึง ๕๐๐ กก. (K_2O) ต่อเฮกตาร์ (๖.๒๕ ไร่) ในดินที่ถูกชะล้างหน้าดินไป ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และมีปฏิกริยาเป็นกรด มักจะใช้ปุ๋ยนี้ในรูปของโปแตสเซี่ยม คลอไรด์ (Muriate of potash) ตอนปลูกอ้อยหรือตอนเริ่มบำรุงตออ้อย

ธาตุอาหารที่สำคัญรองลงมาและธาตุอาหารที่จำเป็น (Secondary and Micronutrients)

อ้อยต้องการอาหารพวกแคลเซี่ยม แมกนีเซี่ยม และกำมะถัน เช่นเดียวกันกับธาตุอาหารสำคัญ ๆ ที่กล่าวมาแล้ว การขาดธาตุแคลเซี่ยมและแมกนีเซี่ยมนั้นสังเกตได้ยาก เนื่องจากตามปกติอ้อยเจริญเติบโตในดินที่มีช่วงความเป็นกรดหรือเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง ๖ - ๗ ซึ่งแสดงว่าอ้อยต้องการธาตุแคลเซี่ยมในระดับปานกลาง ปฏิกริยาของดินในช่วงนี้

ยังทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแต่พืชต้องการในปริมาณน้อยมาก (micronutrients) บางชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี โบรอน เป็นต้น ละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดีด้วย

ดินที่เป็นกรดมากควรใส่ปูน (limed) ปูนช่วยยกระดับความเป็นกรดหรือด่าง (pH) ของดิน ช่วยลดการละลายของธาตุเหล็ก แมงกานีส และอะลูมินั่ม ปูนช่วยทำให้ฟอสฟอรัสและโมลิบดินั่มละลายเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น ปูนช่วยปรับปรุงสภาพทางฟิสิคส์ของดิน และส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มประมาณจุลินทรีย์ต่าง ๆ กันในดิน เมื่อมีแมงกานีเซี่ยมอยู่ในระดับต่ำ แนะนำให้ใช้ปูนไดโลไมท์ (dolomitic limestone) หรือปุ๋ยโปแตสเซี่ยม แมกนีเซี่ยมซัลเฟต บำรุงดิน

ในอนาคตนั้นคาดกันว่ากำมะถันจะเป็นธาตุที่สำคัญมากขึ้น เพราะว่าปุ๋ยที่มีกำมะถันอยู่นั้น จะถูกใช้ในรูปที่มีความเข้มข้นมากขึ้น การขาดธาตุกำมะถัน ไนโตรเจน นั้น จะเห็นความแตกต่างกันได้ กล่าวคือ การขาดธาตุกำมะถันนั้น อินทรีย์กำมะถัน (organic sulfur) ในใบพืชไม่สลายตัว และใบแก่ยังคงมีสีเขียว ในขณะที่ใบอ่อนตอนแรกมีสีเขียวปนเหลือง และในกรณีรุนแรง ใบจะซีด (Chlorotic) ลำต้นสั้นและเรียวเล็กลง ใบแคบและสั้นมาก พืชที่ขาดกำมะถัน มักเกิดจุดแดงปนน้ำเงิน (anttocyanin Pimentation) การขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี โบรอน และซิลิก้านั้น สังเกตพบเป็นครั้งคราว และการปฏิบัติการใช้ปุ๋ย ควรจะได้ดัดแปลงแก้ไข เพื่อบำบัดการขาดธาตุเหล่านี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๕ อินทรีย์วัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

อินทรีย์วัตถุในดิน เป็นวัตถุที่สลับซับซ้อนมากที่สุด กล่าวคือ นอกจากจะประกอบด้วยสารประกอบ (Compounds) ที่ปรากฏในพืชและสัตว์ ยังประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว ตลอดจนสารประกอบที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น และสารประกอบที่เกิดขึ้น (products) เนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ฉะนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า อินทรีย์วัตถุในดินประกอบด้วย สารประกอบอินทรีย์ (organic compound) แทบทุกชนิดที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ จากการวิจัยปรากฏว่าอินทรีย์วัตถุในดินประกอบด้วย amino acids (๒๕ ชนิดหรือมากกว่า) amino sugar, nucleic acids, phytin, phosholipids, cellulose, simple sugars (๑๘ ชนิด), lignin และสารประกอบที่มีโครงสร้างคล้าย lignin ตลอดจนสารประกอบจำพวกกรดอินทรีย์ (organic acid) พวก waxes สารประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ อาจปรากฏอยู่ในสภาพโดดเดี่ยว หรือรวมตัวกันเป็นสารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน (complex chain - like polymers) ก็ได้

๑. ความสำคัญของอินทรีย์วัตถุในดิน (importance of soil organic matter)

อินทรีย์วัตถุในดิน มีความสำคัญอย่างยิ่งในแง่ของการควบคุม หรืออิทธิพลต่อสมบัติของดิน ทั้งสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ทางเคมี (chemical properties) และทางชีวะ (biological propertion) ของดิน

อิทธิพลของอินทรีย์วัตถุในดินที่มีต่อสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ พอจะกล่าวสรุปเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

อิทธิพลต่อสีของดิน (effect on soil color)

อินทรีย์วัตถุในดิน ช่วยทำให้สีของดินเป็นสีน้ำตาล จนถึงสีดำ เพราะฉะนั้น ดินที่มีสีหนักไปทางน้ำตาลหรือดำทั่วไปแล้ว (ยกเว้นดินที่มีแมงกานีสในปริมาณที่ค่อนข้างสูง) จึงถือได้ว่าเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง

อิทธิพลต่อสมบัติทางฟิสิกส์อื่น ๆ (influence on other physical properties)

อินทรีย์วัตถุ ช่วยส่งเสริมให้เม็ดดินจับตัวกันเป็นก้อน (gramulation) ช่วยลดความหนืด (plasticity) และ cohesion ของดิน ตลอดจนเป็นตัวช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และการถ่ายเทอากาศ (aeration) ได้ดีขึ้น

I15844882

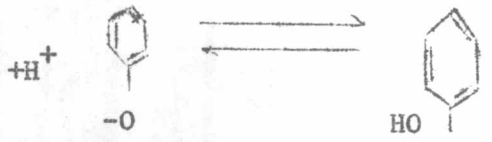
อิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับประจุบวก (influence on cation adsorption capacity)

ตัวอินทรีย์วัตถุเอง มีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการดูดซับประจุบวกโดยคอลลอยด์ (colloids) อื่นแล้ว การดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุในดินจะสูงกว่า ตั้งแต่ ๒ – ๓๐ เท่าในดิน โดยทั่วไปแล้วปริมาณของประจุบวกที่ถูกดูดซับอยู่ ประมาณ ๓๐ – ๙๐ % เป็นพวกที่ถูกดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุในดิน เหตุที่อินทรีย์วัตถุมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกนี้ ก็เนื่องมาจากประจุลบซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการ dissociation ของบางกรุ๊ป (groups) ในอินทรีย์วัตถุ เช่น carboxylic groups (-COOH) และ phenolic group ( ) การ dissociation ของทั้งสองกรุ๊ปนี้พอจะแสดงได้ ดังไดอะแกรมข้อล่างนี้

การ dissociation ของ carboxylic groups.

$$R - COOH \rightleftharpoons R - COO^- + H^+$$

การ dissociation ของ phenolic group



อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน (influence on buffer capacity of soils)

อินทรีย์วัตถุในดินมีประจุลบ (net negatively charges) เป็นจำนวนมาก และมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้สูง ซึ่งมีผลทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุสูง มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ได้ดี ซึ่งอาจแสดงให้เห็นได้ง่าย ๆ ดังต่อไปนี้

$$\text{Adsorbed } H^+ \rightleftharpoons \text{Soil solution } H^+$$

(reserve acidity) (active acidity)

ปฏิกริยานี้เป็น equilibrium reaction ฉะนั้นไม่ว่าจะมีการเพิ่มสารประกอบที่มีสมบัติเป็นกรดหรือด่างลงไปในดินก็ตาม ปฏิกริยาจะเกิดขึ้นทันที เพื่อรักษา equilibrium ไอกาสหรือกรดหรือด่างจะสะสมอยู่ในน้ำในดิน (soil solution) จึงมีน้อยมาก ซึ่งเป็นเหตุให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้น

<u>อิทธิพลต่อปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช</u> (influence on quantity and availability of plant nutrients)

อินทรีย์วัตถุในดิน หลังจากอินทรีย์วัตถุสลายตัวลงโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์นอกจากนี้อาหารพืชที่เป็นประจุบวกซึ่งถูกดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุยังเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เช่นเดียวกัน โดยประจุบวกที่ถูกดูดซับอยู่ ถูกแลกเปลี่ยนหรือแทนที่โดยประจุบวกด้วยกันเอง และอีกประการหนึ่งอินทรีย์วัตถุที่มีสมบัติเป็นกรด หรือกรดที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมา เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัว ยังช่วยละลายธาตุอาหารบางอย่างให้เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

<u>อิทธิพลต่อจุลินทรีย์ดิน</u> (influence on soil mircroorganisms)
อินทรีย์วัตถุในดินเป็นอาหารของจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวก (hiterothrophic) ดินที่มีอินทรีย์วัตถุในปริมาณที่สูงจึงทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์สูงด้วย ซึ่งเกิดเป็นผลให้กิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ นั่นคือ การแปรสภาพของธาตุอาหารพืชในดินนั้นเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

๒. แหล่งที่มาของอินทรีย์วัตถุในดิน (Sources of organic matter)

อินทรีย์วัตถุในดินมีแหล่งกำเนิดมาจากหลายทางด้วยกัน ซึ่งพอจะแยกเป็นพวก ๆ ได้ดังต่อไปนี้

๑. จากสารละลายตัวของซากพืชซากสัตว์ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์
๒. จากการสลายตัวของชิ้นส่วนของพืชที่ไถกลบลงไปในดิน หรือตอซังของพืชที่เหลือหลังจากได้เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว หรืออาจเป็นพืชที่ปลูกขึ้นเพื่อไถกลบโดยเฉพาะ เช่น พืชคลุม (Cover crops) ปุ๋ยพืชสด (greenmanures)

๓. จากการสลายตัวของ stable manures ซึ่งประกอบด้วยสิ่งขับถ่ายของสัตว์

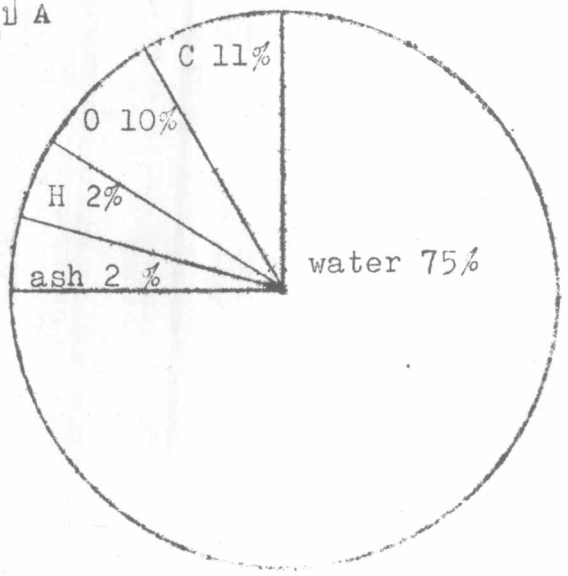
๔. จากการสลายตัวของปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปในดิน เพื่อจุดประสงค์ในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน

๕. จากการสลายตัวของปุ๋ยค้า ซึ่งเตรียมมาจากอินทรีย์วัตถุ เช่น bone meal, dried blood, tankage, cottonseed meal, linseed meal, peat.

๖. จากจุลินทรีย์ดินเอง ซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่หรือที่ตายแล้ว รวมทั้งสารประกอบอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น

๓. องค์ประกอบของพืชชั้นสูง (composition of higher-plant tissue)

พืชประกอบด้วย น้ำ สารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์ ส่วนประกอบที่เป็นน้ำจะอยู่ระหว่าง ๕๐ – ๙๕ % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและอายุของพืชนิดนั้น ๆ พืชที่ยังมีสีเขียวอยู่ มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ๗๕ % ส่วนไม่ใช่น้ำเมื่อนำมาวิเคราะห์ ปรากฏว่าเป็นคาร์บอน (C) ๑๑ %, ออกซิเจน (O) ๑๐ % ไฮโดรเจน (H) ๒ % และ ash ๒ % ดูรูป A



รูป ๔ แสดงส่วนประกอบของชิ้นส่วนประกอบของพืชที่ยังมีสีเขียวสด

เมื่อวิเคราะห์ออกมาในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ปรากฏว่าพืชโดยทั่วไปประกอบด้วย สารประกอบอินทรีย์มากมายหลายชนิด และในบริเวณต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตาราง ซึ่งเป็นชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช

สารประกอบ		เปอร์เซนต์
1. Cabohydrates	Sugars and starches	1-5%
	Hemicellulose	10-28%
	Cellulose	20-50%
2. Fat, waxes, tannin, etc.		1-8%
3. Lignins		10-30%
4. Proteins	Simple water soluble & Crude proteins	1-15%

ตาราง ๔

แสดงชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช

ปฐพีวิทยาเบื้องต้น (๒๐๑๔)

สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรทซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน, ออกซิเจน และไฮโดรเจน นั้น มีโครงสร้างของโมเลกุล ตั้งแต่ง่ายที่สุด เช่น sugars และ starches จนถึงที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนที่สุด เช่น cellulose

สารประกอบพวก fats เป็น glycerides ของ fatty acids เช่น butyric, stearic, oleic และอื่น ๆ สารพวกนี้ยังอาจรวมถึงสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย เป็นต้นว่า resins ชนิดต่าง ๆ

Lignins เป็นสารประกอบที่มีเฉพาะคาร์บอน, ออกซิเจนและไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับ คาร์โบไฮเดรตและไขมัน แต่ lignins มีโครงสร้างของโมเลกุลที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน (complex compounds) และถือว่าเป็นสารประกอบที่มีความทนทานต่อการสลายโดยตัวจุลินทรีย์เป็นที่สุด มักจะพบสารประกอบชนิดนี้ในชิ้นส่วนของพืชที่มีอายุมาก ๆ เป็นต้นว่าส่วนที่เป็นลำต้นหรือเนื้อไม้

โปรตีนก็เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างค่อนข้างสลับซับซ้อนเช่นเดียวกัน ในแง่ของการให้ธาตุอาหารพืช ถือว่าโปรตีนมีความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เพราะนอกจากจะมีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบแล้ว โปรตีนยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ เหล็ก ฟอสฟอรัส และธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

๔. การสลายตัวของชิ้นส่วนของพืชหรือสัตว์ (decomposition of plant or animal Tissues)

เมื่อชิ้นส่วนของพืชหรือสัตว์ถูกผสมคลุกเคล้าลงไปในดิน จะมีการสลายตัว (decomposition) โดยสิ่งมีชีวิตในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ ในขบวนการสลายตัว จุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์ (extracellular enzyme) เพื่อสลายชิ้นส่วนของพืชหรือสัตว์ให้เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลงพอที่จะซึมซาบผ่านผนังเซลล์เข้าไปได้ จากการกระทำดังกล่าวนี้ทำให้จุลินทรีย์ได้มาซึ่งแหล่งของพลังงานและแหล่งของคาร์บอน และอาจรวมทั้งสารเสริมสร้างการเจริญ (growth factors) ซึ่งทำให้การเจริญหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์สูงขึ้น ผล (products) ที่เกิดขึ้นในดินก็คือสิ่งเศษเหลือหลังจากการสลายตัว สิ่งที่สังเคราะห์ขึ้นโดยจุลินทรีย์ (ซึ่งอาจรวมเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในเซลล์ หรือขับถ่ายออกมาภายนอกเซลล์) และเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะสะสมหรือรวมตัวกันเป็นสารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน หรือที่เรียกว่า "อินทรีย์วัตถุในดิน" นั่นเอง

<u>จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการสลายตัว</u>

จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสลายหรือย่อยพืชหรือสัตว์ จัดอยู่ในจำพวก "heterotrophic microorganisms" ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้พลังจากการoxidation สารประกอบอินทรีย์ และใช้คาร์บอนในการสร้างสารประกอบที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์จากสารประกอบอินทรีย์ จุลินทรีย์เหล่านี้ได้แก่ fungi, bacteria, actinomyces การสลายตัวในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดี จุลินทรีย์ที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ hetero-aerobes และในทางตรงกันข้าม การสลายตัวในสภาพที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน (O_2) จะเป็นหน้าที่ของ hetero-anaerobes.

อัตราความเร็วของการสลายตัว

อัตราความเร็วของการสลายตัว ถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายอย่าง เป็นต้นว่า ธรรมชาติของสารประกอบในพืชหรือสัตว์ และสภาพแวดล้อมของการสลายตัว เช่น อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ระดับความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุ อาหาร และอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด (C/N ratio) ของอินทรีย์วัตถุ ดังจะได้กล่าวถึงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ พอเป็นสังเขปดังนี้

๑. ธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ในพืชหรือสัตว์

สารประกอบอินทรีย์ในพืชหรือสัตว์อาจแตกต่างกันได้ทั้งชนิดและปริมาณ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชหรือสัตว์นั้น ๆ พืชหรือสัตว์บางชนิดมีสารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวได้ง่าย โดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ตรงกันข้ามพืชหรือสัตว์บางชนิด อาจประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวยาก ปกติพืชหรือสัตว์ที่มีอายุอ่อน มักมีสารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวได้ง่ายในปริมาณที่สูงกว่าพืชหรือสัตว์ที่อายุแก่ ฉะนั้นชนิดและอายุของพืชหรือสัตว์จึงเป็นสิ่งที่ชี้ถึงธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ ตลอดจนเป็นสิ่งที่ชี้ถึงอัตราความเร็วของสลายตัว จากผลการทดลองเปรียบเทียบการสลายตัวของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ปรากฏว่า sugars, starchesและ simple protein สลายตัวได้เร็วที่สุด รองลงไปได้แก่ crude protein, hemicellulose, cellulose และ lignin, fats waxesรวมทั้งสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนสลายตัวได้ยากที่สุด ดังตาราง ๕

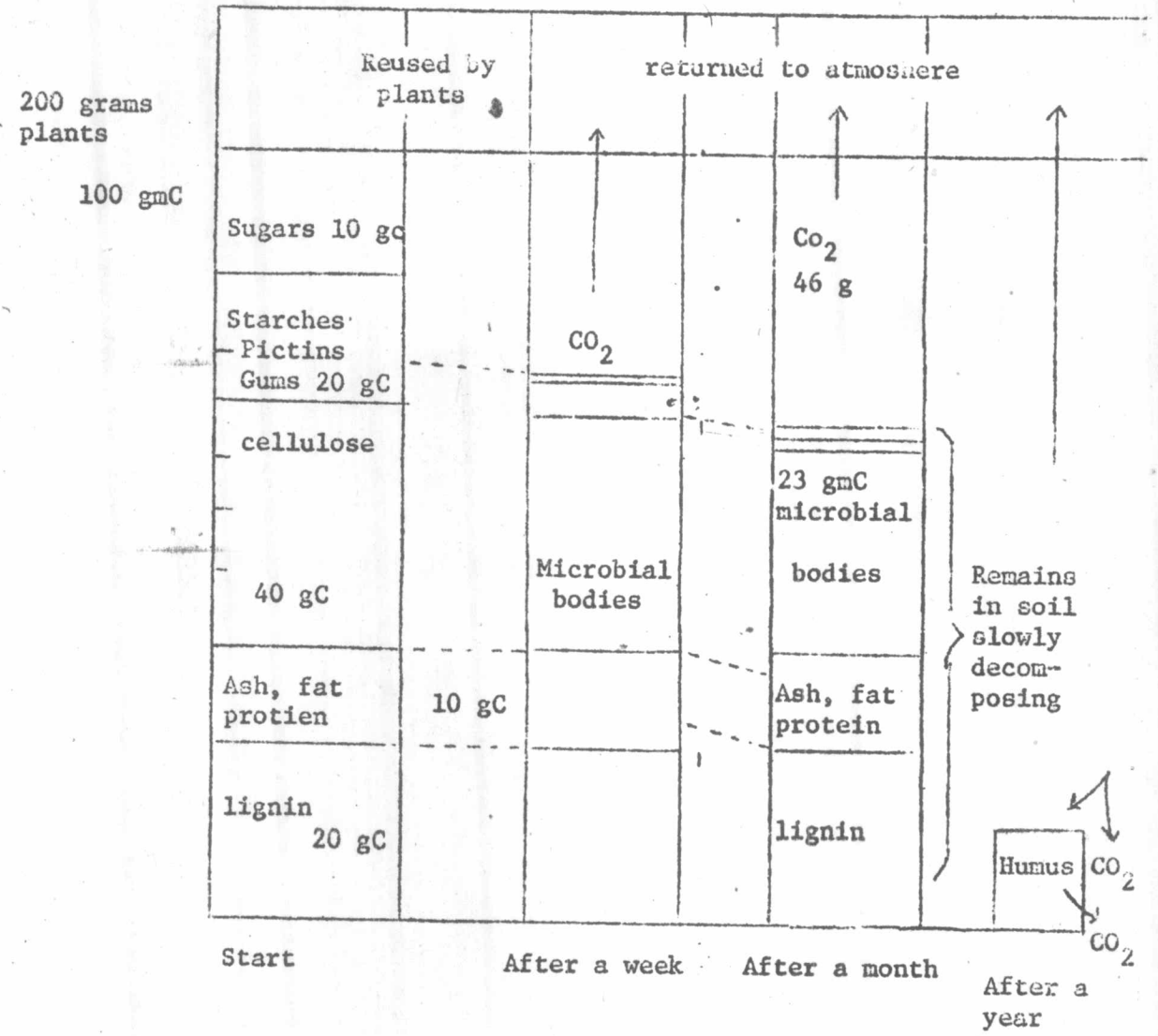
สารประกอบอินทรีย์	อัตราการสลายตัว
1) Sugars, starches, and simple protein	rapidly decomposed
2) Crude protein	
3) Hemicellulose	
4) Cellulose	very slowly decomposed
5) Lignin, fats, waxes etc.	

ตารางที่ ๕ ความยากง่ายของการสลายตัวของสารประกอบอินทรีย์

เมื่อซากพืชหรือซากสัตว์หรืออินทรีย์วัตถุชนิดใดก็ตาม ถูกผสมคลุกเคล้าลงไปในดิน จุลินทรีย์ดินจะย่อยหรือเข้าทำลายอินทรีย์วัตถุดังกล่าว สารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวได้ง่ายก็หมดไปในเวลาไม่นานนัก แต่สารประกอบอินทรีย์ที่คงทนต่อการสลายตัว ก็อาจสลายตัวอย่างช้า ๆ หรือเหลือสะสมอยู่ในดิน

การแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์นี้ ส่วนใหญ่ของคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจะถูกปล่อยออกมาในรูป CO_2 บางส่วนจะรวมอยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ ส่วนที่ย่อยยากจะเหลืออยู่ในดิน ซึ่งเป็นสิ่งที่ให้กำเนิดแก่ humus ซึ่งสลายตัวต่อไปอย่างช้า ๆ โดยจุลินทรีย์ มีความสามารถย่อยสารประกอบที่ย่อยยากโดยเฉพาะ การสลายตัวของสารประกอบแต่ละชนิดของพืชดังกล่าว อาจศึกษาได้โดยใส่ชิ้นส่วนของพืช (drymatter) ลงไปในดิน แล้ววิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ ที่เป็นผล (products) เนื่องมาจากการสลายตัว (รูปที่ C) ในเวลาต่าง ๆ กัน ในพืชแห้งทั่ว ๆ ไปมักพบว่าคาร์บอนเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ ๕๐ % ในที่นี้ใช้พืชแห้งจำนวน ๒๐๐ กรัม จึงมีคาร์บอนอยู่ประมาณ ๑๐๐ กรัม (100 gC) ในจำนวนนี้เป็นคาร์บอนที่มีอยู่ใน **sugar 10 g; straches, pictins, gums 20 g; cellulose 40 g; ash, fat, proteins 10 g,** และ lignins 20 g ถ้าปล่อยให้พืชจำนวน ๒๐๐ กรัมนี้สลายตัวในดิน คาร์บอนในสารประกอบที่สลายตัวง่ายก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็น CO_2 และคาร์บอนในเซลล์ของจุลินทรีย์ภายใน ๑ เดือน สารประกอบที่สลายตัวง่ายนี้จะมีประมาณ ๘๐ % ที่เหลืออีก ๒๐ % เป็นสารประกอบที่สลายตัวยาก ซึ่งเป็น lignin

รูปที่ ๖๖ แสดงการสลายตัวของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุ (ปัฐพีวิทยาเบื้องต้น, ๒๕๑๕)



สภาพแวดล้อมของการขยายตัว (environmental condition of organic mattor decomposition)

๑. อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิเป็นสิ่งที่สำคัญมากอันหนึ่งที่มีอิทธิพลต่ออัตราความเร็วของการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในดินมีผลกระทบกระเทือนต่อชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยอินทรีย์วัตถุ การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในสภาพที่อุณหภูมิต่ำมักเป็นไปได้ช้ากว่าการสลายตัวในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่พอเหมาะ (optimum temperature) จะราว ๆ ๓๐ - ๔๐°ซ ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ อัตราการสลายตัวจะลดลง ซึ่งทั้งนี้ต้องยกเว้นในดินที่มีจุลินทรีย์พวกที่ชอบเจริญในอุณหภูมิสูงหรือต่ำโดยเฉพาะ

๒. การถ่ายเทอากาศ (aeration)

การถ่ายเทอากาศ ที่มีผลกระทบกระเทือนต่อทั้งปริมาณและอัตราในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ทั้งนี้เนื่องจาก O_2 ในอากาศมีบทบาทสำคัญมากต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ปกติแล้วพลังงานที่ได้จากปฏิกริยาที่ให้กำเนิดแก่พลังงานจุลินทรีย์จากAerobic respiration สูงกว่า anaerobic respirationเพราะฉะนั้น การเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศเพียงพอจึงมีในสภาพที่มีอากาศน้อย หรือไม่มีเลย จากผลการทดลองของ Acharya ยืนยันว่า การสลายตัวของ rice straw ในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดีนั้น เป็นไปได้ดีกว่าในสภาพที่มีน้ำขัง (waterlogged conditions)

๓. ความชื้น (moisture)

การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเป็นไปได้ดีนั้น จะต้องมีความชื้นที่เพียงพอ ทั้งนี้ก็เพราะว่าการเจริญของจุลินทรีย์จะถูกควบคุมโดยระดับความชื้นของดิน ระดับความชื้นที่พอเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์นั้น จะราว ๆ ๖๐ - ๘๐ % ของ water holding capacity ของดินนั้น ๆ

๔. pH ของดิน

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือ pH ของดิน ก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกอันหนึ่งที่มีผลกระทบกระเทือนต่อการสลายตัวของอินทรียวัตถุเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีความสามารถย่อยอินทรียวัตถุนั้น จะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ การเจริญของ bacteria, fungi และ actinomycetes แต่ละชนิดนั้นจะเป็นไปได้ดีต้องมี pH ที่พอเหมาะ (optimum pH) สำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดนั้น มิฉะนั้นแล้ว การเจริญของจุลินทรีย์จะหยุดชะงักทันที นอกจากนี้ pH ของดินยังมีผลกระทบกระเทือนต่อ enzyme ที่ขับออกมาเพื่อย่อยอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์บางชนิด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระดับ pH ของดินเป็นเครื่องวัดปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ ตลอดถึงอัตราและปริมาณการสลายตัวของอินทรียวัตถุ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการสลายตัวจะเกิดขึ้นในดินที่ระดับของ pH เป็นกลางเร็วกว่าดินที่เป็นกรด การใส่ปูนลงไปในดินที่เป็นกรดก็เท่ากับเป็นการช่วยเร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุให้เร็วขึ้น

๕. ปริมาณธาตุอาหาร (quantity of nutrients)

การที่จุลินทรีย์ในดินย่อยอินทรียวัตถุก็เนื่องมาจากความต้องการพลังงาน และคาร์บอนในการสร้างเซลล์ใหม่ ในการสร้างเซลล์ใหม่จุลินทรีย์ยังต้องการธาตุอาหารที่จำเป็น (essential elements) อีกด้วย ซึ่งอาจจะรวมเข้าเป็นสารประกอบในเซลล์ หรืออาจต้องการเพียงแต่ช่วยกระตุ้นหรือเร่งปฏิกริยาต่าง ๆ ในขบวนการสังเคราะห์สารประกอบในเซลล์เท่านั้น ฉะนั้นการที่จุลินทรีย์จะสร้างเซลล์หรือเจริญหรือกิจกรรมจะมีมากน้อยแค่ไหนจึงขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นในดินด้วย

๖. อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนของอินทรียวัตถุ (C/N ratio of organic matter)

การสร้างส่วนประกอบของเซลล์นั้นจุลินทรีย์ต้องการไนโตรเจนในปริมาณค่อนข้างสูง เพื่อสร้างสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (nitrogenous compound)

เป็นต้นว่า Amino acids, proteins, nucleic acids และอื่น ๆ ปริมาณของไนโตรเจนที่พอเหมาะต่อการสร้างเซลล์ใหม่ หรือการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อคิดเทียบกับปริมาณของคาร์บอนหรือที่นิยมเรียกกันว่า C/N ratio จะราว ๆ ๑๐ : ๑ เพราะฉะนั้นถ้าอินทรีย์วัตถุที่จุลินทรีย์เข้าทำการย่อยสลายเป็นชนิดที่มีไนโตรเจนหรือ C/N ratio สูงกว่า ๑๐ ก็หมายความว่าการสลายตัวจะเป็นไปได้ช้า หรือไม่ก็ต้องมีการดูดเอาไนโตรเจนจากดินมาใช้ (nitrogen immobilization) ซึ่งจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง การสลายตัวจะเป็นไปได้ดีก็ต่อเมื่ออินทรีวัตถุมี C/N ratio ประมาณ ๑๐ หรือน้อยกว่า ๑๐

สมมุติว่าชิ้นส่วนของพืชที่แห้ง (dry weight) อยู่ ๑๐๐ กรัม ซึ่งไม่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่เลย ถ้าปล่อยให้พืชจำนวนนี้สลายตัว โดยการกระทำของจุลินทรีย์แล้วจะต้องใส่ไนโตรเจนลงในปริมาณเท่าใด หรืออีกนัยหนึ่ง การสูญเสียไนโตรเจนในดินปริมาณเท่าไหร่ จึงจะทำให้การสลายตัวของพืชเป็นไปได้ด้วยดี ปัญหานี้อาจตอบดังต่อไปนี้

ดังกล่าวแล้วว่าในพืชแห้งนั้น มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบอยู่ ๕๐ % และเป็นส่วนที่สลายตัวง่าย ๘๐ % ฉะนั้นพืช ๑๐๐ กรัม ก็เป็นส่วนสลายตัวได้ง่าย ๔๐ กรัม ส่วนของคาร์บอน ๔๐ กรัมนี้ ประมาณ ๒/๓ จะถูก oxidize ให้เป็น C_2 และอีกประมาณ ๑/๓ (หรือประมาณ ๑๓ กรัม) จะถูกรวมอยู่ในสารประกอบในเซลล์ของจุลินทรีย์ แต่เนื่องจาก C/N ratio ของจุลินทรีย์โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ ๑๐ เพราะฉะนั้นในการที่ใช้คาร์บอนจำนวน ๑๓ กรัม เป็นองค์ประกอบของเซลล์นั้น จุลินทรีย์ต้องใช้ไนโตรเจน ๑.๓ กรัม

แต่อย่างไรก็ตามธรรมชาติของพืชนั้น จะต้องมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่เสมอ เป็นต้นว่า ในซังข้าวโพด จะมีไนเตรทอยู่ ๐.๖๖ % แต่จุลินทรีย์ไม่สามารถเอาไปใช้ได้หมด เพียง ๘๐ % เท่านั้นที่จะเอาไปใช้ได้ง่าย ที่เหลืออีก ๒๐ % เป็นส่วนที่เอาไปใช้ได้ยาก โดยเหตุนี้เองถ้าปล่อยให้ตอซังข้าวโพด ๑๐๐ กรัมสลายตัวในดิน จึงต้องเป็นไนโตรเจนอีก $๑.๓ - \frac{๘๐}{๑๐๐} \times ๐.๖๖$ กรัม หรือเท่ากับ ๐.๗๗ กรัม

ไนโตรเจน ๐.๓๗ กรัมนี้ ถ้าไม่มีการเพิ่มจากภายนอกจุลินทรีย์ก็จะใช้ไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน ดังนั้นการสลายตัวของพืชที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ จึงเท่ากับเป็นการลดปริมาณไนโตรเจนในดิน พืชบางชนิด เป็นต้นว่า พืชตระกูลถั่ว (Leguminous plants) มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่สูง การสลายตัวของพืชตระกูลถั่วจึงเป็นไปได้ดีมาก และไม่สูญเสียไนโตรเจนจากดิน นอกจากนี้ยังมีไนโตรเจนที่มีมากเกินพอถูกปลดปล่อยให้แก่ดินอีกด้วย

<u>ผลที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (products of organic matter decomposition)</u>

การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุนั้น ถ้าเกิดในสภาพที่มีอากาศเพียงพอ (aerobic conditions) เช่น ในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีจะเป็นไปอย่างค่อนข้างสมบูรณ์ นั่นคือองค์ประกอบที่สลายตัวได้ง่าย ๆ ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเป็น CO_2 คงเหลือแต่ส่วนที่สลายตัวยาก

Organic Matter $\xrightarrow{\text{Hetero-aerobes}}$ CO_2 + H_2O + humus + elements + microbial cells

ในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุนี้ ถ้าพิจารณาถึงการสลายของสารประกอบอินทรีย์ ธาตุอาหารสำคัญ ๆ เป็นองค์ประกอบ เช่น C, N, S, P แล้ว ก็พอแสดงให้เห็นได้ง่าย ๆ ดังนี้

$$\text{Organic - C} \xrightarrow{\text{Enzyme}} CO_2$$

$$\text{Organic - N} \xrightarrow{\text{Enzyme}} NO_3^-$$

$$\text{Organic - S} \xrightarrow{\text{Enzyme}} SO_4^=$$

$$\text{Organic - P} \xrightarrow{\text{Enzyme}} PO_4^{\equiv}$$

ถ้าการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้นในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี เป็นต้นว่า ในดินที่มีน้ำขัง ซึ่งอาจถือได้ว่า มีอากาศหรือออกซิเจนไม่เพียงพอหรือไม่มีเลย (anaerobic conditions) ผลที่ได้จากการสลายตัวจะเป็นไปอย่างไม่ค่อยสมบูรณ์ คือนอกจากองค์ประกอบที่ย่อยง่าย จะถูกเปลี่ยนเป็น CO_2 แล้วยังมีสารประกอบ พวก Organic acids หรือ intermediate productsอื่น ๆ เกิดขึ้นอีกด้วย

Organic matter —Hetero-Anaerobic→ CO_2 + H_2O + humus + elements + microbial cells + other intermediate products

หรือถ้าจะพิจารณาเฉพาะสารประกอบที่มี C, N, S, P เป็นองค์ประกอบเท่านั้นก็อาจแสดงการสลายตัวได้ดังนี้

Organic-C —Enzyme→ CO_2, CH_4 (methane)
Organic acids (lactic, acetic, butyric acid, etc.)

Organic-N —Enzyme→ NH_3 gas, N_2 gas

Organic-S —Enzyme→ H_2S, S^*, CH_3SH (methyl mercaptan)

Organic-P —Enzyme→ PH_3 (phosphene) ?

ฮิวมัส (humus)

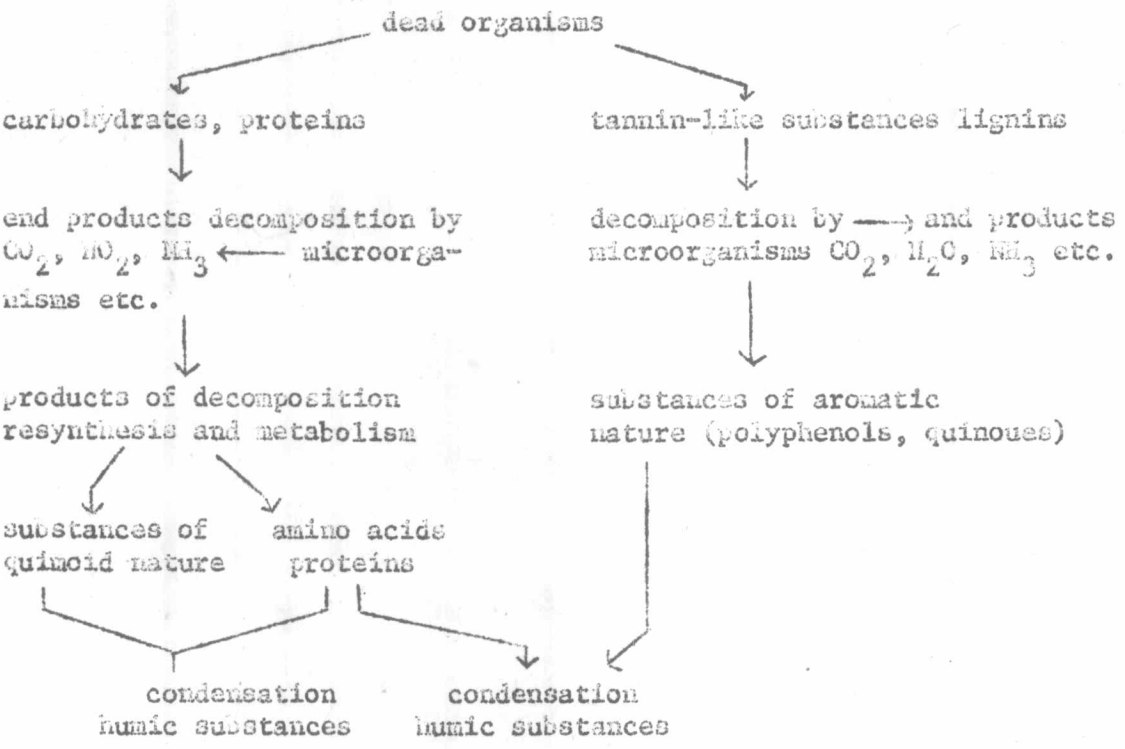
ฮิวมัส เป็นอินทรีย์วัตถุในดินที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน และคงทนต่อการสลายตัวมาก ลักษณะทั่ว ๆ ไปมีรูปร่างไม่แน่นอน (amorphous) และมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำ นอกจากนี้ฮิวมัสยังมีสมบัติเป็นสารพวกคอลลอยด์ (colloidal substances) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโมเลกุลประมาณ ๓๐ - ๑๐๐ A^o (1 $A^o = 10^{-8}$ cm.) ส่วนประกอบทางเคมีของฮิวมัสคือ C, H, O, N, P, S และธาตุอื่น ๆ

การกำเนิดของฮิวมัสในดินนั้น ยังเป็นที่ถกเถียงกันอย่างกว้างขวางในบรรดานักวิทยาศาสตร์การดิน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ยังไม่สามารถที่จะสรุปได้แน่นอนว่าฮิวมัสมีกำเนิดมาจากสารประกอบอินทรีย์ชนิดใด และด้วยกลวิธี (mechanism) ไหนกันแน่ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีแนวความคิด (concept) อยู่ ๒ แนวความคิดด้วยกันที่เชื่อกันว่าพอจะอธิบายการกำเนิดฮิวมัสในดินได้อย่างมีเหตุผล แนวความคิดที่ว่านี้คือ แนวความคิดของKononovo และ แนวความคิดของ Fuchs ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

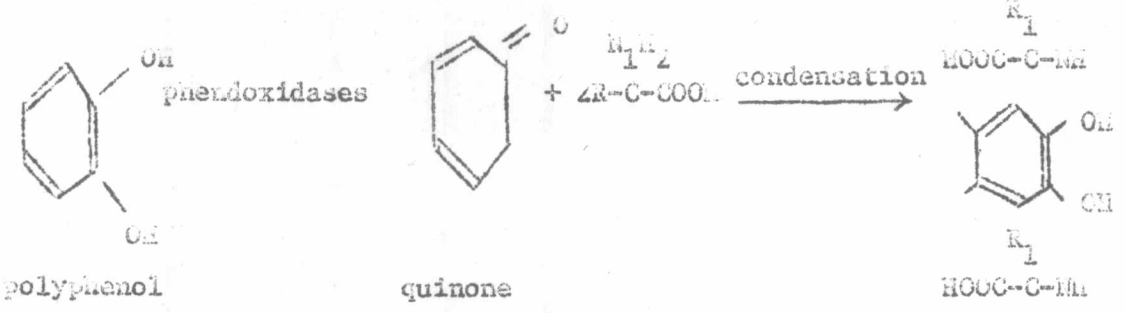
แนวความคิดของ Kononovo (Kononovo concept)

แนวความคิดนี้ยึดถือกำเนิดของฮิวมัสโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเป็นหลัก กล่าวคือ ภายหลังจากที่จุลินทรีย์คิดเข้าทำการสลายซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมลงไปในดินแล้ว จุลินทรีย์จะสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์บางชนิดขึ้น เช่น สารประกอบพวก quinoid,amino acid,protienและaromatic(polyphenols และ quinones) และภายหลังจากที่จุลินทรีย์ได้ตายทับถมกันในดิน จะเกิดขบวนการรวมตัว (condensation) ขึ้นระหว่างamino acid หรือ protein กับสารประกอบพวก quinoid หรือaromatic ผลที่ได้จากการรวมตัวนี้เองเป็นสิ่งที่ให้กำเนิดแก่ฮิวมัสในดิน ไดอะแกรมแสดงการกำเนิดของฮิวมัส และขบวนการรวมตัว ดังแสดงไว้ในรูป (ก) และ (ข)

ไดอะแกรมแสดงการกำเนิดของฮิวมัส (ก) และขบวนการรวมตัว (condensation)(ข)



ก.



การสูญเสียดังกล่าวถ้าหากไม่มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินแล้ว ก็จะทำให้คุณภาพของดินเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว ไม่เหมาะกับการประกอบการกสิกรรม ทั้งนี้เนื่องจากอินทรีย์วัตถุในดินเป็นตัวควบคุมทั้งสมบัติทางเคมี และทางฟิสิกส์ของดิน การที่จะรักษาหรือเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินให้มีระดับคงที่หรือเพิ่มขึ้นนั้น ก็จะต้องมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงไป ซึ่งอาจเป็นวิธีหนึ่งวิธีใดดังกล่าวแล้วข้างต้น

แนวความคิดของ Fuchs (Fuchs's concept)

เป็นแนวความคิดที่ว่าด้วย lignin ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน และคงทนต่อการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ เป็นตัวให้กำเนิดฮิวมัสโดยตรง กล่าวคือ lignin จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่น methoxyl groups($-OCH_3$) หายไป และมี carboxyl group (-COOH) เพิ่มขึ้นในโครงสร้างโดยขบวนการฟิสิกส์และเคมี (physico-chemical process) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลง กรุป ภายนอกโครงสร้างเท่านั้น ตัวโครงสร้างจริง ๆ ของ lignin ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด และ Fuchs ถือว่าผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงชนิดนี้ เป็นกำเนิดของฮิวมัสในดิน

การสลายตัวของฮิวมัส (decomposition of humus)

ดังได้กล่าวแล้วว่า ฮิวมัสเป็นอินทรีย์วัตถุในดินที่มีความคงทนต่อการสลายตัว โดยจุลินทรีย์เป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฮิวมัสมีกำเนิดมาจากสารประกอบที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน เช่น สารประกอบที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากขบวนการรวมตัว และ lignin เป็นต้น ดังนั้นจึงมักพบว่าฮิวมัสสะสมอยู่ในดินได้ในระยะเวลาอันยาวนาน แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าฮิวมัสไม่มีการสลายตัวเลย แต่สลายตัวอย่างช้า ๆ ผลที่ได้คือ CO_2 elements และ microbial cells) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมซึ่งควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ เป็นต้นว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การเขตกรรม, ปริมาณจุลินทรีย์, อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเป็นกรดเป็นด่าง ความลึกและการถ่ายเทอากาศในดิน กล่าวโดยสรุปแล้ว ปัจจัยที่ช่วยเร่งอัตราการสลายตัวของฮิวมัส พอจะแยกออกเป็นข้อ ๆ ดังนี้

๑) การเขตกรรม(cultivation)

ดินที่ใช้ในการประกอบการกสิกรรมโดยทั่วไปมักมีการไถพรวน ตลอดถึงเพิ่มความชื้นให้แก่ดินด้วย หรืออาจมีการใส่ปูน (liming) การกระทำดังกล่าว เป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในดินให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงทำให้จุลินทรีย์ย่อยฮิวมัสได้เร็วขึ้น

๒) การทำให้ดินแห้งและชื้น (Drying and moistenning)

การทำให้ดินแห้งและชื้นในทันทีทันใดสลับกันไปนั้น เชื่อกันว่าเป็นการเร่งการสลายตัวของ humus ให้รวดเร็วขึ้น มีการทดลองมากมายด้วยกันที่สนับสนุนปรากฏการณ์อันนี้ แต่ไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลที่เหมาะสมไว้เลย อย่างไรก็ตามการที่ทำให้ดินแห้งแล้วเปียกโดยทันทีสลับกันไปนั้น เป็นการทำให้บางส่วนของฮิวมัสอยู่ในสภาพแขวนลอย (dispérse) ได้ ซึ่งอาจเป็นทางหนึ่งที่ช่วยให้จุลินทรีย์สามารถทำการย่อยฮิวมัสได้ง่ายขึ้น

๓) เป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวง่ายลงไปในดิน (addition of decomposable organic matter)

การเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวได้ง่าย เช่น ซากพืชหรือซากสัตว์ลงไปในดิน จะช่วยเร่งให้การสลายตัวของฮิวมัสในดิน เหตุที่เป็นเช่นนี้ เป็นผลเนื่องมาจากอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มลงไปในดินนั้นจะให้พลังงาน (energy) อย่างมากมายแก่จุลินทรีย์ดิน ซึ่งเป็นผลให้กิจกรรมหรือปริมาณของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ฮิวมัสในดินถูกสลายตัวได้มากขึ้น

<u>ปัญหาซึ่งเกี่ยวกับอินทรีย์วัตถุในดิน</u> (The organic matter problem)

ดังได้ทราบแล้วว่า อินทรีย์วัตถุในดินหรือฮิวมัสนั้นไม่ได้คงทนอยู่ในดินได้ตลอดไป คงมีการสลายตัวอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในการสลายตัวนี้อินทรีย์วัตถุสูญเสียไปจากดินในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และอื่น ๆ เป็นเหตุให้ระดับหรือปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลงไปเรื่อย ๆ ยิ่งถ้ามีการปฏิบัติใด ๆ ที่มีส่วนช่วยเร่งขบวนการสลายตัวด้วยแล้ว อินทรีย์วัตถุในดินก็จะสูญเสียไปจากดินรวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น การเขตกรรม การทำให้ดินแห้งและชื้นสลับกัน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวได้ง่าย ดังกล่าวเป็นต้น นอกจากนี้อุณหภูมิก็เป็นสิ่งหนึ่งที่นับว่ามีความสำคัญมากสิ่งหนึ่ง ต่อการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินโดยทั่วไป การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินในเขตร้อนจะเป็นไปได้ดีกว่าในดินในเขตร้อยโดยทั่วไปมักต่ำกว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในเขตหนาว

สิ่งมีชีวิตในดิน

(soil organisms)

องค์ประกอบของดิน

ดินโดยทั่ว ๆ ไปประกอบด้วยของแข็ง (solid) ของเหลว (liquid) และก๊าซ (gases) แต่ถ้าพิจารณาให้ละเอียดแล้วก็อาจสามารถแยกองค์ประกอบเหล่านี้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ดังนี้คือ

๑. Mineral particles เป็นส่วนที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของหินและแร่ต่าง ๆ ซึ่งรวมทั้งส่วนที่มีขนาดโตจนถึงส่วนที่มีขนาดเล็ก เช่น gine sand, silt และ clay

๒. Plant and animal residues คือส่วนที่เป็นซากพืชซากสัตว์ซึ่งรวมทั้งส่วนที่ยังไม่สลายตัว และส่วนที่สลายตัวบ้างแล้ว ตลอดจนส่วนที่มีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์

๓. Water คือส่วนที่เป็นของเหลวซึ่งมีเกลืออนินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์บางชนิดละลายอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน

๔. Gases ส่วนที่เป็นอากาศในดิน ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจน และก๊าซอื่น ๆ

๕. Living systems เป็นส่วนที่มีชีวิต ซึ่งรวมทั้งสัตว์ (animal หรือ fauna) และพืช (plant หรือ flora) และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ตั้งแต่ที่มีขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนกระทั่งที่มีขนาดเล็ก (microscopic) และเล็กมาก (ultramicroscopic) ซึ่งจะต้องใช้กล้องขยายที่มีกำลังขยายสูงดูจึงจะมองเห็นได้ สิ่งที่มีชีวิตในดินดังกล่าวมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็มีความสำคัญต่อดิน และความอุดมสมบูรณ์มากน้อยต่าง ๆ กัน

<u>ชนิดและความสำคัญของสิ่งที่มีชีวิตในดิน</u> (Major groups and emportance of soil organisms)

สัตว์ (animal of fauna)

Soil macrofauna เป็นสัตว์ขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ในดิน ประกอบด้วย สัตว์ที่ใช้ฟันแทะ (rodents) แมลง (insects), กิ้งกือ (millipedes), sawbugs (woodlice), ไร (mites) slug and snails, centipedes, แมงมุม (spiders) ไส้เดือน(earthworms) ฯลฯ

ความสำคัญของสัตว์พวกนี้เนื่องมาจากการขุดคุ้ยดินให้ได้มาซึ่งอาหารและที่อยู่อาศัย ตลอดจนการย่อยสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในดินเป็นอาหาร เป็นต้นว่า สัตว์จำพวก rodents มีส่วนช่วยทำให้ดินแตกกระจาย (pulverization) หรืออาจรวมตัวกันเป็นก้อน ๆ (granulation) หรือบางครั้งอาจมีการเคลื่อนย้ายดินในปริมาณมาก ๆ จากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งได้ แมลงส่วนใหญ่ที่พบในดินใช้อินทรีย์วัตถุเป็นอาหาร สัตว์พวก millipedes, sawbugs, mites, slugsและ snails ก็เช่นเดียวกัน มีความสามารถย่อยเศษอาหารได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้สัตว์ที่มีขนาดใหญ่เหล่านี้ยังมีส่วนช่วยให้การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศของดินดีขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการขุดคุ้นไชชอนเพื่อหาอาหาร และการทำที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านี้เอง ข้อเสียที่ได้รับจากสัตว์ใหญ่คือ แมลงบางจำพวกสามารถที่จะจับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ซึ่งมีประโยชน์เป็นอาหารได้ เป็นต้นว่า แมลงบางชนิดกินพวก moldes เป็นอาหาร นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายดินมีผลกระทบกระเทือนต่อธรรมชาติของชั้นดิน ซึ่งทำให้ไม่สะดวกในการศึกษาโปรไฟล์ของดินเป็นอย่างยิ่ง

ในแง่ของวิทยาศาสตร์การดิน ความสำคัญของสัตว์จำพวกดังกล่าวข้างต้นนั้น นับว่ามีน้อยมาก สัตว์ที่นับว่าสำคัญที่สุดคือไส้เดือน (earthworms) ซึ่งมักพบในปริมาณที่มากในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีความชื้นพอเหมาะ การระบายน้ำดี การถ่ายเทอากาศดี และมีความเป็นกรดต่ำ เพราะฉะนั้นจึงมักพบไส้เดือนในดินเหนียวซึ่งมี moisture capacity สูงในปริมาณที่มากกว่าดินทราย ไส้เดือนทุกชนิดจะเจริญได้ดีในดินที่มีแคลเซี่ยมสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่ได้รับการใส่ปูนอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากไส้เดือนต้องอาศัยสารประกอบแคลเซี่ยมช่วยในการย่อยอาหาร ธาตุแคลเซี่ยมในดินจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แล้วเก็บไว้ใน lime secreting glands และดินจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อต้องการย่อยอาหาร สำหรับในเขตร้อน การศึกษาเกี่ยวกับไส้เดือนยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก แต่ในยุโรป อเมริกา มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง และพบว่าไส้เดือนที่มักมีอยู่ในปริมาณที่มาก และมีความสำคัญที่สุดในดินมีอยู่ ๒ ชนิดคือ

๑) Lumbricus terrestris ซึ่งเป็นไส้เดือนที่มีสีค่อนข้างแดง

๒) Allobophora caliginosa ซึ่งมีสีซีดหรือชมพูอ่อน

ความสำคัญของไส้เดือนมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน ดังจะได้กล่าวเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

๑) ใน virgin soils เป็นต้นว่าดินในเขตป่าไม้และดินในทุ่งหญ้า ซึ่งเป็นดินที่ไม่เคยได้รับการไถพรวนเลย ไส้เดือนจะช่วยในการผสมคลุกเคล้าชิ้นส่วนของพืชให้เข้ากับดิน ซึ่งเป็นการช่วยทำให้ดินร่วนซุยและมีการถ่ายเทอากาศดีขึ้น

๒) ในการกินอาหารของไส้เดือนนั้น ไม่เพียงแต่อินทรีย์วัตถุในดินเท่านั้นที่ถูกย่อย แต่จะรวมทั้งสารประกอบ แร่ธาตุอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะการกลืนกินอาหารของไส้เดือนนั้น จะกลืนเข้าไปทั้งเม็ดเลยทีเดียว และโดยเหตุนี้เองธาตุอาหารต่าง ๆ จึงถูกย่อยและเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปที่สามารถเอาไปใช้ได้ จากผลการวิเคราะห์ดินธรรมดากับดินที่ถูกขับถ่ายออกมาโดยไส้เดือน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะมีมากถึง ๑๖,๐๐๐ ปอนด์ต่อเอเคอร์ ปรากฏว่า ดินที่ถูกขับถ่ายออกมานั้น มีอินทรีย์วัตถุ nitrate, exchangeable

calcium and magnesium, available phosphorus, PH and percentage base saturation and exchange capacity สูงกว่าปกติ

๓) การเคลื่อนไหวของไส้เดือน ช่วยส่งเสริมให้การระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศของดินดีขึ้น นอกจากนี้ไส้เดือนยังช่วยในการขนย้ายดินจากชั้นล่างขึ้นมายังผิวดินอีกด้วย

Soil microfaunaสัตว์พวกนี้มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถของเห็นได้ด้วยตาเปล่า ที่มักพบอยู่เป็นจำนวนมากในดินก็ได้แก่nematodes, protozoa และ rotifer

๑) Nematodes บางทีเรียกว่า Threadworms หรือcelworms ซึ่งพบในปริมาณที่มีมากในดินแทบทุกชนิด บางทีอาจมีถึง ๔๕ ล้านตัวต่อเนื้อที่ขั้นไถพรวน ๑ เอเคอร์ ถ้าจะแยก nematodes ออกตามความต้องการอาหารแล้ว ก็อาจจะแยกออกได้ ๓ พวกใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

ก) saprophytic nematodes พวกที่มีชีวิตอยู่ได้ด้วยการอาศัยอินทรียวัตถุที่กำลังเน่าเปื่อยเป็นอาหาร

ข) predaceous nematodes ที่เป็น predators คือพวกที่มีชีวิตอยู่ได้ด้วยการกิน nematodes ด้วยกันเอง ตลอดจนไส้เดือนเล็ก ๆ และสัตว์อื่น ๆ เป็นอาหาร

ค) parasitic nematodes บางทีเป็นparasites ซึ่งจะต้องอาศัยอยู่ในรากพืชชั้นสูง

(๒) Protozoa อยู่ในดินมากมายหลายชนิด จากผลการทดลองหาปริมาณของ protozoa ปรากฏว่ามีอยู่ในดินถึง ๑,๐๐๐,๐๐๐ ตัวต่อดินแห้ง ๑ กรัม อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ protozoa มักผันแปรเป็นอันมาก ขึ้นอยู่กับการถ่ายเทอากาศและปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน protozoa ที่มักพบในปริมาณที่มากในดินประกอบด้วย ๓ พวกใหญ่ ๆ คือ

ก) amoeba

ข) ciliates หรือ infusoria และ

ค) flagellates

(๓) Rotifers มีอยู่มากในดินที่มีความชุ่มชื้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีน้ำขัง (swammpy land) อาจมีถึง ๕๐ ชนิด และการเจริญจะเป็นไปได้ด้วยดีก็ต้องมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เพราะฉะนั้นอาจนับได้ว่า rotifers เป็นตัวการสำคัญอันหนึ่งเกี่ยวกับการแปรสภาพของอินทรียวัตถุในดินที่มีน้ำขัง

พืช (plant or flora)

Soil macroflora สิ่งที่มีชีวิตขนาดใหญ่ที่จัดไว้ในพวกพืชได้แก่รากของพืชชั้นสูงนั่นเอง ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุในดินที่สำคัญที่สุด โดยที่ปกติแล้วรากพืชมักไม่ถูกเคลื่อนย้ายออกจากดิน คงเหลือทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อยผุพังอยู่ในดิน ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มอินทรียให้แก่ดินอยู่เรื่อย ๆ ตราบใดที่พืชขึ้นอยู่ในดินนั้น นอกจากนี้ขณะที่พืชยังมีชีวิตอยู่ยังปรากฏว่ารากพืชปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์หลายอย่างให้แก่ดินด้วย

Soil microflora สิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็กมาก (microscopicflora) ไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะต้องใช้กล้องจุลทัศน์ส่องดูจึงจะมองเห็นได้ พอจะแยกออกเป็นพวก ๆ ได้ดังนี้ bacteria, actinomycetes, fungi, algae และ viruses (การจัด viruses เข้าไว้ในพวก flora นั้นอาจยังไม่เป็นการถูกต้องเสียทีเดียวนัก ทั้งนี้เนื่องจาก viruses มีลักษณะพิเศษที่ยังไม่สมบูรณ์พอที่จะถือได้ว่าเป็นพืชหรือสัตว์)

(๑) Bacteria เป็นจุลินทรีย์ที่นับได้ว่ามีความสำคัญมากที่สุดและเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย แบคทีเรียมีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวขนาด ๐.๐๐๑ - ๐.๐๐๕ มม. มีการขยายพันธุ์โดยวิธีที่เรียกว่า "binary fission" คือการแบ่งเซลล์จาก ๑ เป็น ๒ จาก ๒ เป็น ๔ เรื่อย ๆ ไป ฉะนั้นถ้าแบคทีเรียเจริญในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วการเพิ่มปริมาณจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าการแบ่งเซลล์แต่ละครั้งอาจกินเวลาเพียง ๒๐ - ๓๐ นาทีเท่านั้นเอง กล่าวกันว่าในดินที่มีอาหารอย่างเพียงพอ มีการถ่ายเทอากาศและความชื้นที่เหมาะสมแล้วอาจพบแบคทีเรียในปริมาณมากถึง $๑๐^{๗}$ ตัวต่อดินแห้ง ๑ กรัม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของแบคทีเรียในดินมักไม่แน่นอน สูง ๆ ต่ำ ๆ ขึ้นกับปริมาณความชื้น การถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ธาตุอาหารอื่น ๆ ชนิดและวิธีการเพาะปลูกพืช ฤดูกาล ตลอดจนความลึกของดิน

ความสำคัญของแบคทีเรียมีอยู่มากมายหลายอย่าง แต่ที่เห็นได้ชัดที่สุดได้แก่

ก) การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ

ข) ขบวนการไนตริฟิเคชั่น

ค) ขบวนการ denitrification

ง) ขบวนการ sulfur oxidation

จ) ขบวนการ sulfate reduction และ

ฉ) ขบวนการ nitrogen fixation

(๒) Actinomycetes มีลักษณะทาง morphology ที่คล้ายคลึงกับแบคทีเรียและ fungi นั่นคือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์เล็กขนาด ๑.๐ μ (๐.๐๐๑ มม.) เกือบเท่า ๆ กับเซลล์ของแบคทีเรีย แต่เซลล์ขนาด ๑.๐ μ นี้มีลักษณะเป็นเส้นสาย (filamentous) และประกอบด้วย hypae มากมาย นอกจากนี้แล้วยังมีการสร้าง fruiting bodies ซึ่งเป็นลักษณะต่าง ๆ ที่มีใน fungi ปริมาณที่มักพบในดินอาจกล่าวได้ว่ามีมากเป็นที่สองรองจากแบคทีเรีย นั่นคือราว ๆ

$๑๐^{๖}$ - $๑๐^{๗}$ ตัว ต่อดินแห้ง ๑ กรัม ทั้งนี้ซึ่งหมายความว่า จะต้องมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น อุณหภูมิ ฤดูกาล และความลึกของดิน ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จะมีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญของactino-mycetesมากที่สุด โดยทั่ว ๆ ไปในดินมี pH ต่ำกว่า ๕.๐ ลงไป การเจริญของจุลินทรีย์ชนิดนี้จะหยุดชงักทันที pH ที่เหมาะกับการเจริญ (optimum pH) จะอยู่ประมาณ ๖.๐ - ๗.๐

Actinomycetesมีความสำคัญก็เนื่องจากความสามารถในการสลายอินทรีย์วัตถุและปลดปล่อยธาตุอาหาร ซึ่งพืชสามารถเอาไปใช้ประโยชน์ได้ ยิ่งกว่านั้น บางครั้งจะเห็นได้ว่า actinomycetes มีความสามารถพิเศษในการย่อยสารประกอบที่ย่อยยาก เช่น lignin และทนความแห้งแล้งได้ดี นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการใช้และปลดปล่อยไนโตรเจนที่รวมอยู่ในcomplex humic forms อีกด้วย

๓) Fungi เป็น microflora ที่มีลักษณะคล้ายเส้นใย ซึ่งเรียกว่า mycelium และ mycelium นี้อาจมีกิ่งก้านสาขาแยกออกมาอีกมากมาย คุณสมบัติที่สำคัญอีกอันหนึ่งของ fungi คือความสามารถในการสร้าง spore(special sporeforming or fruiting bodies)fungiที่มักพบในดินได้แก่พวก yeasts, molds และ mushroom fungi แต่ที่นับว่ามีความสำคัญมากเห็นจะเป็นพวก molds และmushroom fungi ทั้งนี้เพราะว่าพวกyeasts นั้นมีขอบเขตจำกัดในการเจริญ ปริมาณทั้งหมดของ fungi เท่าที่เคยพบมีมากถึง $๑๐^{๖}$ ต่อดินแห้ง ๑ กรัม ปริมาณตลอดจนถึงกิจกรรมต่าง ๆ ของ fungi ถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายอย่าง เป็นต้นว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น การถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ ฤดูกาล ความลึกของดิน ตลอดจนชนิด และวิธีการปลูกพืชในดินนั้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรีย์วัตถุรู้สึกว่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด

ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะความสำคัญของ molds และ mushroom fungi ซึ่งเป็น fungi ชนิดที่พบมีอยู่ในปริมาณที่มากในดินดังกล่าวแล้วนั้น ความเป็นประโยชน์ของ molds ที่มีต่อดินนั้น สืบเนื่องมาจากความสามารถในการย่อยอินทรีย์วัตถุนั่นเอง ดูเหมือนว่า fungi ชนิดนี้ มีอำนาจสูงกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นใดทั้งหมดในการย่อยองค์ประกอบที่ย่อยยากของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่ง cellulose, starch, gums และ lignin ยิ่งกว่านี้ fungi ชนิดนี้ยังมี assimilation efficiency สูง นั่นคือ ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนคาร์บอน จากอินทรีย์วัตถุให้เป็นคาร์บอนในองค์ประกอบของ cell ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ทั้งหลาย ซึ่งทั้งนี้หมายความว่าโอกาสที่คาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุจะสูญเสียจากดิน โดยระเหยออกไปในรูปของ CO_2 ก็มีน้อยลง จากการทดลองพบว่า ประมาณ ๕๐ % ของคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนในองค์ประกอบของเซลล์

ความสำคัญของ fungi อีกอย่างหนึ่งคือความสามารถพิเศษในการเจริญได้เป็นอย่างดีในดินที่มี pH ต่ำ เพราะฉะนั้นกิจกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินที่มีความเป็นกรดสูง เป็นต้นว่า ดินมีความเป็นกรดในป่าไม้ (acid forest soils) จะเป็นหน้าที่ของ fungi แทบทั้งสิ้น

Mushroom fungi โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวก Hymenomycetes มีความสำคัญโดยที่มีความสามารถในอาการอาศัยร่วมกับรากพืชได้ ซึ่งเรียกว่า "mycorrhiza" โดยอาศัยร่วมกับรากพืชนี้ fungi อาจจะขึ้นคลุมอยู่รอบ ๆ รากพืช หรืออาจจะหยั่งหรือแทรก (penetrate) เข้าไปในเซลล์ของรากพืชได้ ในลักษณะการเช่นนี้พืชได้รับประโยชน์หลายทางด้วยกันคือ

ก) fungi ย่อยอาหารให้แก่พืช

ข) ในบางครั้ง fungi เป็นตัวกลางในการส่งต่ออาหารให้แก่พืช

ค) ช่วยทำให้พืชมีพื้นผิวในการดูด (effective absorptive surface) อาหารมากขึ้น

๔) Algae เป็นจุลินทรีย์ที่อาจมีลักษณะเดี่ยว ๆ หรืออาจเป็นเส้นสั้น ๆ (short filaments)ซึ่งมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบสำคัญ algae บางชนิดอาจยังมี pigments พวก xanthophyll และ carotene อีกด้วยในดินทั่ว ๆ ไป มักพบจุลินทรีย์ชนิดนี้อยู่ ๔ พวกใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

(ก) Chlorphycese (green algae)

(ข) Cyanophyceae (blue-green algae)

(ค) Bacillariophyceae (diatomas)

(ง) Xanthophyceae (yellow-green algae)

ปริมาณที่พบในดินมักต่ำกว่าปริมาณของ bacteria, actinomycetes และ fungi เท่าที่ทราบปริมาณโดยเฉลี่ยของ algae ในดินมักไม่เกิน ๘×๑๐^{๖} ตัว ต่อดินแห้ง ๑ กรัม สภาพแวดล้อมที่จำเป็นต่อการเจริญและควบคุมปริมาณของ algae ได้แก่แสงอาทิตย์ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณของ CO_2 และระดับความชื้นของดิน

Algae เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) โดยใช้คลอโรฟิลและสารสีเขียวอื่น ๆ เก็บรวบรวมเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ ATP (adenosine triphosphate) เพื่อใช้ในการตรึง (fixation) เอา CO_2 จากอากาศให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ของเซลล์ โดยเหตุนี้เองจึงถือได้ว่า algae มีส่วนช่วยในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินได้เป็นอย่างดี ความสำคัญอีกอย่างหนึ่งซึ่งเป็นผลพลอยได้จากขบวนการสังเคราะห์แสงนั่นคือ ขบวนการที่มีก๊าซ O_2(molecular oxygen)ถูกปลดปล่อยออกมาในดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการหายใจของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่ขึ้นในที่ที่มีน้ำขัง เช่น ข้าว เป็นต้น

ความสำคัญอีกอันหนึ่งของ algae ก็คือ algae มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนในดินเป็นอย่างยิ่ง โดยที่มีความสามารถในการตรึง (fixation) เอา N_2 (molecular nitrogen) จากอากาศให้เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในเซลล์ได้ และในที่สุดก็ถูกปลดปล่อยให้อยู่ในรูป (forms) ที่พืชสามารถเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ในบรรดา algae ที่พบในดินนั้น พวก blue-green algae เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพในการตรึงได้สูงสุด

๕) Viruses เป็นอนุภาคที่มีชีวิต (living particle) ที่มีขนาดเล็กที่สุด (ultramicroscopic) จนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดา จะต้องใช้กล้องที่มีกำลังขยายสูงเป็นพิเศษ เช่น "electron microscope" ส่องดูจึงมองเห็นได้ ลักษณะทั่ว ๆ ไปเป็นอนุภาคเล็ก ขนาด ๐.๐๕ - ๐.๑๐ μ (๐.๐๐๐๐๕ - ๐.๐๐๐๑ มม.) ซึ่งมีหางยาวประมาณ ๐.๒ μ (๐.๐๐๐๒ มม.) เชื่อกันว่าอนุภาคเล็ก ๆ ของ viruses นี้ประกอบด้วยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณและสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของ Viruses ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สะดวกหลายประการ แต่เท่าที่เชื่อกันอยู่ในเวลานี้ก็คือว่ามี viruses อาศัยอยู่ในดินในปริมาณที่ค่อนข้างสูง และจะมีชีวิตอาศัยอยู่ได้โดยอาศัย host ซึ่งอาจเป็นพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ viruses ที่มีชีวิตอยู่ได้โดยอาศัย host พวกแบคทีเรียและ actinomycetes นั้นเรียกว่า "bacteriophages" และ "actinophages" ตามลำดับ

ความสำคัญของ viruses ที่มีต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยตรงนั้นในเวลานี้ยังไม่ได้รับการศึกษาและยืนยันแต่ประการใด ปัจจุบัน viruses ได้รับความสนใจมากในแง่ที่ว่า viruses เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน นอกจากนี้ viruses ยังมีอำนาจในการทำลายจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Rhizobium spp.) และ actinomycetes ซึ่งถือว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญมากในดิน

กิจกรรมทางชีวะเคมีของจุลินทรีย์ (biochemical activities of microorganisms)

ดังได้ทราบแล้วว่าในดินนั้นมีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดอาศัยอยู่ จุลินทรีย์เหล่านี้มีอิทธิพลมากในการแปรสภาพหรือเปลี่ยนแปลงสารประกอบต่าง ๆ ในดิน หรืออีกนัยหนึ่ง อาจกล่าวได้ว่า จุลินทรีย์มีอิทธิพลในการควบคุมปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นั่นคือจุลินทรีย์มีความสามารถในการเปลี่ยนรูปอาหารของพืช เป็นต้นว่า จุลินทรีย์อาจเปลี่ยนธาตุอาหารซึ่งอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดเข้าไปใช้เป็นประโยชน์ได้ (unavailable forms) หรืออาจเป็นไปในทางตรงข้าม ปัญหามีอยู่ว่าทำไมจุลินทรีย์ ดิน จึงมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของธาตุอาหารพืช ก็อาจตอบได้ง่าย ๆ ว่า จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิต การที่จุลินทรีย์จะดำรงชีวิตอยู่ในดินได้ ก็ต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการเจริญหรือการแพร่พันธุ์ เป็นต้นว่า ปฏิกริยาของดิน ออกซิเจน ความชื้น อุณหภูมิและอาหาร (nutrients) ในดิน คำว่าอาหารซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ในที่นี้มีความหมายค่อนข้างกว้าง นั่นคือ ถ้าพูดถึงคำว่าอาหารแล้วมักจะรวมทั้งสิ่งให้พลังงาน (energy source) สิ่งที่ให้คาร์บอน (carbon source) สิ่งที่ให้ธาตุอาหาร (minerals) ตลอดจนถึงสิ่งที่เป็น e^- accaptor และ growth factor อาหารต่าง ๆ ดังกล่าวนี้จะต้องมีอยู่อย่างครบครัน จุลินทรีย์จะขาดอันใดอันหนึ่งเสียไม่ได้ การที่จุลินทรีย์จะได้มาซึ่งอาหารสำหรับเจริญและกิจกรรม จุลินทรีย์มีความสามารถพิเศษอันหนึ่ง นั่นคือ ความสามารถในการผลิต "enzyme" ขึ้นมาย่อยหรือกระตุ้นปฏิกริยาบางอย่าง enzyme จากจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีอำนาจในการกระตุ้นอย่างเฉพาะเจาะจงต่อปฏิกริยาที่แตกต่างกันไป นั่นหมายถึงว่าจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีวิธีการดำเนินชีวิตที่ผิดแผกกันไป ดังได้กล่าวอย่างย่อ ๆ ถึงวิธีการที่จุลินทรีย์จะได้อาหารชนิดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ และข้อที่ควรสังเกตุอย่างยิ่งคือ ผล (products) ที่เกิดขึ้น (หลังจากที่จุลินทรีย์ได้รับอาหารนั้น ๆ แล้ว) ว่ามีผลกระทบกระเทือนต่อปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างไรบ้าง

Energy saurce พลังงานที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์อาจได้มากจากแสงอาทิตย์ หรือจากการ oxidation สารหรือสารประกอบทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งขบวนการหรือปฏิกริยาที่ให้กำเนิดพลังงาน (energy-yielding reactions) เหล่านี้ พอจะแยกออกเป็นพวกใหญ่ได้ดังนี้

ก) respiration

ข) fermentation

ค) anaerobic respiration

Respiration เป็นขบวนการที่ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจน (O_2) อย่างเพียงพอ เช่น

$$glucose + 6O_2 \xrightarrow{Enzyme} 6CO_2 + 6H_2O \quad ....(683.5\ kcal)....(1)$$

(ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์หลายชนิด)

$$NH_4 + 1\tfrac{1}{2}\ O_2 \xrightarrow{Enzyme} NO_2^- + 2H^+ + H_2O \quad ....(66.5\ kcal)...(2)$$

(ให้พลังงานแก่ Nitrosomonas)

$$S + 1\tfrac{1}{2}\ O_2 + H_2O \xrightarrow{Enzyme} H_2SO_4 \quad ....(118.0\ kcal).... \quad (3)$$

(ให้พลังงานแก่ Thiobacillus Thiooxidans)

Fermentation เป็นขบวนการที่ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ขาดออกซิเจน (O_2)

$$glucose \xrightarrow{Enzyme} 2\ ethanol + 2CO_2 \quad ....(62.8\ kcal).... \quad (4)$$

(ให้พลังงานแก่ yeasts)

Anaerobic respiration เป็นขบวนการที่ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ขาด O_2

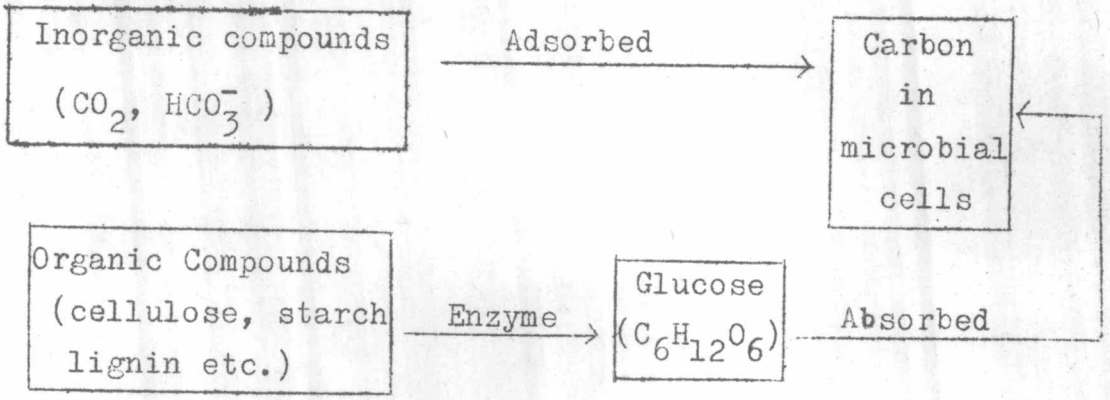
$$glucose + 3H_2SO_4 \xrightarrow{Enzyme} 6CO_2 + 6H_2O + 3H_2S \quad ...(380.0\ kcal)..(5)$$

(ให้พลังงานแก่ Desulfovibrio)

$$5Na_2S_2O_3 + 8KNO_3 + 2NaHCO_3 \xrightarrow{Enzyme} 6Na_2SO_4 + 2K_2SO_4 + 4N_2 + 2CO_2 + H_2O \quad ....(893.0\ kcal) \quad (6)$$

(ให้พลังงานแก่ Thiobacillus denitrificans)

Carbon source จุลินทรีย์ดินได้รับคาร์บอนเพื่อใช้ในการสร้างเซลล์จาก ๒ แหล่งใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ จากสารประกอบอินทรีย์ (organic compounds)และจากสารประกอบอนินทรีย์(inorganic compounds)สำหรับการใช้คาร์บอนจากสารประกอบอนินทรีย์ที่มีโมเลกุล (molecule) ขนาดใหญ่ เช่น cellulose, starch, lignin etc. จุลินทรีย์จะต้องขับ Enzyme ออกมา



ทำการย่อยให้มีโมเลกุลเล็กลงเสียก่อนจึงจะดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปได้ การใช้สารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอน จุลินทรีย์จะดูดเอาไปใช้ได้โดยตรงในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และในรูปของอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) สารประกอบทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ คาร์บอนดังกล่าวเมื่อผ่านผนังเซลล์เข้าไปแล้ว จะถูกนำไปสร้างสารประกอบคาร์บอน (carbonaceous compounds)ที่มีโมเลกุลใหญ่และสะสมอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์

Minerals จุลินทรีย์ต้องการธาตุอาหารที่จำเป็น เช่น N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo และ Cl เช่นเดียวกับพวกพืช และรูป (form) ที่จุลินทรีย์สามารถดูดเอาไปใช้ได้ ก็ต้องเป็นรูปของอนุภูล (ionic form) ของธาตุนั้น ๆ ซึ่งยกเว้นธาตุ N และ S ซึ่งจุลินทรีย์อาจใช้ได้ในรูปของ amino acid หรือกาซ ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้บางธาตุเมื่อถูกดูดเข้าไปในเซลล์แล้ว ก็จะถูกรวมเข้าเป็นองค์ประกอบของสารประกอบ (structural) บางชนิด แต่บางธาตุ ไม่ปรากฏว่าเป็นสารประกอบชนิดใด เพียงแต่ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น (functional) ปฏิกริยาทางชีวะเคมีภายในเซลล์ให้ดำเนินไปได้ด้วยดี

Electron acceptor ปฏิกริยาที่ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์นั้น แท้จริงแล้วก็คือปฏิกริยา oxidation-reduction นั่นเอง ซึ่งตัวที่ถูก oxidized โดยมี enzyme เป็นตัวกระตุ้นจะปลดปล่อย electron และ electron ที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้จะต้องมีสารใดสารหนึ่งรับไว้ปฏิกริยาจึงดำเนินไปได้ สารที่รับ electron ไว้นี้เรียกว่า "electron acceptor" หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า oxidizing agent หรือ oxidant คือจะเห็นได้จากปฏิกริยาที่ ๑, ๒, ๓, ซึ่งเกิดในสภาพที่มี O_2 อย่างเพียงพอนั้นมี O_2 เป็นตัวรับ electron และในทำนองเดียวกัน ในปฏิกริยาที่ ๔, ๕ และ ๖ ซึ่งเกิดในสภาพที่ขาด O_2 electron acceptor จึงเป็นพวกสารประกอบอินทรีย์ $SO_4^{=}$ และ NO_3^{-} ตามลำดับ electron acceptor ที่มักพบเสมอในดินได้แก่สารประกอบอินทรีย์ O_2, NO_3^- NO_2, $-N_2O$, $SO_4^{=}$, $PO_4^{=}$, CO_2 และ Fe^{+++} (ferric ion)

Growth factor จุลินทรีย์ต้องการ growth factor ในปริมาณที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่มีความจำเป็นมากถ้าปราศจาก growth factor แล้วจุลินทรีย์บางชนิดไม่สามารถเจริญได้ นอกเสียจากว่าจุลินทรีย์ชนิดนั้น ๆ มีความสามารถในการสังเคราะห์ขึ้นเองได้ growth factor ดังกล่าวเป็นสารประกอบพวก amino acids, vitamins และอื่น ๆ เช่น purine bases, peptides, etc.

จะเห็นได้ว่าจากการที่จุลินทรีย์ใช้อาหารทั้ง ๕ ชนิดเพื่อการเจริญเติบโตหรือแพร่พันธุ์นั้น มีผลทำให้สารหรือสารประกอบในดินเปลี่ยนไปจากรูปเดิม ซึ่งบางครั้งทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มเติมขึ้น และบางครั้งก็เป็นเหตุให้ปริมาณ

ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง ขบวนการหรือปฏิกริยาจะเกิดขึ้นทางด้านใดและมากน้อยแค่ไหนนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในดินนั้น

กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (activities of soil microorganisms beneficial to higher plants)

กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่นับว่ามีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูงนั้น อาจกล่าวสรุปตามหัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้คือ ขบวนการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ขบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอนินทรีย์ ขบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งขบวนการเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วจะถูกควบคุมโดยจุลินทรีย์โดยที่ถ้าปราศจากจุลินทรีย์แล้ว ขบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวไม่อาจเกิดขึ้นในดินได้

<u>การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ</u> (organic matter decomposition)

อินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดินหรือที่มีอยู่ก่อนในดินแล้วก็ตาม จะถูกทำให้สลายตัวโดย Enzyme ของจุลินทรีย์ และผล (products) ที่ได้คือ CO_2, Organic acids, slimy materials, minerals, human

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นเมื่อรวมกับน้ำในดินแล้ว จะได้กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดอย่างอ่อนเช่นเดียวกับ organic acids ดังนั้น ทั้งกรด H_2CO_3 และ Organic acids จะเป็นตัวช่วยละลายธาตุอาหารบางอย่างที่ไม่สามารถละลายในน้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารพวก P, Ca, Fe และ Mn bacteria ที่ผลิต CO_2 ออกมาทำให้ rock phosphate ละลายเป็นอาหารแก่พืช ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินคลุกกับเมล็ดเรียกว่า phosphobacterin และ bacteria นั้นเรียกว่า phospho bacteria

สารประกอบพวก slimy materials มีคุณสมบัติคล้ายข้างเหนียว จะเป็นตัวเชื่อมให้เมล็ดดินจับตัวกันเป็นก้อน (aggregates) ซึ่งทำให้ดินมีโครงสร้างและร่วนซุยดีเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

เนื่องจากอินทรีย์วัตถุมี minerals เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นเมื่อการสลายตัวเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วก็จะมี minerals ชนิดต่าง ๆ เช่น N, P, K, Ca, Mg, S และอื่น ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในดินแล้วจะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกในดินนั้น

สารประกอบพวก humus มีคุณสมบัติในทางช่วยปรับปรุง ทั้งคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน กล่าวคือ humus เอง มี C.E.C. สูง และถ้ามีการสลายตัวต่อไป ก็จะมีธาตุอาหารพืชถูกปลดปล่อยออกมาในดิน ในแง่ของการปรับปรุง คุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ humus เป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณและความคงทนของ soil aggregates

<u>การแปรสภาพของสารอนินทรีย์</u> (transformations of inorganic compounds)

การดำรงชีพอยู่ได้ของจุลินทรีย์ มีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดแปรสภาพไปจากรูปเดิมนั้น ถือว่าเป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการเกษตรกรรมเป็นอย่างยิ่ง เป็นต้นว่า การแปรสภาพจากซัลเฟอร์ (S) เป็นซัลเฟท ($SO_4^{=}$) โดยแบคทีเรียพวก Thiobacillus นั้น ถือว่าจุลินทรีย์ช่วยเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารที่พืชไม่สามารถดูดเอาไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และในทำนองเดียวกัน การเปลี่ยนรูปอนุมูลแอมโมเนี่ยม (NH_4^+) ซึ่งเป็นรูปที่พืชส่วนมากดูดเอาไปใช้ไม่ค่อยนัก ให้เป็นอนุมูลไนเตรท (NO_3^-) โดยจุลินทรีย์พวก nitrifying bacteria นั้น ก็เท่ากับเป็นการเพิ่มประมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้สูงขึ้นนั่นเอง

การแปรสภาพของสารอนินทรีย์โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดมี hydrogen ion (H^+) และ sulfuric acid (สมการที่ ๒ และ ๓) ถูกปล่อยออกมาในดินซึ่งทำให้ pH ของดินลดลง ในกรณีหลังนี้มักนิยมใช้การลด pH ของดินที่เป็นด่างจัดไม่เหมาะแก่การเจริญของพืช การที่สารมีคุณสมบัติเป็นกรดถูกปลดปล่อยออกมานี้ จะเป็นการเพิ่มการละลายของธาตุอาหารพืชในดินให้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากธาตุอาหารพืชแทบทุกชนิด (ยกเว้น Mo) สามารถละลายได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างเป็นกรด

การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation)

ไนโตรเจนที่มีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงในรูปของก๊าซ (N_2) ในอากาศนั้น พืชไม่สามารถดูดเอามาใช้ได้โดยตรง จุลินทรีย์บางชนิดมีความสามารถพิเศษในการดูดดึงเอาก๊าซไนโตรเจน (N_2) มาใช้ได้ และเมื่อจุลินทรีย์ถูกสลายตัว ไนโตรเจนจากเซลล์ของจุลินทรีย์ก็จะสะสมอยู่ในดิน ซึ่งพืชสามารถเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้ จุลินทรีย์ที่นับว่ามีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนให้แก่ดินและพืชได้แก่ Rhizobium, Azotobacter, Clostridium และ algae

Rhizobium สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศได้เมื่อขึ้นรวมกับพืชตระกูลถั่วเท่านั้น จึงเรียกการตรึงไนโตรเจนแบบนี้ว่า symbiotic Nitrogen fixation

Azotobacter เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ (free fixing bacteria) ในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทดี ฉะนั้นการตรึงไนโตรเจนในดินที่ทำการกสิกรรมทั่ว ๆ ไปจึงเป็นหน้าที่ของแบคทีเรียชนิดนี้ Azotobacter ที่ใส่ลงไปในดินโดยผสมกับ peat หรือ muck และคลุกกับเมล็ดพืชตอนปลูกเรียกว่า Azotobacterin

Clostridium เป็นพวก free-fixing bacteria เช่นเดียวกัน มีความสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic conditions) จุลินทรีย์ชนิดนี้จะตรึงไนโตรเจนให้แก่ดินที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไม่ดี เป็นต้นว่า มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี ดินมีลักษณะอัดตัวกันแน่น และดินที่มีน้ำขัง

Algae มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ แต่โดยที่ algae เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทำแสงสังเคราะห์ (photo-synthesis) ได้ด้วย และจะเจริญได้ดีในสภาพที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ฉะนั้น algae จึงเป็นจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้ดีที่สุดในดินที่ใช้ทำนาทั่ว ๆ ไป

ความสำคัญของความชื้นของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

ความชื้นเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ จะเป็นสัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ ด้วยเหตุที่พืชส่วนใหญ่อาศัยดินเป็นตัวกลางของการเจริญเติบโตและการดำรงชีพ ความชื้นของดินจึงมีความสำคัญต่อพืชเป็นอย่างมาก ความสำคัญของความชื้นของดินต่อพืชนี้ พอจะแยกกล่าวได้เป็น ๔ ประการ คือ

๑. พืชและจุลินทรีย์ดินทุกชนิดต้องการน้ำเพื่อเป็นส่วนประกอบของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อใช้ในขบวนการ **metabolism** ต่าง ๆ เช่น ขบวนการแสงสังเคราะห์ของพืชและของจุลินทรีย์ดินบางชนิด เป็นต้น และเพื่อประโยชน์ในด้านอื่น ๆ จึงนับได้ว่าเป็นโภชนะ **(nutrient)** อย่างยิ่งของพืชและของจุลินทรีย์ดิน เพราะทั้งธาตุไฮโดรเจนและธาตุออกซิเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแต่ละอนูของน้ำต่างก็เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการยังชีพ **(essential element)** ของพืชและของจุลินทรีย์ดินทุกชนิด น้ำที่พืชและจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีพในธรรมชาติ พืชและจุลินทรีย์ดินได้จากดินเกือบทั้งหมด

๒. น้ำเป็นตัวทำละลาย **(solvent)** ที่ดีมาก ความชื้นของดินจึงมีบทบาทที่สำคัญยิ่งในการทำให้ไอออนต่าง ๆ ที่เป็นโภชนะของพืชและของจุลินทรีย์อยู่ในสภาพของสารละลายในดิน ซึ่งเป็นสภาวะของ **Ion** ชนิดต่าง ๆ พร้อมมากที่สุดที่จะให้พืชใช้ประโยชน์ เพราะส่วนใหญ่ของไอออนชนิดต่าง ๆ พืชดูดไปจากดินในรูปที่ละลาย **(dissolved form)**

๓. น้ำเป็นตัวกลางที่ดีของการเคลื่อนย้ายของสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ ความชื้นของดินจึงมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายของไอออน และส่วนประกอบอื่น ๆ ของดิน จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของโปรไฟล์ของดิน ทั้งจากบริเวณที่ห่างไกลจากรากพืชไปยังบริเวณใกล้รากพืช ตลอดจนการเคลื่อนย้ายของไอออนและสารอื่น ๆ จากดินเข้าไปในพืช และในจุลินทรีย์ดิน และจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของพืชและของจุลินทรีย์ดิน

๔. น้ำมีความร้อนจำเพาะ (specific heat) และความร้อนแฝง (lalent heat) ที่มาก จึงเปลี่ยนอุณหภูมิยาก ดังนั้น ความชื้นของดินจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันสภาวะอุณหภูมิจัด (extreme temperature) ของดิน คือป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของดินสูงหรือต่ำจนเกินไป จนพืชที่ขึ้นอยู่บนดินและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินทนไม่ได้ และป้องกันความผันแปร (variation หรือ fluctuation) ที่มากเกินไปของอุณหภูมิของดินในรอบวันหนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเติบโต และการประกอบกิจกรรมอย่างเต็มที่ของทั้งพืชและจุลินทรีย์ด้วยเหมือนกัน