อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

คำนิยามของอินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter) หรือเรียกอีกอย่างว่า ฮิวมัส (Humus) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของดินที่ได้จากการย่อยสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ รวมถึงสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ ขยะต่าง ๆ โดยการกระทำของจุลินทรีย์ดินจนเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปโดยสมบูรณ์ กลายเป็นสารสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำ เรียกว่า ฮิวมัส (Humus) และเรียกขบวนการเปลี่ยนรูปที่เกิดต่อเนื่องกันนี้ว่า ฮิวมิฟิเคชัน (humification) ซึ่งสารฮิวมัสที่เกิดขึ้นจะคงทนต่อการสลายตัวของจุลินทรีย์ดินได้สูง ดังนั้น อินทรียวัตถุในดิน ก็คือ ฮิวมัส นั่นเอง

ฮิวมัส เป็นสารที่ไม่มีรูปพรรณสัณฐาน (amorphous) มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลดำ ขึ้นกับว่าเกิดจากสารอินทรีย์ชนิดใดในดินชนิดอะไร และสภาพแวดล้อมในดินเป็นแบบใด สารฮิวมัสมีความเสถียรจนเกิดการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ได้ยาก แต่ในตัวของฮิวมัสเองก็มีส่วนที่สลายตัวได้ง่ายกว่าปะปนอยู่ ซึ่งจะเป็นส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในเรื่องของธาตุอาหารพืชในดินและเป็นสารที่มีความว่องไวทางเคมีที่จะรวมตัวกับสารเคมีอื่น ๆ ในดิน ซึ่งมีประโยชน์ต่อรากพืชในดิน ซึ่งสารฮิวมัสมีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่าง ๆ ของดิน ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ รวมทั้งส่งผลกระทบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน แบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็นสารฮิวมิก และส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก

1. **ส่วนที่เป็นสารฮิวมิก** (humic substances) เป็นส่วนที่มีโครงสร้างซับซ้อน และคงทนมากต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โครงสร้างหลักประกอบด้วย สารประกอบ aromatic compound เป็นแกนซึ่งสลายตัวได้ยาก นอกจากนั้นมีสารประกอบพวก โปรตีน เพปไทด์ (peptide) กรดอะมิโน (amino acid) และโพลีแซกคาไรด์ (polysaccharide)

2. ส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก (nonhumic substances) เป็นส่วนสารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลไม่ซับซ้อน ย่อยสลายได้ง่ายกว่าส่วนแรก เช่น คาร์โบไฮเดรท ลิปิด (lipid) โปรตีน กรดอะมิโน (amino acid) และกรดอินทรีย์ (organic acid) สารประกอบเหล่านี้จะถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ แต่ที่ยังคงพบในปริมาณค่อนข้างมากในดิน เพราะส่วนใหญ่เข้าไปเกาะยึดอยู่กับอนุภาคดินเหนียว หรือทำปฏิกิริยากับไอออนบวกของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก (Fe) อลูมินัม (Al) หรือ ทองแดง (Cu) หรืออาจเข้าไปทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมเม็ดดิน (cementing agent) ทำให้สลายตัวได้ยากขึ้น

สมบัติโดยทั่วไปและบทบาทของอินทรียวัตถุในดิน

1. สี

อินทรียวัตถุทำให้สีของดินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ เนื่องจากสีของฮิวมัส และอาจส่งผลให้อุณหภูมิดินโดยรวมสูงขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุมีพื้นที่ผิวจำนวนมากและมีสีคล้ำทำให้ดูดกลืน (adsorb) ความร้อนไว้กับตัวได้มาก จึงเป็นฉนวนต่อความร้อนทำให้แสงแดดไม่กระทบกระเทือนต่อรากพืชมากเกินไป

2. การดูดซับน้ำ

อินทรียวัตถุในดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก ประมาณ 6-20 เท่า ของน้ำหนัก เนื่องจากเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นอนุภาคของอินทรียวัตถุยังประกอบกันเป็นโครงสร้างมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้ดีอยู่มาก การใส่อินทรียวัตถุเพิ่มเติมให้แก่ดิน จึงช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน โดยเฉพาะดินทรายหรือดินเนื้อหยาบจะทำให้สามารถกักเก็บน้ำได้มากขึ้น

3. การเป็นสารเชื่อมอนุภาคดิน

อินทรียวัตถุในดินเป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงในการเกาะยึดหรือรวมตัวกับอนุภาคต่าง ๆ ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาคดินเหนียว และเซลล์จุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี การจับตัวกันนี้บางส่วนเนื่องจากประจุส่วนที่แตกต่างกันระหว่างอินทรียวัตถุกับดินเหนียว หรือเป็นการเกาะยึดระหว่างประจุลบของอนุภาคทั้งสอง โดยมี multivalent cations (ไอออนที่มีประจุบวกมากกว่า 1 เช่น Fe^{2+}, Mg^{2+}) ต่าง ๆ เป็นตัวเชื่อมโยง นอกจากนี้ การสร้างสารเชื่อมโดยจุลินทรีย์ทำให้ดินเหนียวเกาะยึดกันเป็นเม็ดดิน ซึ่งเป็นหน่วยโครงสร้างย่อยที่ทำให้ดินมีสภาพร่วนซุย มีการซาบซึมน้ำและการระบายอากาศดี

4. การละลายน้ำ

โดยปกติส่วนที่ละลายได้ของอินทรียวัตถุในดินมีอยู่น้อยมาก ปริมาณที่พบมักต่ำกว่าร้อยละ 1 อินทรียวัตถุส่วนใหญ่เป็นพวกไม่ละลายน้ำ เช่น เซลล์จุลินทรีย์ เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน สารฮิวมิก ตลอดจนสารอินทรีย์อื่น ๆ ดังนั้น การละลายสูญหายไปกับการชะล้างของน้ำจึงมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณที่สูญเสียไปโดยการย่อยสลายของจุลินทรีย์

5. ความสามารถในการดูดซับแคตไอออน (ประจุบวก) และแอนไอออน (ประจุลบ)

อินทรียวัตถุสามารถดูดซับไอออนประจุบวกไว้ได้สูงมาก สูงกว่าคอลลอยด์อื่น ๆ 2-30 เท่า ในดินโดยทั่วไปปริมาณของไอออนประจุบวกที่ถูกดูดยึดโดยอินทรียวัตถุ จะอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30-90 ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรียวัตถุนั่นเอง

6. ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในดิน

อินทรียวัตถุในดินมีประจุลบเป็นจำนวนมาก และมีความสามารถในการดูดยึดประจุบวกได้สูง จึงมีผลทำให้ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดินได้ดี หรือมี buffering capacity สูงขึ้น ซึ่งอาจแสดงให้เห็นได้ง่าย ๆ

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

(Reserved acidity) (Active acidity)

ไฮโดรเจนไอออนที่พื้นผิวอินทรียวัตถุ ไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดิน

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาภาวะสมดุล (equilibrium reaction) ฉะนั้นไม่ว่าจะมีการเพิ่มสารประกอบที่มีสมบัติเป็นกรดหรือด่างลงไปในดินก็ตาม ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นทันที เพื่อรักษาภาวะสมดุลไว้ ดังนั้น โอกาสที่จะมีการสะสมความเป็นกรดหรือด่างในสารละลายดิน (soil solution) จึงมีน้อยมาก และเป็นเหตุให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้น หากมีอินทรียวัตถุสะสมอยู่ในดินในปริมาณที่เหมาะสม

7. แหล่งธาตุอาหารพืช

อินทรียวัตถุถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน ทำให้ได้ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชนำไปใช้ได้ค่อนข้างครบถ้วนที่พืชจะใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ กำมะถัน รวมถึงธาตุอาหารเสริม เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โมลิบดินัม เป็นต้น สำหรับการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุหลักที่ได้จากการย่อยสลายอินทรียวัตถุ อาจกล่าวได้ว่าธาตุไนโตรเจนมาจากอินทรียวัตถุในดินถึง ร้อยละ 95 แต่จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ นอกจากนั้น อินทรียวัตถุยังมีผลทางอ้อมต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชด้วย เนื่องจาก

7.1 กรดอินทรีย์ หรือกรดคาร์บอนิค ที่เกิดขึ้นจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้จากการย่อยสลายอินทรียวัตถุ สามารถช่วยละลายสารประกอบของธาตุอาหารบางชนิดให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้

7.2 การเกิดสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นสารคีเลต จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุที่จะรวมตัวกับไอออนของธาตุอาหารเสริมซึ่งเป็นโลหะ กลายเป็นคีเลต (chelate) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น

8. แหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดิน

อินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารหรือแหล่งพลังงานที่ดีที่สุดของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในดิน ซึ่งเป็นพวก Heterotroph (จุลินทรีย์ที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ต้องอาศัยอินทรียสารเป็นอาหาร) ดังนั้น การใส่อินทรียวัตถุลงไปในดิน จะช่วยทำให้ประชากรจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีผลกระทบต่อเนื่องไปถึงการแปรสภาพของธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช

9. ลดความเป็นพิษของธาตุบางชนิด

อินทรียวัตถุช่วยลดความเป็นพิษของธาตุบางชนิด เช่น เหล็ก อลูมินัม และแมงกานีส ซึ่งมีอยู่มากในดินกรด โดยฮิวมัสจะรวมตัวกับธาตุเหล่านี้ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความคงตัว (stable complex) โดยฮิวมัสจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้ความเป็นพิษของธาตุดังกล่าวลดน้อยลง

การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน

เมื่อสิ่งมีชีวิตตายทับถมลงในดินก็จะถูกสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในดิน กัดกินหรือย่อยสลายไปเป็นอาหาร ทั้งสัตว์ขนาดใหญ่ เช่น แมลง กิ้งกือ ไส้เดือน ขณะเดียวกัน จุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไปในดินก็จะเข้าทำการย่อยสลายโดยการขับเอนไซม์ ออกมานอกเซลล์ (extracellular enzyme) ย่อยสารอินทรีย์ให้มีขนาดเล็กลงจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ แล้วจึงนำสารอาหารเหล่านั้นไปเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตต่อไป จนในที่สุดสิ่งมีชีวิตดังกล่าวก็ตายไป

ผลที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายเศษซากของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปมีดังนี้

เศษซากสิ่งมีชีวิต→CO_2+H_2O+แร่ธาตุ+เซลล์จุลินทรีย์+intermediate products+สารฮิวมิก (intermediate products หมายถึง สารที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย)

โดยในขณะที่มีการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต หากมีอากาศถ่ายเทดี การย่อยสลายจะค่อนข้างสมบูรณ์ สารประกอบต่าง ๆ จะแปรสภาพไปเป็น CO_2 น้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ บางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตบางชนิดอีกส่วนก็แปรสภาพไปเป็นสารฮิวมิก

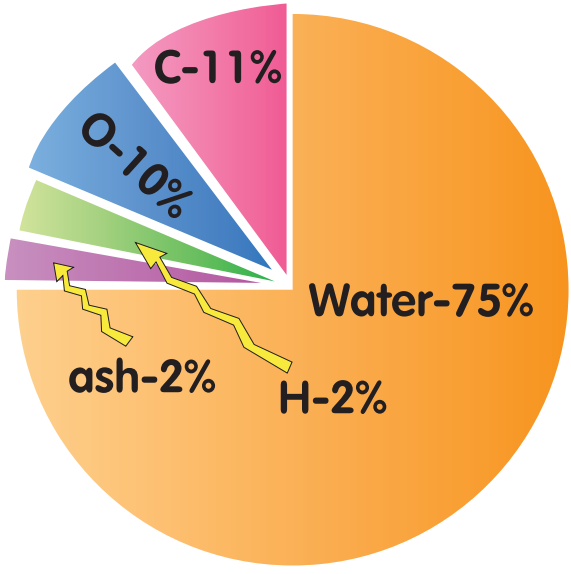
(humic substance) การสลายตัวในความเป็นจริงแล้วมักเกิดไม่สมบูรณ์ เนื่องจากปริมาณออกซิเจนมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะเมื่อดินมีความชื้นสูงหรือมีน้ำขัง ในสภาพดังกล่าวจะเกิดสารประกอบที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์อีกส่วนหนึ่งคงเหลืออยู่ในดิน

เนื่องจากแหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในดินตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่ได้มาจากพืชเป็นส่วนใหญ่ การสลายตัวของเศษซากพืชจึงจัดเป็นกระบวนการหลักที่เกิดขึ้นในดิน อันจะมีผลกระทบโดยตรงต่อระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการสลายตัวของเศษซากพืชเป็นตัวแทนของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน อย่างไรก็ตามการสลายตัวของซากสัตว์หรือจุลินทรีย์ ก็มีรูปแบบใกล้เคียงกับซากพืช เพียงแต่มีสารประกอบที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่าและไม่มีผนังเซลล์แบบพืช ซึ่งมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของซากพืช

1. ธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ในพืช

พืชประกอบไปด้วยน้ำ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ส่วนประกอบที่เป็นน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 50-95 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและอายุของพืชนั้น ๆ พืชสีเขียวที่ยังสดอยู่ มีน้ำเป็นส่วนประกอบโดยเฉลี่ย ร้อยละ 75 ส่วนที่ไม่ใช่น้ำ เป็นคาร์บอน ร้อยละ 11 ออกซิเจน ร้อยละ 10 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2 และเถ้า (ash) ร้อยละ 2 หากพิจารณาในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ปรากฏว่าพืชโดยทั่วไปมีองค์ประกอบ ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 8 แสดงสารประกอบของชิ้นส่วนของพืชสีเขียวที่ยังสด
ที่มา : ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2541

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช

ประเภทสารประกอบอินทรีย์	ชนิด	ร้อยละที่พบในพืช
คาร์โบไฮเดรท	แป้งและน้ำตาล	1-5
	เฮมิเซลลูโลส	10-28
	เซลลูโลส	20-50
ไขมัน ขี้ผึ้ง แทนนิน เป็นต้น		1-8
ลิกนิน		10-30
โปรตีน	โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และ	1-15
	crude proteins	

ที่มา : ดัดแปลงจาก ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2541

สารประกอบที่พบว่ามีอยู่ในพืชมากที่สุด คือ เซลลูโลส รองลงมา คือ เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน โปรตีน ไขมัน แป้งและน้ำตาล ตามลำดับ สารประกอบเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ยากง่ายต่างกัน คือ

1.1 น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ เป็นส่วนที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้เลย แต่ แป้งหรือโปรตีน ต้องถูกย่อยสลายให้กลายเป็นน้ำตาลหรือกรดอะมิโนก่อนจะถูกนำไปใช้ แต่ก็ยังจัดเป็นสารประกอบประเภทที่ย่อยสลายได้ง่ายเช่นกัน การย่อยสลายสารประกอบเหล่านี้จึงเกิดขึ้นก่อนและเป็นแหล่งอาหารสำคัญทำให้ประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ ของการย่อยสลายของสารอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกแบคทีเรียและเชื้อรา

1.2 เซลลูโลส เป็นสารที่พบมากที่สุดในพืช ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเช่นเดียวกับแป้ง แต่มีโครงสร้างแข็งแรงย่อยสลายได้ยาก

1.3 เฮมิเซลลูโลส เป็นสารประกอบประเภทโพลิเมอร์ (polymer) ของน้ำตาล hexose, pentose และ uronic acid ตามโครงสร้างแล้วจะย่อยสลายได้ง่าย แต่ในธรรมชาติมักเกาะเป็นโครงสร้างซับซ้อนกับสารอื่น เช่น เซลลูโลส หรือลิกนิน ทำให้ย่อยสลายได้ยากขึ้น

1.4 ลิกนิน มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อน โดยมีสารพวก aromatic ring เป็นแกนหลักของโมเลกุล ทำให้สลายตัวได้ยากมาก การที่มีสมบัติย่อยสลายได้ยากประกอบกับมีอยู่เป็นปริมาณค่อนข้างมากในพืช ดังนั้น ปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในพืชจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะกำหนดว่าเศษพืชจะย่อยสลายได้ยากหรือง่าย โดยทั่วไปแล้ว เมื่อพืชอายุมากขึ้นการสะสมของลิกนินภายในต้นพืชก็มากขึ้นด้วยทำให้สลายตัวยากขึ้นไปอีก ต้นข้าวโพดเป็นตัวอย่างหนึ่งของพืชที่มีลิกนินอยู่ค่อนข้างมาก การย่อยสลายจึงมักช้ากว่าเศษพืชชนิดอื่น ๆ

2. อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนทั้งหมด (C/N ratio) ของพืช

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นอกจากจะได้พลังงานแล้ว จุลินทรีย์ก็จะนำเอาธาตุจากสารอินทรีย์มาใช้สร้างสารประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะคาร์บอนกับไนโตรเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน หรือกรดนิวคลีอิก ทีมีอยู่เป็นปริมาณมากในเซลล์ของจุลินทรีย์

ดังนั้น C/N ratio จึงเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นจะมีไนโตรเจนเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์และการย่อยสลายสารอินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ ดังนี้

C/N ratio ที่จัดว่าเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 20/1 ถึง 30/1

C/N ratio สูงหรือกว้างกว่า 30/1 ขึ้นไป เช่น ฟางข้าวมี C/N ratio 80/1-120/1 ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนมากแต่ก็มีปริมาณไนโตรเจนน้อย การย่อยสลายจะเกิดช้า จุลินทรีย์จึงต้องดึงไนโตรเจนในดิน เช่น NH_4^+ หรือ NO_3^- มาใช้เพื่อการสร้างเซลล์ เรียกว่ากระบวนการ immobilization ซึ่งอาจทำให้พืชขาดไนโตรเจนได้

C/N ratio น้อยกว่า 20/1 เช่น พืชตระกูลถั่ว จะมีไนโตรเจนเหลือปลดปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมในรูป NH_4^+ เรียกกระบวนการ mineralization

ตารางที่ 4 ค่า C/N ratio ของสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยประมาณ

ชนิดของสารประกอบ	ค่า C/N ratio
เซลล์จุลินทรีย์ดิน	5-15
อินทรียวัตถุในดิน	10-15
ปุ๋ยหมัก	20-25
ต้นข้าวโพด	40-70
ฟางข้าว	80-120
กากอ้อย	140-200
ขี้เลื่อย	200-300

ที่มา : สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2551

สารอินทรีย์คาร์บอน 2/3 ส่วนจะถูกออกซิไดส์เป็น CO_2 ในกระบวนการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ ที่เหลืออีก 1/3 ส่วน จึงเป็นส่วนที่นำไปใช้ในการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์

การย่อยสลายของสารอินทรีย์ ค่า C/N ratio ของเศษพืชจึงลดลงไปเรื่อย ๆ เกิดความสัมพันธ์ระหว่าง C/N ratio กับ immobilization และ mineralization ดังนี้

1) C/N ratio ยังสูงกว่า 30/1 อัตราการ immobilization ของไนโตรเจนจะสูงกว่า mineralization เนื่องจากไนโตรเจนที่ได้จาก การย่อยสลายสารอินทรีย์มีไม่พอต่อความต้องการของจุลินทรีย์

2) C/N ratio อยู่ระหว่าง 30/1-20/1 กระบวนการทั้งสองจะเกิดขึ้นใกล้เคียงกัน

3) C/N ratio ลดลงน้อยกว่า 20/1 immobilization จะลดต่ำกว่า mineralization ทำให้สารประกอบไนโตรเจนเหลือปลดปล่อยออกมาสู่ดิน

4) C/N ratio ลดลงจนคงที่ อยู่ที่ประมาณ 12/1 ถึง 10/1 ซึ่งเป็นค่า C/N ratio ของเซลล์จุลินทรีย์และอินทรียวัตถุในดิน

3. สภาพแวดล้อม นับเป็นปัจจัยที่สำคัญมากและมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราความเร็วของการย่อยสลาย ได้แก่

1) การระบายอากาศของดิน

ในสภาพที่มีออกซิเจน (O_2) การย่อยสลายจะเกิดขึ้นรวดเร็ว และสมบูรณ์กว่าส่วนใหญ่จะสลายตัวจนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)โดยจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ เชื้อรา และแอกติโนมัยซีส เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่ทำให้เกิดการแปรสภาพดังกล่าว ดังนั้น เมื่อการระบายอากาศดี เช่น ในดินเนื้อหยาบหรือมีการไถพรวนบ่อยครั้ง จึงมีอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์รวดเร็วและมีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ ในทางตรงกันข้ามดินที่อยู่ในสภาพขาดอากาศหรือมีน้ำท่วมขังอัตราการสลายตัวจะลดลงอย่างมากและเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ สารที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวมักเป็นกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์และสารอื่น ๆ อีกหลายชนิด และเกิดก๊าซต่าง ๆ มากมาย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไฮโดรเจน มีเทน โดยจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่ทำให้เกิดการแปรสภาพของสารอินทรีย์ในลักษณะนี้ คือ แบคทีเรียพวกที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic bacteria) ส่วนเชื้อราและแอกติโนมัยซีส จะชะงักการเจริญเติบโตเมื่อดินขาดออกซิเจน

2) ความชื้นในดิน

น้ำมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ และมีอิทธิพลต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นการทำงานของเอ็นไซม์ การละลายสารแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ เป็นที่อยู่อาศัย และช่วยในการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์

ระดับความชื้นที่พอเหมาะต่อการย่อยสลาย อยู่ที่ค่าศักย์น้ำ (water potential) ประมาณ-0.01 ถึง-0.05 MPa (megapascal) ซึ่งอัตราการสายตัวมักลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้ามีความชื้นมากเกินกว่า -0.01 MPa จนถึงสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (0 MPa) เพราะขาดออกซิเจน ในทางตรงข้าม หากความชื้นของดินค่อย ๆ ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม อัตราการสลายตัวก็จะค่อย ๆ ลดลงเช่นกัน แต่ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถทนสภาพแห้งแล้งของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง และอัตราการ

ทำงานของเอ็นไซม์ในสภาพที่ความชื้นของดินค่อนข้างต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพแห้งแล้ง มักเป็นเชื้อราและแอกติโนมัยซีส เพราะส่วนใหญ่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย

3) อุณหภูมิดิน

มีผลควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยตรง อุณหภูมิที่ 25˚- 35˚ซ เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้น ดินในเขตร้อน เช่น ประเทศไทยจึงมีอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำกว่าประเทศในเขตหนาว หรือ เขตอบอุ่น จึงต้องมีการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุให้แก่ดินอย่างต่อเนื่อง

4) pH ของดิน

เมื่อ pH เป็นกลางการสลายตัวจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าช่วงที่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป ดังนั้นการปรับปรุง pH ของดินด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใส่ปูนขาวเพื่อเพิ่มระดับ pH ของดินที่เป็นกรดให้เป็นกลาง จะเป็นการส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดิน สำหรับดินที่เป็นกรดค่อนข้างมาก มี pH ประมาณ 5.5 หรือต่ำกว่า กิจกรรมของแบคทีเรียและแอกติโนมัยซีสในดิน ส่วนใหญ่จะลดลงมาก ในขณะที่เชื้อรายังทนทานอยู่ได้ กิจกรรมย่อยสลายจึงเกิดขึ้นโดยเชื้อราเป็นส่วนใหญ่

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ในการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร อินทรียวัตถุในดินมีผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นระดับอินทรียวัตถุจึงเป็นคุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่จะบ่งชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของดิน ปัจจัยที่ควบคุมระดับอินทรียวัตถุ มีดังนี้

1) พืชพรรณ (vegetation)

พืชพรรณแต่ละชนิดสามารถผลิตชีวมวล (biomass) ได้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดการเจริญเติบโต ระยะเวลาปกคลุมดิน ตัวอย่างเช่น ทุ่งหญ้า ซึ่งมีพืชปกคลุมตลอดเวลา มีระบบรากฝอยแน่นหนา มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ออกมาจากรากได้มาก รวมทั้งมีการร่วงหล่นทับถมของใบและต้นลงสู่ดินตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช ดินทุ่งหญ้าจึงมีระดับอินทรียวัตถุสูงกว่าพื้นที่เพาะปลูกพืชทางการเกษตรส่วนใหญ่ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชอายุสั้น เจริญเติบโตอย่างไม่หนาแน่น ปริมาณชีวมวลผลิตได้ต่อปีก็ต่ำ อินทรียวัตถุในดินจึงมักมีอยู่น้อย นอกจากนั้นแล้วพืชในแต่ละชนิดยังให้เศษซากพืชที่มีคุณภาพแตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งจะถูกย่อยสลายได้เร็วช้าต่างกัน ทั้งยังแปรสภาพไปเป็นสารฮิวมิกได้ในปริมาณไม่เท่ากันด้วย ดังนั้น สภาพความหนาแน่นของพืชที่ปลูก จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดถึงระดับอินทรียวัตถุในดินแต่ละแห่งว่าสูงหรือต่ำเพียงใด

2) ภูมิอากาศ (climate)

สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ หรือปริมาณและการกระจายตัวของฝน จะเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและความหนาแน่นของพืช หากปริมาณฝนมากประกอบกับการกระจายตัวของฝนที่ดี พืชก็จะเจริญเติบโตได้ดี ดินก็จะมีอินทรียวัตถุมาก

3) สมบัติของดิน (soil properties)

สมบัติต่าง ๆ ของดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความอุดมสมบูรณ์ pH ความเค็ม จะเป็นปัจจัยที่กำหนดการเจริญเติบโตของพืชและส่งผลต่อการสร้างชีวมวล หรือเกิดผลโดยตรง เช่น ดินเนื้อหยาบการถ่ายเทอากาศดี จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว

4) ระบบการเกษตร (agricultural system)

การทำการเพาะปลูกมักทำให้ระดับอินทรียวัตถุลดลงไปจากเดิม นั่นหมายถึงการใส่สารอินทรีย์กลับลงไปในดินมีปริมาณน้อยกว่าการย่อยสลาย ซึ่งเกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ทางการเกษตร ดังนี้

- การปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่าหรือมีการกำจัดวัชพืช
- การปลูกพืชที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าพืชธรรมชาติที่เคยปกคลุม
- พืชที่ปลูกมีสัดส่วนของรากน้อยเมื่อเทียบกับพืชธรรมชาติ
- มีการนำเอาเศษซากพืชรวมทั้งผลผลิตออกจากพื้นที่
- การปฏิบัติการที่ไปเร่งการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ
- การเปิดหน้าดินทิ้งไว้โดยไม่มีพืชคลุมดินทำให้อุณหภูมิดินสูงขึ้น

การใช้ที่ดินในประเทศไทย ส่วนใหญ่มีการจัดการที่ไม่เหมาะสมทำให้ทรัพยากรดินจำนานมากอยู่ในสภาวะเสื่อมโทรมจึงมีความจำเป็นต้องมีการจัดการเพื่อลดการสูญเสียอินทรียวัตถุในดิน โดยมีวิธีการดังนี้

1) การอนุรักษ์ดิน เพื่อลดการพัดพาหน้าดินที่มีอินทรียวัตถุออกไป
2) ลดการไถพรวน ให้เหลือน้อยที่สุดหรือทำการเกษตรแบบไม่ไถพรวน
3) ลดปัจจัยที่ส่งเสริมการย่อยสลายอินทรียวัตถุ
4) เพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ โดยการปลูกพืชให้ผลิตชีวมวล (biomass)
5) ไถกลบตอซัง เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุ และคืนธาตุอาหารสู่ดิน
6) ปลูกพืชเพื่อทำปุ๋ยพืชสด หรือปลูกพืชหมุนเวียนให้เหมาะสม
7) จัดหาสารอินทรีย์จากแหล่งอื่นมาเพิ่มเติม เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก